

CÓDIGO 2.4.10

PROPUESTAS DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE DRENAJE URBANO SOSTENIBLE EN EL MARCO DE LA RECUPERACIÓN AMBIENTAL DEL BAJO BESAYA

García Terán, Carlos^{1*}, Gil Díaz, José Luis², Revilla Cortezón, José Antonio³, Muñoz Jofre, Jaime Mario⁴

1: Fundación Leonardo Torres Quevedo (Universidad de Cantabria).

carlos.garciateran@unican.es

2: Profesor del Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. Universidad de Cantabria.

joseluis.gil@unican.es

3: Profesor del Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. Universidad de Cantabria.

revillaj@unican.es

4: Fundación Leonardo Torres Quevedo (Universidad de Cantabria).

jmunoz@unican.es

PALABRAS CLAVE: sostenible, drenaje, escorrentía, pluviales.

RESUMEN

Los sistemas de saneamiento unitarios presentan problemas en la gestión de las aguas pluviales, tanto ambientales (al mezclarse el agua de lluvia "limpia" con las aguas negras, y por el vertido al medio de agua bruta en los alivios de tormenta) como económicos (coste del bombeo y tratamiento de mayores caudales). Además, los efectos del cambio climático, con regímenes de lluvias más extremos, sequías más largas y mayor torrencialidad, comprometen la capacidad hidráulica de los sistemas de drenaje actuales, cuya sustitución es económicamente inviable, en muchos casos. Uno de los objetivos de la recuperación ambiental y socioeconómica del Bajo Besaya (Besaya 2020) es la reducción y mejor gestión de la escorrentía urbana. Para ello, se han analizado las técnicas actuales de drenaje urbano sostenible, algunas de las experiencias más relevantes a nivel nacional e internacional y las posibilidades de aplicación en el caso concreto de Torrelavega, principal aglomeración urbana en el área de estudio. Se han propuesto nueve emplazamientos sobre los que se plantean soluciones concretas, sin carácter exhaustivo, y se evalúan los beneficios ambientales y económicos asociados a las mismas, entre los que se destacan: disminución del volumen de agua bruta que se vierte al medio sin tratar, disminución del volumen de agua que va a tratamiento (EDAR), disminución del gasto energético en bombeos, reducción del consumo de agua potable.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La problemática de la gestión de las aguas pluviales. Cantidad y calidad

En los sistemas de saneamiento unitarios, en climas húmedos, gran parte de las aguas residuales que circulan por los colectores provienen de la escorrentía urbana, es decir, de la lluvia. En el área de estudio, tomando como referencia la estación pluviométrica 1109 (aeropuerto) de la Agencia Estatal de Meteorología, se estiman unas precipitaciones medias de 1.269 mm anuales, correspondientes a un clima húmedo. Teniendo en cuenta que solamente el área urbana de Torrelavega tiene una superficie superior a

150 hectáreas, esto supone un volumen de escorrentía anual de más de 1,5 hm³ (considerando una evapotranspiración del 20%).

Además de lo anterior, en los episodios de lluvias intensas, los problemas de erosiones, inundaciones, afecciones al tráfico y desperfectos pueden llegar a ser graves, en el caso de grandes superficies impermeables como son los centros urbanos de la mayoría de las ciudades.

El agua de lluvia es, en general, un elemento libre de contaminantes, que no daña ni contamina el medio cuando accede a él de forma directa. En ocasiones, las precipitaciones van acompañadas de pequeñas partículas como polvo o polen, que están en suspensión en la atmósfera y se adhieren a las partículas de agua, y que no pueden considerarse sustancias nocivas para el medio ambiente ni los ecosistemas. Existen excepciones, como la lluvia ácida, si bien este tipo de fenómenos no pueden evitarse ni controlarse en el punto donde se producen (sólo se puede identificar su fuente y tomar medidas preventivas o correctoras en origen, a veces a decenas o centenares de kilómetros). Por lo tanto, en la práctica, podemos considerar que la lluvia es "agua limpia".

Pese a lo anterior, en las ciudades y zonas urbanizadas, cuando el agua de lluvia entra en contacto con las sustancias que frecuentemente se encuentran en las calles, éstas afectan negativamente a su calidad y la contaminan, haciendo que sea inadecuada para cualquier uso, incluido su vertido directo al medio.

Las principales fuentes de contaminación de la escorrentía urbana pueden clasificarse en dos grupos, según la fuente de la contaminación sea puntual (vertido de un colector) o difusa (diferentes focos, de difícil localización). Dentro de las fuentes de contaminación difusa, las más importantes son las correspondientes a vehículos a motor (grasas y aceites, hidrocarburos, desprendimiento de partículas sólidas por desgaste, metales pesados) y otras fuentes como basuras y restos orgánicos (que se traducen en sólidos en suspensión, DBO₅ y DQO).

2. DEFINICIONES Y PLANTEAMIENTO

2.1 Concepto de drenaje sostenible.

Se conoce como drenaje urbano sostenible a los procedimientos destinados a que el sistema global de saneamiento mejore su eficacia en la recogida, transporte y depuración de las aguas pluviales [1]. Dentro de esta definición, se incluyen las técnicas que favorecen la infiltración en el terreno natural (aumento de la permeabilidad), la reducción de la velocidad de transporte y el almacenamiento de la escorrentía. Todas estas técnicas favorecen la depuración natural de las aguas, mediante procesos como sedimentación, filtración, biorretención, adsorción, etc.

2.2 Concepto de volumen de calidad de agua

Los sistemas de drenaje urbano sostenible se diseñan para gestionar un caudal determinado, que está relacionado con el aguacero del período de retorno considerado (2 años, 5 años, 100 años, etc.). Este período de retorno varía según las condiciones de funcionalidad, seguridad o requerimientos legales correspondientes.

No obstante, en la normativa anglosajona, es habitual diseñar la mayoría de los elementos para que sean capaces de tratar un volumen de agua, denominado "volumen de calidad de agua" (en inglés, water quality volume, WQ_v). Se entiende por "volumen de calidad de agua" a la cantidad de agua movilizadora en forma de escorrentía por un aguacero de 24 horas de duración que no se supera en el 90% de los sucesos de precipitación del año promedio.

Existen guías de diseño que consideran que el valor de WQ_v oscila entre 12 y 25 mm (valores propuestos por la EPA para la Costa Este de EE.UU.), si bien es recomendable calcular su valor a partir de datos pluviométricos de la zona de estudio, analizando el espectro de frecuencias de precipitaciones. En el caso de estudio, a partir de los datos de la estación pluviométrica 1109 Parayas (aeropuerto), se ha calculado un $WQ_v = 22$ mm.

2.3 Sistemas de drenaje urbano sostenible más importantes

Existen numerosos criterios para clasificar los sistemas de drenaje sostenible. No obstante, el más habitual y aceptado por los autores es el del lugar en que se localizan, dentro de la red. Así, se diferencia entre sistemas de control en origen (antes de que el agua entre en la red de saneamiento) y sistemas de control aguas abajo. Los sistemas englobados en el primer grupo son capaces de tratar el agua antes de que se genere la escorrentía, mientras que el segundo grupo recibe la escorrentía que le aportan otros sistemas de drenaje sostenible, un colector o las superficies impermeables cercanas.

De entre los sistemas de control en origen, se destacan los pavimentos permeables, las cubiertas ajardinadas, los pozos y zanjas de infiltración y las cunetas vegetalizadas.

Los sistemas de control aguas abajo más relevantes son las áreas de biorretención, los depósitos de detención y los humedales artificiales.

2.4 Características climáticas e hidrológicas de la zona de estudio

El área de estudio se localiza en la ciudad de Torrelavega, en el centro de la comunidad autónoma de Cantabria. La estación meteorológica más próxima es la 1154-H Sierrapando, si bien el registro histórico de la misma es escaso e incompleto. Por este motivo, se han utilizado los datos de la estación 1109 Parayas, ubicada en el aeropuerto de Santander, con datos desde 1953 hasta la actualidad.

Tabla 1: Valores pluviométricos. Estación 1109 Parayas (aeropuerto). 1953-2010

VARIABLES/mes	Promedio anual
$P_{\text{media mensual}}$ (mm)	105,80
$P_{\text{media máxima en 24 h}}$ (mm)	28,50
Días de lluvia	14,96
Días de nieve	0,08
Días de granizo	0,63

2.5 Red de saneamiento municipal de Torrelavega

El saneamiento de Torrelavega es de tipo unitario, es decir, las aguas residuales domésticas se mezclan con las aguas pluviales y de escorrentía para evacuarlas por los mismos conductos. Esto, en épocas de lluvia, da lugar a caudales punta muy elevados, que deben aliviarse mediante los tanques de tormenta existentes en la ciudad (en Barrio Covadonga, Torres, La Lechera y La inmobiliaria). Aun así, una parte importante de las aguas residuales generadas en la ciudad provienen de la lluvia.

La red municipal se articula en torno a tres colectores principales (catalogados como secundarios, en el saneamiento Saja-Besaya), denominados Cristo, Sorravides e Indiana. Estos colectores se corresponden con los antiguos cauces de los tres ríos que cruzan la ciudad, y cuyo proceso de degradación terminó por convertirlos en auténticas cloacas. Los tres confluyen en el tanque de tormentas de La Inmobiliaria, que conecta con el interceptor principal hacia la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) de Vuelta Ostrera, en Suances. En las pedanías de Viérnoles, Torres, Ganzo y Barrera existen colectores secundarios, seguidos de aliviaderos, previos a la conexión con el interceptor general.

En la Figura 1 se observa la influencia que tiene el régimen de precipitaciones sobre el caudal tratado por la EDAR. No se ha tenido en cuenta el caudal de agua doméstica, proporcionado por la estación de tratamiento de aguas potables (ETAP) de Los Corrales de Buelna, para una mejor visualización.

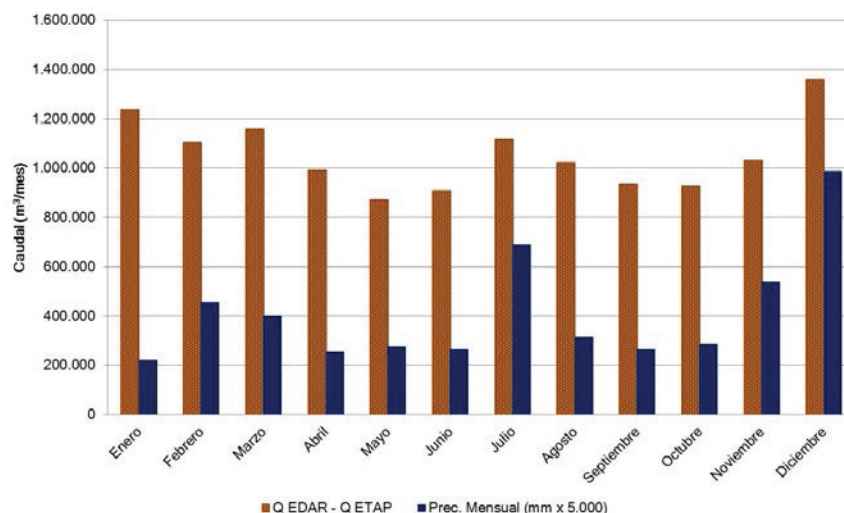


Figura 1: Diferencia entre el caudal tratado en la EDAR de Vuelta Ostrera y el proporcionado por la ETAP frente a las precipitaciones mensuales, en el año 2011

2.6 Identificación de emplazamientos para albergar sistemas de drenaje urbano sostenible

A partir del conocimiento profundo de la ciudad, se han propuesto nueve emplazamientos que se consideran adecuados para albergar diferentes sistemas de drenaje urbano sostenible, sin menoscabo de que existan otros muchos. Las características que se han buscado son: que tengan una gran superficie (para capturar la mayor cantidad de escorrentía), que la orografía sea sensiblemente plana (para evitar erosiones por altas velocidades), que no circule tráfico pesado sobre los sistemas propuestos y que no se afecte a las viviendas próximas.

Tabla 2: Emplazamientos y sistemas de drenaje urbano sostenible propuestos

Localización	Superficie drenada (m ²)	Sistemas de drenaje urbano sostenible propuestos
Plaza de Las Autonomías	4.490	Pavimento permeable
Campo de fútbol anexo a El Malecón	4.422	Depósito de almacenamiento de pluviales
Aparcamiento del polideportivo "Río Viar"	8.293	Pav. permeable, almac. pluviales
Plaza Baldomero Iglesias	2.213	Pav. permeable, almac. pluviales
Exteriores del Mercado Nacional de Ganados	71.120	Pav. permeable, áreas biorretención, cunetas vegetadas, almac. pluviales
Aparcamientos de la Avenida de España	9.335	Pav. permeable, almac. pluviales
Aparcamientos de la piscina municipal y Feria de Muestras	3.678	Pav. permeable, almac. pluviales
Aparcamiento para camiones de La Lechera	8.025	Áreas de biorretención, almac. pluviales
Polideportivo "La Habana Vieja"	3.800	Pav. permeable, almac. pluviales

3. RESULTADOS

3.1 Reducción de escorrentía y de consumos de agua

Se ha realizado un predimensionamiento de los elementos indicados en la Tabla 2, con el objetivo de estimar, en una primera aproximación, el volumen de escorrentía que se puede gestionar mediante los sistemas de drenaje urbano sostenible propuestos. Para ello, se han considerado unas secciones tipo y unas características de los materiales utilizados (espesor, porosidad, densidad, etc.) que, junto con la geometría de la cuenca y información pluviométrica (WQ_v) permiten cuantificar la escorrentía que reduce cada uno de los sistemas propuestos, y que se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3: Reducción de escorrentía esperada en cada emplazamiento

Localización	Reducción de escorrentía (m ³ /año)
Plaza de Las Autonomías	3.537
Campo de fútbol anexo a El Malecón	3.484
Aparcamiento del polideportivo "Río Viar"	6.533
Plaza Baldomero Iglesias	1.743
Exteriores del Mercado Nacional de Ganados	56.028
Aparcamientos de la Avenida de España	7.354
Aparcamientos de la piscina municipal y la Feria de Muestras	2.898
Aparcamiento para camiones de La Lechera	6.322
Aparcamiento del polideportivo "La Habana Vieja"	2.994

Además de lo anterior, el almacenamiento y la reutilización del agua de lluvia para usos como riego de zonas verdes, limpieza de calles, fuentes ornamentales o descarga de aparatos sanitarios conlleva un ahorro de agua potable que se ha estimado a partir de la pluviometría de la zona y el volumen de almacenamiento previsto en cada caso, y que se resume en la Tabla 4.

Tabla 4: Ahorro de consumo de agua potable estimado en cada emplazamiento

Localización	Ahorro de agua potable (m ³ /año)
Plaza de Las Autonomías	2.608
Campo de fútbol anexo a El Malecón	2.569
Aparcamiento del polideportivo "Río Viar"	4.818
Plaza Baldomero Iglesias	1.286
Exteriores del Mercado Nacional de Ganados	41.315
Aparcamientos de la Avenida de España	5.423
Aparcamientos de la piscina municipal y la Feria de Muestras	2.137
Aparcamiento para camiones de La Lechera	4.662
Aparcamiento del polideportivo "La Habana Vieja"	2.207

3.2 Mejoras ambientales

La construcción de los sistemas de drenaje propuestos (en especial las áreas de biorretención) lleva aparejados unos beneficios ambientales, entre los que se destacan: creación de nuevos ecosistemas urbanos, mejora de la calidad del aire y mejora del paisaje urbano.

Además de lo anterior, el beneficio más importante se corresponde con la reducción de alivios de tormenta, como consecuencia del aumento de permeabilidad y capacidad de almacenamiento de los

sistemas propuestos. Esto evita que se viertan aguas pluviales brutas al río Saja-Besaya, además de reducir el caudal de aguas residuales que van a parar a la depuradora de Vuelta Ostrera (ahorro de consumos energéticos y de reactivos y reducción del caudal efluente).

4. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se han mostrado algunos de los sistemas de drenaje urbano sostenible que pueden implantarse en la ciudad de Torrelavega. Se han propuesto algunos emplazamientos y sistemas que se consideran adecuados para gestionar de una manera eficiente y sostenible la escorrentía de algunas áreas impermeables, que actualmente se drenan directamente hacia la red de saneamiento y que contribuyen a aumentar los caudales punta en episodios de tormenta y a la necesidad de realizar alivios cuando el sistema de saneamiento se satura.

Un análisis más pormenorizado, mediante los correspondientes proyectos constructivos, podría concluir en la necesidad de disponer otros sistemas de drenaje sostenible o emplazamientos distintos, lo que no resta valor a las soluciones que aquí se proponen.

En resumen, las principales conclusiones que podemos extraer de este trabajo son:

- El actual sistema de drenaje de Torrelavega (al igual que el de la mayoría de las ciudades españolas) tiene como objetivo principal evacuar rápidamente la escorrentía, conduciéndola hacia la red de saneamiento. Esto da lugar a grandes caudales punta y frecuentes alivios de tormenta, lo que empeora la calidad de las aguas de los ríos Saja y Besaya y aumenta el volumen de aguas residuales que se depuran en la EDAR comarcal de Vuelta Ostrera.
- Existe una gran variedad de sistemas de drenaje urbano sostenible. Esto, unido a la flexibilidad en el diseño de los mismos, hace viable su utilización en prácticamente cualquier lugar, pero especialmente en grandes áreas impermeables, como plazas, calles y aparcamientos.
- Los beneficios que reportan estos sistemas son ambientales y, especialmente, económicos, al reducir el consumo de agua potable y el volumen de agua residual que se lleva a tratamiento, además de contribuir a reducir las secciones de los colectores por ayudar a reducir los caudales de diseño.
- Es un hecho aceptado que el cambio climático está modificando el régimen pluviométrico en nuestro entorno, con períodos de sequía más largos y precipitaciones más torrenciales. La gestión del drenaje urbano mediante técnicas de drenaje sostenible ayuda a combatir el cambio climático, porque permite gestionar caudales punta mayores que con los sistemas tradicionales (evacuación directa a colector).

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Puertas, J., Suárez, J., Temprano, J. et al. *Gestión de las aguas pluviales. Implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Ministerio de Fomento. Gobierno de España. 604 p. Madrid, 2008.

[2] City of Olympia. *Drainage Design and Erosion Control Manual for Olympia*. 963 p. Olympia, Washington, 2009.

- [3] Dickie, S., McKay, G., Ions, L., Shaffer, P. CIRIA C687. *Planning for SUDS-making it happen*. CIRIA. 108 p. Londres, 2010.
- [4] EPA. United States Environmental Protection Agency. *Green Infrastructure Case Studies: Municipal Policies for Managing Stormwater with Green Infrastructure*. EPA Office of Wetlands, Oceans and Watersheds. 76 p. Washington D.C., 2010.
- [5] EPA. United States Environmental Protection Agency. *Storm Water Technology Fact Sheet. Bioretention*. EPA-832-F-99-012. EPA Office of Water Washington D.C. 8 p. Washington D.C., 1999.
- [6] EPA. United States Environmental Protection Agency. *Storm Water Technology Fact Sheet. Vegetative Covers*. EPA-832-F-99-027. EPA Office of Water Washington D.C. 6 p. Washington D.C., 1999.
- [7] EPA. United States Environmental Protection Agency. *Storm Water Technology Fact Sheet. Vegetated Swales*. EPA-832-F-99-006. EPA Office of Water Washington D.C. 7 p. Washington D.C., 1999.
- [8] EPA. United States Environmental Protection Agency. *Storm Water Technology Fact Sheet. Flow Diversion*. EPA-832-F-99-014. EPA Office of Water Washington D.C. 4 p. Washington D.C., 1999.
- [9] EPA. United States Environmental Protection Agency. *Storm Water Technology Fact Sheet. Porous Pavement*. EPA-832-F-99-023. EPA Office of Water Washington D.C. 6 p. Washington D.C., 1999.
- [10] EPA. United States Environmental Protection Agency. *Storm Water Technology Fact Sheet. Hydrodynamic Separators*. EPA-832-F-99-017. EPA Office of Water Washington D.C. 6 p. Washington D.C., 1999.
- [11] EPA. United States Environmental Protection Agency. *Storm Water Technology Fact Sheet. Modular Treatment Systems*. EPA-832-F-99-044. EPA Office of Water Washington D.C. 5 p. Washington D.C., 1999.
- [12] EPA. United States Environmental Protection Agency. *Storm Water Technology Fact Sheet. Infiltration Trench*. EPA-832-F-99-019. EPA Office of Water Washington D.C. 5 p. Washington D.C., 1999.
- [13] Gobierno de España. *Máximas lluvias diarias de la España peninsular*. Serie monografías. Ministerio de Fomento. Secretaría de Estado de Infraestructuras y transportes. Dirección General de Carreteras. 19 p (más anejos). Madrid, 1999.
- [14] Greater Vancouver Regional District. *Design Considerations for the Implementation of Green Roofs*. 140 p. Vancouver, 2009.
- [15] Hirschman, D.J., Kosco, J. *Managing Stormwater in Your Community. A Guide for Building an Effective Post-Construction Program*. EPA-833-R-08-001. Center for Watershed Protection. 204 p. Washington D.C., 2008.
- [16] Low Impact Development Center, Inc. *Greening Decatur Street. Edmonston, Maryland. Green Street Design Options and Benefits Analysis*. 32 p. Beltsville, Maryland, 2010.
- [17] Lukes, R., Kloss, C. *Managing Wet Weather with Green Infrastructure. Municipal Handbook. Green Streets*. EPA-833-F-08-009. 17 p. Washington D.C., 2008.

- [18] New York City Environmental Protection. *NYC Green Infrastructure Plan. A sustainable strategy for clean waterways*. 154 p. Nueva York, 2009.
- [19] Perales, S. (2008). *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)*. 5ª Semana Temática de la Tribuna del Agua. ExpoZaragoza, 17 de julio de 2008. Zaragoza.
- [20] Rodríguez, J. *Estudio, análisis y diseño de secciones permeables de firmes para vías urbanas con un comportamiento adecuado frente a la colmatación y con la capacidad portante necesaria para soportar tráfico ligero*. Universidad de Cantabria. Tesis doctoral. Dir.: Castro, D., Calzada, M.A. 515 p. Santander, 2008.
- [21] The Prince George's County, Maryland. *Bioretention Manual*. Environmental Services Division. Department of Environmental Resources. 206 p. Maryland, 2007.
- [22] Varios autores. *Onsite Wastewater Treatment Systems Manual*. EPA/625/R—00/008. Office of Water. Office of Research and Development. U.S. Environmental Protection Agency. Washington D.C., 2002.
- [23] Virginia Department of Conservation and Recreation. *Stormwater Design Specification No. 9. Bioretention*. Version 1.7. 54 p. Virginia, 2010.
- [24] Virginia Department of Conservation and Recreation (2010). *Stormwater Design Specification No. 10. Dry Swales*. Version 1.8. 21 p. Virginia, 2010.
- [25] Virginia Department of Conservation and Recreation (2010). *Stormwater Design Specification No. 6. Rainwater Harvesting*. Version 1.7. 42 p. Virginia, 2010.
- [26] Woods-Ballard, B., Kellager, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R., Shaffer, P. *CIRIA C697. The SUDS Manual*. CIRIA. 606 p. Londres, 2007.
- [27] Woods-Ballard, B., Kellager, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R., Shaffer, P. *CIRIA C698. Site handbook for the construction of SUDS*. CIRIA. 606 p. Londres, 2007.