

DISEÑO DE UN SISTEMA DE DESAGÜES URBANOS SOSTENIBLES (SUDS) EN UN BARRIO DEL CONURBANO BONAERENSE

Jaca Pozzi, Guadalupe; Angheben, Enrique

UIDET Hidrología - Departamento de Hidráulica - Facultad de Ingeniería - UNLP
Calle 47 N° 200, piso 1, Oficina 6, La Plata - Tel. 0221-427-5223
guadalupe.jaca@ing.unlp.edu.ar

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, para mitigar los impactos de las inundaciones urbanas, los sistemas de drenaje convencionales han tenido como objetivo captar las aguas pluviales y conducirlos de manera lo más rápida posible fuera del ejido urbano, hacia cuerpos receptores capaces de absorber dicho aporte. A esta práctica, que no contempla la calidad con la que se vierten los excedentes hídricos a dichos receptores, se le suma la tendencia de estudiar las soluciones del manejo o gestión del agua pluvial de manera localizada, limitando el estudio exclusivamente al área urbana analizada, ignorando los efectos de los desagües pluviales hacia “aguas abajo”.

En ese contexto es que aparece hacia fines del siglo XX el concepto de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles (denominados SUDS) cuyo objetivo principal es controlar los excedentes pluviales “en origen”, es decir, donde la precipitación se produce, a través de fenómenos propios del ciclo hidrológico como la infiltración, la detención superficial, la evapotranspiración, entre otros.

Los SUDS se basan en cuatro pilares fundamentales: cantidad de agua, calidad del agua, biodiversidad y amenidad, entendiendo a esta última como la posibilidad de crear y sostener espacios habitables para las personas. Para gestionar todos ellos, el diseño de los SUDS tiene por objetivo:

- Considerar el agua de escorrentía como un recurso.
- Gestionar el agua precipitada en las proximidades de donde cae.
- Gestionar la escorrentía en la superficie.
- Permitir el encharcamiento.
- Enlentecer y almacenar la escorrentía de manera de simular condiciones naturales del escurrimiento.
- Reducir y tratar la contaminación de la escorrentía.

Es así que, en el marco del Trabajo Final de la carrera de Ingeniería Hidráulica, llevado a cabo en la UIDET Hidrología del Dto. de Hidráulica, surge la idea de realizar un análisis comparativo entre una metodología clásica para proyectar redes de desagües pluviales urbanos y otra metodología no convencional, que contemple la aplicación de distintas tipologías de SUDS, de manera de evaluar su funcionamiento, viabilidad y costos asociados.

DESARROLLO

El lugar elegido como estudio de caso corresponde a un barrio situado en el sudoeste de la localidad de Monte Grande, en el partido de Esteban Echeverría. El área pertenece a la cuenca media del arroyo Ortega (sobre su margen derecha) y comprende una superficie de 46,4 ha. Se trata de un barrio residencial en proceso de expansión, como se muestra en la Figura 1.

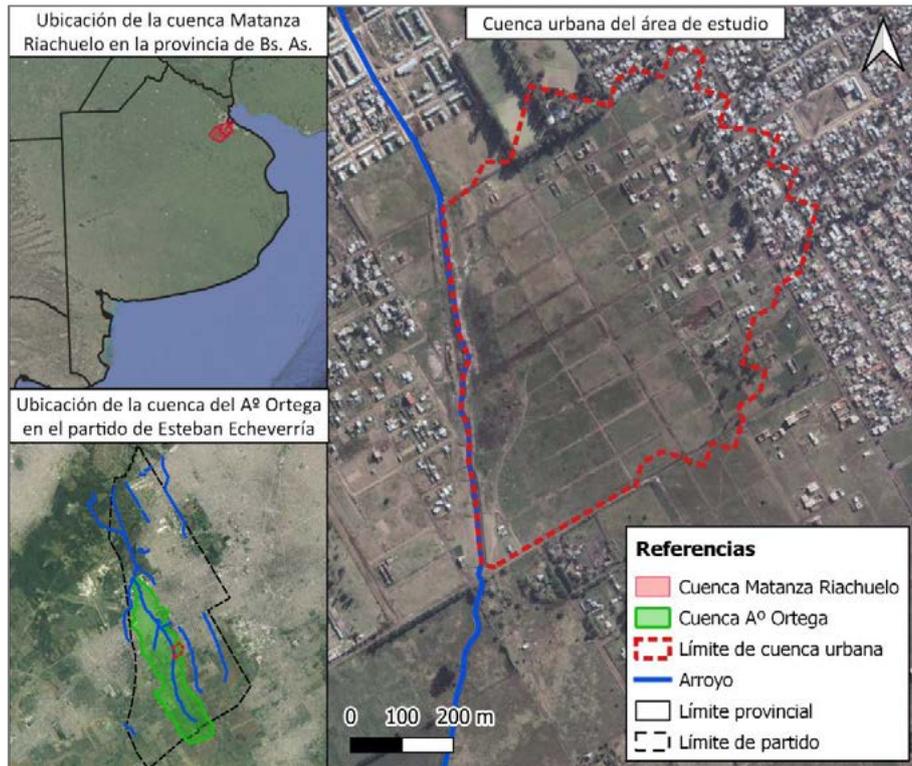


Figura 1.- Ubicación general del área de estudio

La metodología de trabajo consistió, en primer lugar, en la recopilación de los antecedentes disponibles respecto a los SUDS, las experiencias internacionales y nacionales. Se analizó la bibliografía existente, comprendiendo en su mayoría manuales o guías para el diseño. Por otro lado se recabaron todos los datos de utilidad al Trabajo, como los relacionados a la topografía y a las precipitaciones características de la zona.

Luego se realizó la caracterización del área de estudio, su entorno inmediato y su área de referencia, esto es, se describió no sólo el área en la que se diseñó el Sistema de Drenaje Urbano Sustentable y el convencional, sino también la cuenca y el partido en que se inserta. El siguiente paso consistió en el planteo y diseño de la “alternativa tradicional” y de la sustentable de desagües, para luego realizar la modelación hidrológica-hidráulica de las mismas. La modelación se realizó con el software Storm Water Management Model (SWMM) en un entorno GIS. Por último, a partir de la modelación fue posible obtener y analizar los resultados de ambas alternativas para efectuar las comparaciones correspondientes.

El diseño de la alternativa tradicional de desagües pluviales se basó en la aplicación del Método Racional Clásico. Los conductos fueron diseñados para un evento de precipitación de 2 años de recurrencia y verificados para 5 años, según las prácticas habituales de diseño de desagües en la provincia de Buenos Aires. Conociendo la ley I-d-R para recurrencia constante y duración variable se obtuvieron los caudales y se confeccionó una planilla para cada tramo de conducto pluvial de manera de poder estimar su diámetro a partir de la ecuación de Chézy-Manning.

Por otro lado, y en cuanto al diseño de la red de desagües sustentable, se puede afirmar que los Sistemas Urbanos de Desagües Sustentables comprenden una gran variedad de componentes que pueden estar o no conectados a la red de desagües pluviales del área de estudio y a su vez pueden funcionar en paralelo o en serie según los beneficios que quieran obtenerse. Además, las tipologías que la bibliografía ofrece son diversas en función de la topografía del área de estudio, la configuración de la trama urbana, la escala de trabajo y la

región climática. Así mismo, para un mismo tipo de SUDS no existe un único procedimiento de diseño. El objetivo fue entonces encontrar una tipología de SUDS que se ajustara a las características del barrio de Esteban Echeverría, que pudiera ejecutarse con materiales usuales de la construcción y que fuera de fácil ejecución y mantenimiento.

En ese sentido, una tipología que cumple con lo antedicho es la de las celdas de biorretención. Éstas son excavaciones de forma regular o irregular que se rellenan con una mezcla de suelo que soporte vegetación, seguida de una capa de almacenamiento compuesta por piedra partida en cuya base se puede disponer un dren o no dependiendo que se quiera un funcionamiento en serie o en paralelo respectivamente. Cuando las celdas se ejecutan en áreas urbanas, donde el espacio es reducido, las celdas adquieren formas rectangulares de dimensiones menores a 10,00 m². En la Figura 2 se muestran ejemplos de una celda situadas en veredas de distintas ciudades.



Figura 2.- Celdas de biorretención

Se trabajó a nivel de parcela donde cada lote descarga el 50 % de sus excedentes (provenientes de la fracción impermeable del lote) en la celda de biorretención ubicada en la vereda frente de la vivienda, y el porcentaje restante descarga hacia al parque o fracción permeable de la misma. Las celdas se componen de distintas capas. La primera es una capa superficial donde el agua puede acumularse; le sigue otra de mezcla de suelo (medio filtrante) que soporta a la vegetación con una composición en volumen de 85 % de arena, 5 % de finos (limos y arcillas) y 10 % de materia orgánica. La vegetación puede estar compuesta por césped, plantas y arbustos nativos de poca profundidad radicular. La tercera capa es de piedra partida de 6/20 mm que provee almacenamiento adicional cuando el medio filtrante se satura. Entre el suelo filtrante y la última capa se dispone de un geotextil para evitar la migración de finos.

En el barrio se plantearon celdas que trabajan en paralelo y otras en serie, las cuales se encuentran vinculadas entre sí mediante un dren que se ubica en el fondo para conducir los caudales al sumidero más próximo. Por último, en la superficie de la celda se garantiza la evacuación del agua en caso de que se vea superada la altura máxima de acumulación mediante una rejilla piramidal con un conducto vertical y un albañal que descarga horizontalmente hacia el cordón cuneta. En la Figura 3 se muestra un esquema de una celda “tipo” que funciona en serie:

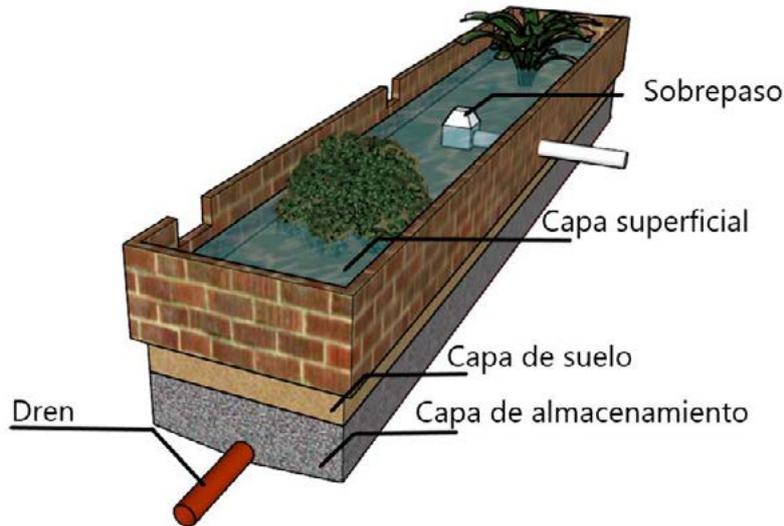


Figura 3.- Esquema de una celda en serie

Las variables analizadas en la modelación de ambas alternativas para distintas recurrencias y duraciones de tormentas fueron:

- La variación en el volumen de escorrentía total, de infiltración y almacenamiento.
- La variación del caudal pico, de la hora pico y del volumen de agua en la descarga.
- La posible modificación en la capacidad de las conducciones.
- La variación de la altura del agua en calle.
- La evolución en el tiempo de los parámetros típicos de las celdas, esto es, el nivel superficial de agua, la infiltración en la capa de suelo, el nivel de agua en la capa de almacenamiento y el caudal por el dren para las vinculadas en serie.

Las corridas de los modelos se efectuaron para tormentas construidas según el método de los Bloques Alternos, de 1 hora de duración y para recurrencias de 1,01 años (recurrencia de diseño de los SUDS), de 2 años (recurrencia de diseño de los desagües pluviales tradicionales) y 5 años (recurrencia de verificación). La duración de las tormentas se estableció en una hora y el tiempo de simulación en 12 horas. De manera complementaria se evaluó el funcionamiento de ambas redes (tradicional y con SUDS) para duraciones de 3 y 6 horas, para lo cual fue necesario aumentar el tiempo de simulación a 48 horas en pos de obtener la evolución completa de los parámetros de las celdas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a los volúmenes de agua presentes en la cuenca:

- La reducción en los volúmenes de escurrimiento es significativa para una tormenta de duración 1 hora, independientemente de las recurrencias analizadas. Se trata de porcentajes de reducción comprendidos en el rango de 42 % para una recurrencia de tormenta de 2 años, y de 18 % para una de mayor severidad (5 años), debido a la incorporación de los SUDS.
- Para una misma duración, a mayor recurrencia la incidencia de las celdas de biorretención en la red de desagües disminuye. De la misma manera ocurre cuando la recurrencia es constante y la duración aumenta.

En cuanto a la capacidad ganada en los conductos producto de la presencia de las celdas:

- La eficiencia de los conductos aumenta considerablemente para una tormenta de cualquier recurrencia y duración una hora. El rango de variación de la capacidad ganada está comprendido entre 21 % (recurrencia de 5 años) y 68 % (recurrencia de 2 años).

En cuanto al comportamiento de las celdas de biorretención:

- Las celdas funcionan adecuadamente, es decir que no presentan desbordes y se vacían en menos de 24 horas, para la recurrencia y duración de diseño (R1,01-d1).
- A medida que aumenta la recurrencia o la duración las celdas requieren más tiempo para vaciarse.
- Para el resto de los escenarios analizados, las celdas presentan desbordes cada vez mayores cuando aumenta la recurrencia o la duración de la tormenta. En cuanto al vaciado, éste se produce en menos de 48 horas que es el límite recomendable para eventos superiores al de diseño.
- Se analizaron los tiempos característicos, es decir; tiempo de vaciado, de desborde de agua y de permanencia de la misma sobre la superficie de las celdas. Analizando una serie de celdas “tipo” vinculadas entre sí, la primera de ellas presenta tiempos característicos similares para recurrencias mayores a 1,01 años, cualquiera sea la duración. Es decir, la primera celda de una serie tiene, por ejemplo, tiempos de vaciado similares ya sea que se trate de una recurrencia de 2 o de 5 años.
- Lo anterior también sucede con las celdas en paralelo, excepto que los tiempos son del orden del triple, es decir, la desventaja de no contar con un dren reside en que a la celda en paralelo le lleva más tiempo vaciarse que a la primera celda de una serie.

Por último, los costos asociados implican para la alternativa sustentable un 47 % más que para la tradicional, considerando costos de materiales, mano de obra y equipos.

CONCLUSIONES

En primer lugar, se puede sostener que la gestión de los desagües pluviales requiere de un cambio de paradigma, en el cual la escorrentía pluvial deje ser considerada como un “desecho” para pasar a ser un recurso. En este sentido, los Sistemas Urbanos de Desagües Sustentables (SUDS) contemplan este enfoque, donde a través de diversas tipologías y su interconexión, se intenta imitar los fenómenos hidrológicos de la cuenca en su estado previo o natural, o bien, favorecerlos. Así, la precipitación que cae “en origen” no se evacuaría rápidamente, sino que se promueve su infiltración, detención, almacenamiento, entre otros. Así mismo, los SUDS colaboran también a reducir el efecto de “isla de calor” típico en las urbanizaciones, donde los grados de impermeabilización son elevados a la vez que proporcionan un valor estético y beneficios a la comunidad, sobre todo en espacios públicos.

A raíz de los antecedentes recopilados, surge que los países europeos y norteamericanos son quienes poseen mayor experiencia y cantidad de casos de proyecto y construcción de SUDS, contemplando los aspectos técnicos del diseño. Sin embargo, la mayoría de los manuales de diseño responden más a recomendaciones en función de la experiencia que a fundamentaciones técnicas surgidas de estudios de investigación. En cuanto a América Latina, Colombia y Brasil poseen la mayor concentración de casos, en particular en la última década 2010-2020.

La incorporación de las “Celdas de Biorretención” propuestas en el presente Trabajo como SUDS tienen un gran impacto en la reducción de la escorrentía directa respecto de la alternativa tradicional (cálculo mediante Método Racional Clásico), cuando se trata de la tormenta de diseño de 1,01 años de recurrencia y 1 hora de duración, alcanzando un valor del 42 %. Se trata de una precipitación de recurrencia baja respecto a las que suelen emplearse en el diseño de desagües pluviales, pero muy frecuente, ya que representa una

probabilidad de ocurrencia del 99 %. La reducción de escorrentía resulta significativa para el evento de 2 años de recurrencia y 1 hora de duración, siendo ésta del orden del 20 %. Dicha incorporación de las celdas a la red pluvial permite además aliviar la capacidad de los conductos pluviales para las recurrencias típicas de 2 y 5 años, así como reducir la altura del agua en las calles.

Los retardos observados en el escurrimiento producto de la incorporación de las celdas, fueron del orden de los 15 minutos, lo cual es adecuado para la consideración de SUDS a nivel domiciliario. Este efecto puede ser incrementado, pero para ello deberían plantearse SUDS a mayores escalas, por ejemplo, en espacios públicos como parques y plazas.

El trabajo conjunto de la modelación matemática mediante SWMM, que incorpora la tecnología SUDS, junto a un SIG, conforma la herramienta adecuada para el análisis de estas alternativas de proyecto, las cuales claramente representan una instancia superadora a los métodos tradicionales de cálculo de sistemas de desagües pluviales urbanos.

De la estimación de costos, se concluye que, considerando materiales de construcción y mano de obra, la alternativa con SUDS propuesta en este Trabajo posee un costo aproximadamente 50 % mayor que un proyecto de desagües pluviales tradicional. Esto se debe a que esta tipología está concebida como estructuras que funcionan en conjunto y colaboran con la red pluvial proyectada o existente. Este incremento pone de alguna forma de manifiesto el sobre costo que involucra optar por soluciones sustentables y de preservación del ambiente. Esto de ninguna manera debería entenderse como una desventaja o desacreditación de la metodología, sino por el contrario poner en valor esa diferencia para generar conocimiento local respecto de su implementación.

Por último, existe el desafío de concientizar a la comunidad sobre la importancia de estas alternativas sustentables en la gestión de los desagües pluviales urbanos; la falta de conocimiento por parte de los ciudadanos, pero sobre todo de los tomadores de decisión, puede resultar un obstáculo en la implementación de los SUDS y su sostenimiento en el largo plazo. En ese sentido, resulta fundamental involucrar mediante procesos participativos a los actores sociales desde las primeras fases del proyecto de los SUDS, entendidos no sólo como usuarios o beneficiarios sino como los futuros responsables del mantenimiento de las tipologías, sobre todo las involucradas dentro o en las proximidades de sus lotes. Desde la planificación urbana se pueden promover estos procesos de participación social que generen en los destinatarios un sentido de pertenencia con el territorio que habitan, de apropiación del entorno urbano y, por lo tanto, de su relación con el agua.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Angheben, E. et al. (2018-2019-2020); "Programa de Desarrollo de Acciones para la Reducción del Riesgo de Inundaciones en el partido de Esteban Echeverría. Programa DAPRRI Esteban Echeverría (Provincia de Buenos Aires)", ETAPAS 1, 2 y 3 - Informe Final. UIDET Hidrología. Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería. UNLP.

[2] Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Buenos Aires (2011); "Manual para el Diseño de Planes Maestros"; Buenos Aires.

[3] Woods Ballard, B.; Wilson, S.; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; Kellagher, R. (2015); "The SuDS Manual", 5ta Ed., CIRIA (Construction Industry Research and Information Association), Londres, Reino Unido.