

# Problemática de la gestión de la contaminación asociada a las aguas pluviales

J. Suárez<sup>1</sup>, A. Jácome<sup>1</sup>, J. Puertas<sup>1</sup>, H. Del Río<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente. ETSICCP. CITEEC. Campus de Elviña, s/n., 15071 Universidade da Coruña.

## Resumen

Quando se estudia la problemática de presiones o impactos de un sistema de saneamiento o drenaje sobre un medio acuático debe tenerse en cuenta la contaminación vertida tanto desde las redes unitarias (Descargas de Sistemas Unitarios, DSU) como desde las separativas en tiempo de lluvia. Una visión integral de la gestión del sistema que minimice los impactos y permita alcanzar los objetivos de calidad fijados para los sistemas acuáticos obliga a desarrollar una estrategia de control total de la contaminación. La incorporación de Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible (TDUS) determina una nueva relación entre las fuentes de contaminación, los caudales, los sistemas de transporte, las depuradoras y el propio medio receptor. La ponencia presenta estudios de caracterización de la contaminación asociada a las aguas pluviales, tanto en red unitaria como separativa, realizados en numerosas cuencas de saneamiento y drenaje en tiempo de lluvia, y se analizan diferentes estrategias de control y tratamiento.

## Palabras clave

Aguas pluviales, drenaje urbano sostenible, DSU, sistema de saneamiento, TDUS.

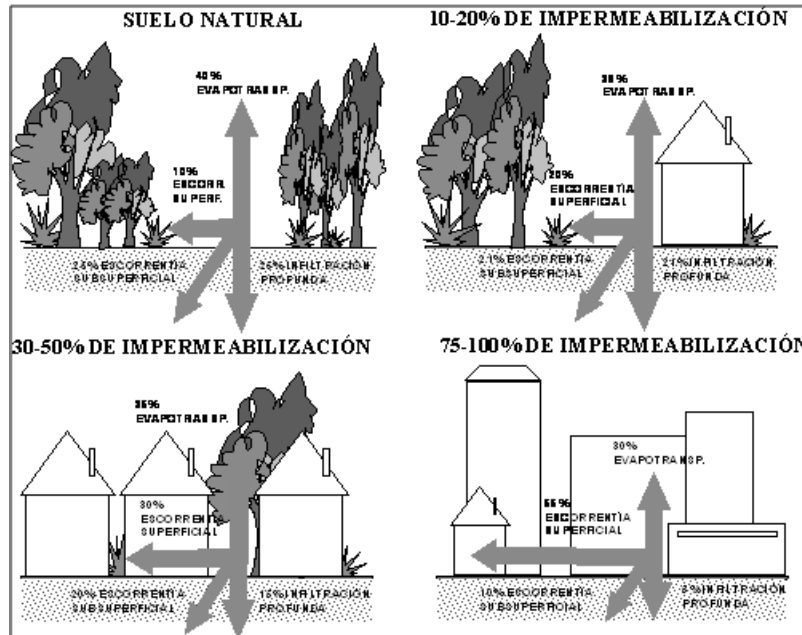
## INTRODUCCIÓN

La concentración de la población en las ciudades ha conllevado un aumento brutal de la urbanización de suelos; las actividades del hombre sobre el territorio alteran las condiciones naturales de las cuencas. La magnitud de estos cambios varía en función del porcentaje de cuenca urbanizada y de la evolución de la misma para soportar la presión humana. Un efecto típico de la urbanización, que fundamentalmente implica la eliminación de la vegetación natural y la creación de superficies impermeables, es la modificación de los flujos superficiales. Esta modificación implica la alteración de los hidrogramas, que son mayores y más apuntados (mayores volúmenes de escorrentía, tiempos de respuesta más cortos y caudales máximos más altos), el incremento de los procesos de erosión y sedimentación, y la modificación del régimen térmico como consecuencia de la eliminación de la cubierta vegetal. La urbanización de la cuenca también modifica la liberación y el aporte de todo tipo de sustancias naturales, impurezas, a las masas de agua, que se suman a los contaminantes aportados por las actividades humanas. La alteración del régimen hidrológico y la presencia de contaminantes acaban afectando a los organismos de los medios acuáticos y alteran el carácter de los ecosistemas. El resultado es que la corriente queda significativamente alterada respecto a su estado natural original.

La urbanización implica la generación, por parte del hombre, de nuevas redes artificiales de drenaje que, por una parte, sustituyen a las naturales y, por otra, se deben encargar de recoger las aguas residuales que el nuevo asentamiento genera; surgen, por lo tanto, los sistemas de saneamiento y drenaje. Estos sistemas tienen muy diversos objetivos, pero el más importante es la protección de la calidad y el hábitat de los sistemas acuáticos. Esta protección implica reducir al máximo los impactos provocados tanto por la alteración del régimen hidrológico-hidráulico como por la llegada de contaminantes.

Hoy en día la eficiencia o bondad de un plan de saneamiento integral de una cuenca, que en la actualidad ya suelen incorporar medidas de gestión de las aguas pluviales o de tormenta, se evalúa en

términos de cómo se reducirán los problemas de las aguas receptoras y cuándo se alcanzarán unos determinados objetivos de calidad que permitan restaurar determinados usos y recuperar los ecosistemas.



**Figura 1. Efectos de la impermeabilización sobre la escorrentía y la infiltración (adaptado de Arnold y Gibbons, 1996).**

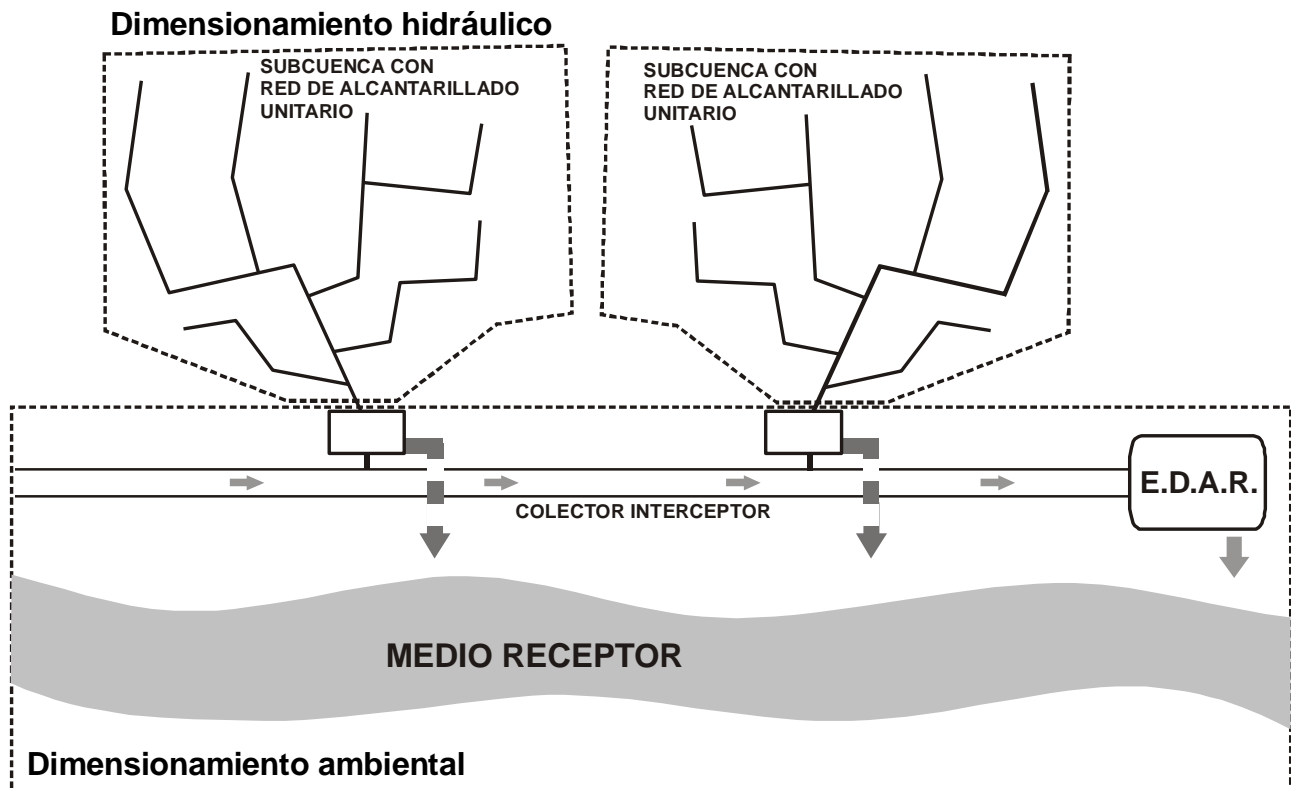
#### CAUDALES Y CONTAMINACIÓN EN LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO Y DRENAJE

Evidentemente, como consecuencia de las diferentes actividades y usos que se realizan en los distintos tipos de cuencas, una cuenca natural, una cuenca rural, una cuenca urbana o una cuenca industrial, tendrán aguas de escorrentía con muy diferentes tipos y cargas de contaminación, por lo que las estrategias de gestión de esas aguas (técnicas de regulación, tratamiento, medio final receptor, etc.) también deberán ser diferentes. La concentración de actividades humanas genera deposición de polvo, suciedad, arenas, materia orgánica, nutrientes, metales pesados, tóxicos y contaminación bacteriológica sobre las superficies. Estos materiales son lavados y arrastrados por la escorrentía superficial y, al final, acaba llegando a las masas de agua receptoras pudiendo llegar a generar impactos significativos.

En redes unitarias las interacciones entre los principales componentes del sistema son más importantes que en los sistemas separativos. En tiempo de lluvia las redes unitarias deben transportar, además de las aguas residuales de tiempo seco, las aguas pluviales. La red de saneamiento se ha dimensionado tradicionalmente para transportar hacia un determinado punto (generalmente hacia una EDAR) el caudal de agua residual y el caudal de lluvia correspondiente a una lluvia con un determinado período de retorno. Cuando la lluvia genera un caudal de agua que la red no puede transportar la práctica tradicional consistía en verterlo al medio receptor mediante aliviaderos. El conjunto de estos aliviaderos, situados aguas arriba de la EDAR, determinan las cargas hidráulicas y de contaminación que llega a la depuradora y el impacto sobre el medio receptor.

El caudal de cálculo máximo de diseño del alcantarillado de una subcuenca es fijado en base a criterios de drenaje con el fin de evitar inundaciones pero, sin embargo, el diseño de los caudales máximos de diseño de los colectores interceptores principales o los emisarios terrestres, que recogen aguas de diferentes subcuencas, se basa en criterios que permitan alcanzar determinados objetivos ambientales

en el sistema acuático receptor. La posible existencia de sistemas de control y tratamiento de reboses permitirá laminar y regular caudales en la red.



**Figura 2. Criterios de dimensionamiento de colectores en función de la situación dentro del sistema de saneamiento.**

Históricamente, el criterio de diseño de los aliviaderos en una solución de saneamiento se ha basado en la dilución. La hipótesis básica de este método es que las aguas de lluvia procedentes de la cuenca están limpias (“aguas blancas”); hoy en día es sabido que dichas aguas «blancas» no son tales y que la contaminación movilizada en las mismas es importante y que las descargas de los sistemas unitarios (DSU) en tiempo de lluvia al medio receptor implican concentraciones y cargas de contaminación muy importantes.

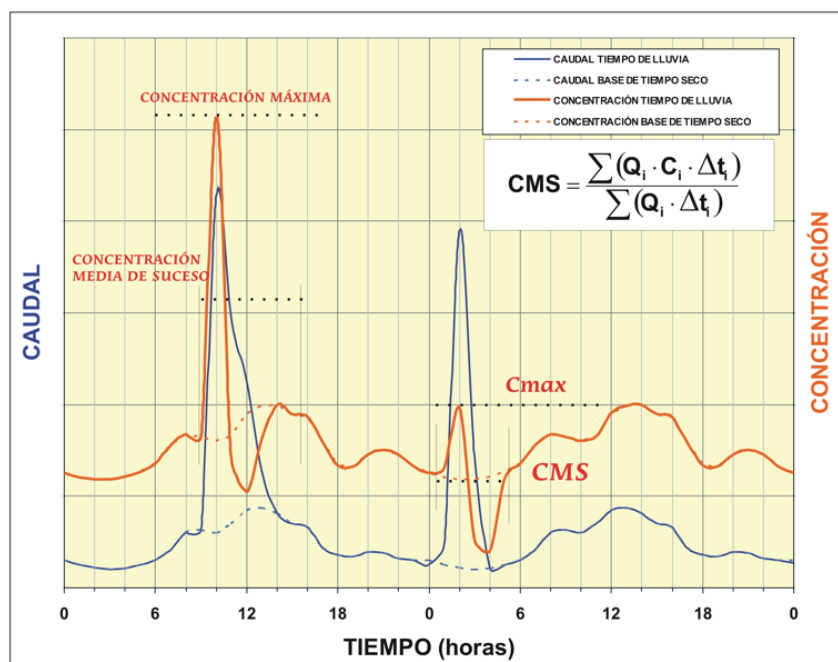
Cuando se estudia la problemática de presiones o impactos de un sistema de saneamiento o drenaje sobre un medio acuático hay que diferenciar tres tipos de fenómenos de contaminación asociados con las aguas pluviales:

- El primero es el generado por las aguas de escorrentía contaminada que llega de forma directa, o a través de redes de alcantarillado separativas o redes de drenaje urbano de pluviales, a las masas de agua receptoras. Son aguas que han lavado las calles, los tejados, etc., y que transportan contaminante de todo tipo.

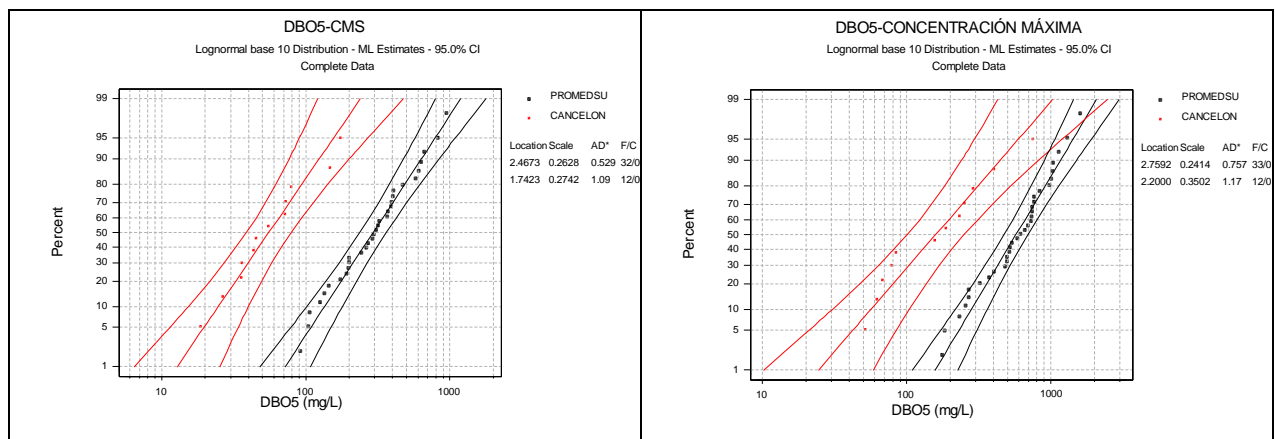
- El segundo tipo de fenómeno de contaminación que es el generado por las Descargas de los Sistemas Unitarios, DSUs (CSO en la literatura anglosajona), con aguas que son mezcla de aguas pluviales contaminadas y aguas residuales urbanas convencionales. En estas últimas redes hay que tener muy en cuenta el fenómeno de resuspensión de los depósitos de sedimentos y biopelículas existentes en la red, resultado de la sedimentación de partículas y contaminación permitida por el régimen hidráulico existente durante el período seco.

**Tabla 2. Comparación de valores máximos de concentraciones máximas instantáneas en sucesos obtenidos en la cuenca piloto unitaria de “Cancelón” de Santiago con el resto de cuencas estudiadas en el PROMEDSU (Beneyto, 2004).**

Concentraciones máximas de suceso (mg/L)	PROMEDSU						Santiago Cuenca Cancelón	Val. medio tiempo seco
	Sevilla	Madrid	Vitoria	Valencia	MÁXIMO	MEDIA		
DQO	3260	2384	14200	967	14200	4274	2497	500
DBO <sub>5</sub>	1150	1625	7200	505	7200	2248	760	220
COT	103	280	100	97	280	146	131	160
NTK	110	115	93	100	115	104	103	40
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	76	67	29	28	76	43	30	25
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> total	11.1	18.5	35	9	90	31	24	8
SST	3394	2773	3255	1167	3394	2756	3052	220
SSV	2623	1953	1876	748	2623	1801	1806	165
SDT	880	3000	13572	2924	23967	7459	412	500
SDV	640	2680	13488	684	13488	3541	212	200
ST	4274	3402	13833	3007	24287	8711	3464	720
Cu (dis)	0.084	0.141	0.084	0.024	0.141	0.074	0.038	0.070
Zn (dis)	1.062	0.813	3.310	0.276	3.310	1.137	0.223	0.200
Pb (dis)	0.754	0.310	0.264	0.100	0.754	0.287	0.007	0.065



**Figura 3. Diagrama que muestra la modificación del hidrograma y polutograma de tiempo seco por la entrada de escorrentía de lluvia en el sistema de alcantarillado.**

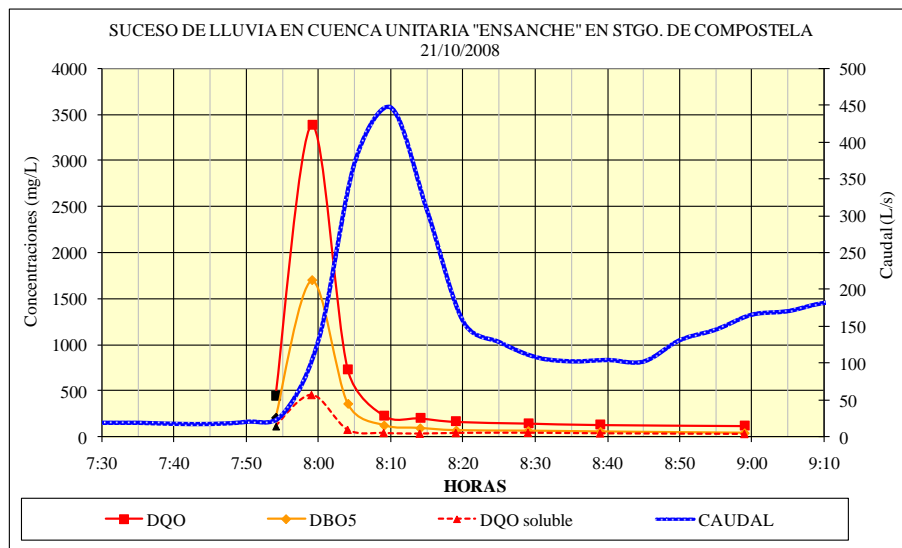


**Figura 4. Distribuciones log-normal de contaminantes en diferentes cuencas unitarias.**

- El tercer problema de contaminación asociado a las aguas de escorrentía es el generado en las depuradoras. La punta de caudal que asume la red y las fuertes oscilaciones de concentraciones acaban llegando a la depuradora y, si supera su capacidad de tratamiento, también se produce un vertido en tal punto. Además, los procesos biológicos de depuración pueden quedar fuertemente alterados, provocando una bajada de rendimientos, que puede llegar a durar semanas, que acaba afectando finalmente a la calidad de las aguas en el medio receptor.

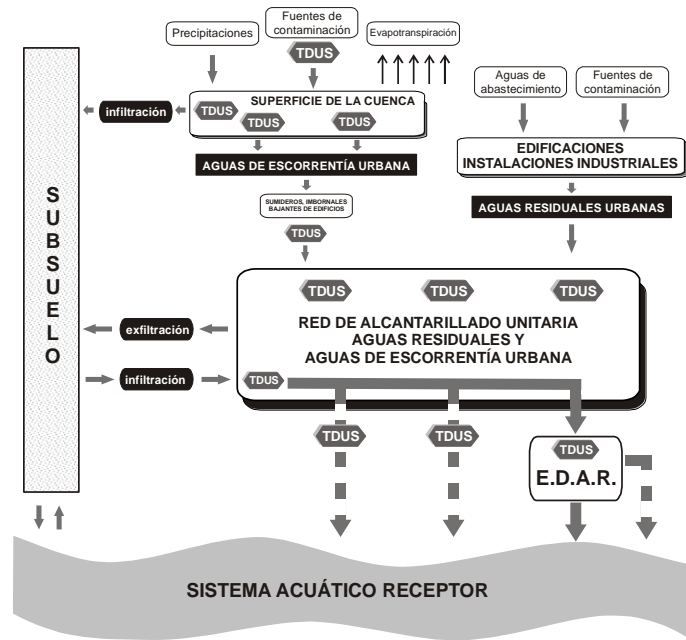
Los tres tipos de vertidos citados se diferencian en los volúmenes vertidos, en las concentraciones de contaminantes (medias y máximas), y en las fases y períodos de descarga.

Las características de la contaminación de las descargas de los sistemas unitarios (DSU), o reboses de alcantarillados unitarios (RAU), están fuertemente determinadas por las aguas residuales urbanas de tiempo seco, de los usos que se realizan en la superficie de las cuencas urbanas que luego van a ser lavadas por las aguas de escorrentía, y por el arrastre de materiales y fangos depositados en las conducciones durante períodos secos y, por lo tanto, del diseño y mantenimiento de la red.



**Figura 5. Caracterización de un suceso de lluvia en la cuenca unitaria del “Ensanche” en Santiago de Compostela (SOSTAQUA, 2008).**

En la literatura anglosajona las TDUS son denominadas «Best Management Practices» (BMP) y su uso está ampliamente extendido. En Europa, cuando estas técnicas están orientadas a la gestión de las aguas de escorrentía en la superficie de la cuenca se ha adoptado el nombre de “Sustainable Urban Drainage Systems” (SUDS). Todas estas técnicas son parte del denominado “Low impact development” y del “Water sensitive urban design”.



**Figura 6. Componentes de un sistema de saneamiento que incorpora técnicas de drenaje urbano sostenible (TDUS).**

Las TDUS son técnicas o procedimientos destinados a que el sistema global de saneamiento y drenaje mejore su eficacia en la recogida, transporte y depuración de las aguas pluviales, o su mezcla con las aguas residuales de tiempo seco. Los beneficios obtenidos al emplear TDUS pueden ser de dos tipos: el control de la cantidad de agua que llega a la red de saneamiento y drenaje y el control de la contaminación. Las TDUS se pueden clasificar desde numerosos puntos de vista. En la literatura aparecen diferentes clasificaciones según los autores y con terminología aún no consensuada. Dos de las clasificaciones más coherentes son las que se presentan a continuación (Temprano et al., 1996):

- Según el grado de intervención de la estructura en la red: medidas no estructurales o estructurales.
- Según el lugar del sistema de alcantarillado donde se apliquen: control en origen o control aguas abajo.

Cuando se implantan TDUS una cuenca lo normal es que se deban poner en práctica tanto técnicas de control en origen como de control aguas abajo.

Una gestión efectiva de las aguas pluviales debe ser planificada (por ejemplo mediante planes directores) y gestionada en un marco geográfico de actuación de tamaño medio ó grande, en el puedan surgir sinergias y economías de escala, y los costes puedan ser socialmente asumibles.

**CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE DRENAJE URBANO SOSTENIBLE**

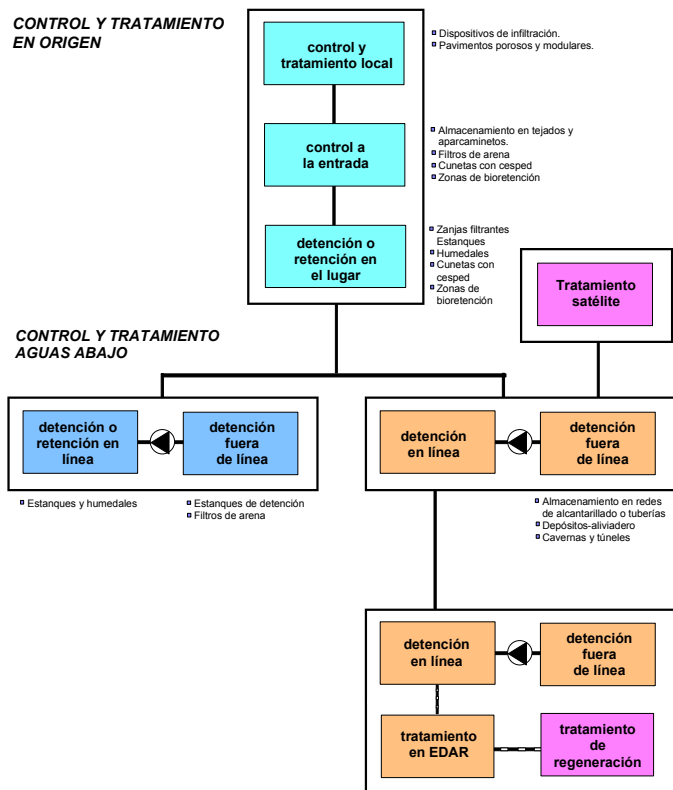


Figura 7. Clasificación de las TDUS (adaptada de Sthare y Urbonas, 1990).

Las aguas pluviales son un recurso potencialmente aprovechable para diferentes usos consuntivos, previo tratamiento adecuado de las mismas. Su localización a lo largo de los distintos puntos y tipos de redes de saneamiento y drenaje, y del tipo de cuenca, determinará su disponibilidad tanto cuantitativa como cualitativa.

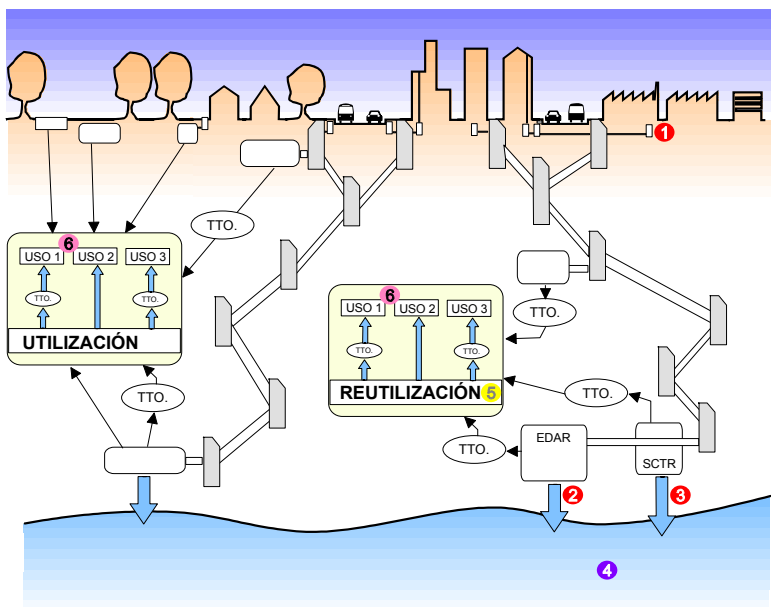


Figura 8. Esquema general de aprovechamiento de aguas pluviales.