

Recomendaciones para la
redacción de

Planes Integrales de Gestión del Sistema de Saneamiento

en los municipios
españoles



Seguimiento:

- Asociación Española del Agua Urbana (DAQUAS).
- Área de Desarrollo Sostenible y Agenda 2030 de la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP).

Revisión:

- Miembros de la Comisión IV de Drenaje Urbano de la Asociación Española del Agua Urbana (DAQUAS).
- Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP).

Coordinación/Redacción:

- Pere Malgrat Bregolat - Consultor Estratégico en Drenaje Urbano y Resiliencia.

ÍNDICE

1	Introducción.....	7
2	Definiciones y acrónimos.....	9
3	Objetivo de las Recomendaciones	11
4	Bases normativas: Real Decreto 665/2023.....	14
4.1	Planteamiento general en relación con los desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia (DSS)	14
4.2	Planes Integrales de Gestión del Sistema de Saneamiento.....	16
4.3	Anexo XI: Norma técnica básica para el control de los DSS	19
4.4	Los DSS en la Directiva (UE) 2024/3019	22
5	Planteamiento metodológico de los PIGSS	24
5.1	Características generales de la planificación en los PIGSS.....	24
5.2	Metodología de elaboración de los PIGSS.....	26
5.3	Sistemas digitales de apoyo a los PIGSS.....	29
5.3.1	Sistema de Información Geográfica.....	30
5.3.2	Sistema de Telecontrol	32
5.3.3	Sistema de Modelización	33
5.3.3.1	Generalidades	33
5.3.3.2	Modelo de alcantarillado.....	33
6	Descripción de las principales tareas de un PIGSS.....	35
6.1	Generalidades.....	35
6.2	Levantamiento topográfico y cartográfico de la red de saneamiento	36
6.2.1	Recomendaciones generales	36
6.2.2	Trabajos topográficos	38
6.2.2.1	Levantamiento planimétrico	38
6.2.2.2	Levantamiento altimétrico	39
6.2.3	Inspecciones cartográficas	40
6.2.3.1	Pozos y tramos.....	41
6.2.3.2	Imbornales	42
6.2.3.3	Estructuras hidráulicas	43
6.2.4	Pauta de trabajo	43
6.3	Diagnóstico del estado del sistema de saneamiento.....	44
6.4	Fases de la modelización.....	48
6.4.1	Creación del modelo	48
6.4.2	Calibración y validación.....	49

6.4.3	Optimización.....	53
6.4.4	Explotación	54
6.5	Planteamiento de las medidas	54
6.5.1	Descripción general.....	54
6.5.2	Medidas preventivas destinadas a evitar la entrada de la escorrentía urbana en el sistema de saneamiento	57
6.5.3	Medidas de operación, inspección, mantenimiento, renovación, preparación ante un episodio de lluvias y monitorización de los DSS	60
6.5.3.1	Medidas de inspección	60
6.5.3.2	Medidas de mantenimiento y limpieza	62
6.5.3.3	Medidas de operación.....	73
6.5.3.4	Medidas de renovación	75
6.5.3.5	Medidas de preparación ante un episodio de lluvias.....	77
6.5.3.6	Sistema de monitorización de los vertidos por DSS	78
6.5.4	Medidas para optimizar el uso de las infraestructuras existentes, incluidas las redes de alcantarillado, los volúmenes almacenados y las depuradoras	79
6.5.5	Otras medidas adicionales, incluidas, si procede, la adaptación y mejora de las infraestructuras de recogida, almacenamiento y tratamiento de las aguas residuales urbanas existentes o la creación de nuevas infraestructuras priorizando los SUDS	81
6.5.5.1	Adaptación y mejora de las infraestructuras de recogida, almacenamiento y tratamiento de las aguas residuales urbanas existentes	81
6.5.5.2	Creación de nuevas infraestructuras	81
6.5.5.3	Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).....	83
6.5.5.4	Tanques de tormenta	95
6.5.5.5	Elementos de retención de sólidos gruesos y flotantes.....	97
6.6	Metodología para el cálculo de actuaciones en tiempo seco	102
6.6.1	Definición del objetivo	102
6.6.2	Creación del modelo	102
6.6.3	Calibración y validación.....	104
6.6.4	Optimización.....	105
6.6.5	Diagnóstico	105
6.6.6	Cálculo de actuaciones (prognosis)	106
6.7	Metodología para comprobar las inundaciones derivadas de la implementación de las medidas para la reducción de la contaminación por los DSS.....	107
6.7.1	Introducción.....	107
6.7.2	Definición del objetivo	107
6.7.3	Creación del modelo	108

6.7.4	Calibración y validación.....	110
6.7.4.1	Comprobación de los datos de las campañas.....	111
6.7.4.2	Calibración y validación del modelo a partir de las campañas de monitorización.....	111
6.7.4.3	Comprobación con datos de inundaciones históricas	112
6.7.4.4	Adecuación del modelo para estimar inundaciones	113
6.7.5	Optimización.....	114
6.7.6	Diagnosis	115
6.7.6.1	Construcción de la lluvia de diseño	115
6.7.6.2	Variación de la lluvia de diseño con el cambio climático.....	117
6.7.6.3	Hipótesis de cálculo	119
6.7.6.4	Resultados de la diagnosis	120
6.7.7	Cálculo de actuaciones (prognosis)	120
6.7.7.1	Hipótesis de cálculo	120
6.7.7.2	Resultado de la prognosis	121
6.8	Metodología para el cálculo de actuaciones anti-DSS.....	122
6.8.1	Definición de objetivos	122
6.8.2	Objetivo de rendimiento hidráulico.....	122
6.8.2.1	Planteamiento general	122
6.8.2.2	Definición del rendimiento hidráulico	123
6.8.2.3	Lluvias de diseño utilizadas para calcular el rendimiento hidráulico..	129
6.8.2.4	Otros requisitos básicos añadidos al cumplimiento del rendimiento hidráulico	133
6.8.2.5	Tratamientos adecuados de los VDSS para el cálculo del rendimiento hidráulico	138
6.8.3	Objetivo indicativo sobre la relación entre la carga contaminante generada en condiciones de tiempo seco y la carga vertida por los DSS (Directiva UE 2024/3019)	144
6.8.4	Objetivos indicativos sobre la protección de las escorrentías provenientes de las aguas de lluvia para evitar su contaminación e incluso su mezcla con las aguas residuales domésticas.....	146
6.8.5	Objetivos de eliminación progresiva de los vertidos no tratados de aguas de escorrentía urbana recogida en sistemas separativos que causen impactos negativos en el medio receptor	149
6.8.6	Creación de los modelos	150
6.8.6.1	Modelo del alcantarillado.....	150
6.8.6.2	Calibración de los modelos	151
6.8.7	Optimización.....	151

6.8.8	Diagnosis	152
6.8.9	Cálculo de actuaciones (prognosis)	152
6.8.9.1	Cálculo de actuaciones anti-DSS	152
6.8.9.2	Análisis coste-eficacia de las medidas y costes desproporcionados.	153
6.9	Campaña de medidas para la calibración de los modelos	155
6.9.1	Introducción.....	155
6.9.2	Recomendaciones generales	155
6.9.2.1	Planificación de las campañas a realizar.....	155
6.9.2.2	Consideraciones sobre la ubicación de la monitorización	157
6.9.2.3	Parámetros a analizar	158
6.9.2.4	Equipos	158
6.9.3	Campañas de medidas en el sistema de saneamiento	158
6.9.3.1	Tiempo seco	158
6.9.3.2	Tiempo de lluvia.....	159
6.10	Plan de participación pública.....	160
6.10.1	Introducción.....	160
6.10.2	Prospección de agentes relevantes	161
6.10.3	Estrategia de participación del público	161
6.10.4	Fases de participación del público	162
6.10.4.1	Acciones preliminares	162
6.10.4.2	Información	162
6.10.4.3	Debate	162
6.10.4.4	Retorno	162
6.10.4.5	Seguimiento	163
6.10.5	Comisión de seguimiento	163
6.10.6	Mecanismos para conseguir la participación real.....	163
6.10.7	Acciones de educación ambiental.....	164
6.10.7.1	Concienciación ciudadana	164
6.10.7.2	Campaña sobre el vertido de sólidos no biodegradables a la red	165
7	Propuesta de índice y descripción de los documentos de un PIGSS	169
7.1	Memoria	172
7.2	Anexo 1 Medidas de inspección de la red de saneamiento	177
7.3	Anexo 2 Medidas de limpieza de la red de saneamiento	177
7.4	Anexo 3 Medidas de mantenimiento del sistema de saneamiento	177
7.5	Anexo 4 Medidas de operación del sistema de saneamiento	178
7.6	Anexo 5 Diagnóstico del estado del sistema de saneamiento	178

7.7	Anexo 6 Medidas de renovación de la red	179
7.8	Anexo 7 Medidas de preparación ante un episodio de lluvias.....	179
7.9	Anexo 8 Sistema de monitorización de los vertidos por DSS	179
7.10	Anexo 9 Lluvias de diseño en el escenario actual y el de cambio climático....	179
7.11	Anexo 10 Análisis del sistema de saneamiento para el transporte y tratamiento de las aguas residuales	179
7.12	Anexo 11 Análisis del sistema de saneamiento para comprobar las inundaciones derivadas de la implementación de las medidas para la reducción de la contaminación por los DSS.....	180
7.13	Anexo 12 Análisis del sistema de saneamiento contra desbordamientos del sistema de saneamiento en tiempo de lluvia	181
7.14	Anexo 13 Plan de participación pública	182
7.15	Anexo 14 Programa de vigilancia y evaluación.....	183
7.16	Planos.....	183
7.17	Presupuesto, cronograma y financiación	185
7.18	Resumen del PIGSS.....	185
8	Referencias	187

1 Introducción

Durante muchos años existió una situación de incertidumbre legal en España respecto a las autorizaciones de los desbordamientos de los sistemas de saneamiento durante episodios de lluvia (DSS) que llegan al medio receptor. Para dar respuesta a esta problemática, el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente aprobó en 2012 el Real Decreto 1290/2012, que modificaba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH), y en 2014 la Orden Ministerial AAA/2056/2014. Ambas normativas introdujeron nuevas exigencias para los titulares de vertidos procedentes de sistemas de saneamiento, en especial para los municipios, centradas en mejorar la gestión de los DSS durante eventos de precipitación.

El Real Decreto 1290/2012 ya incluía la obligación de controlar y reducir la contaminación generada por estos desbordamientos y establecía la necesidad de elaborar normas técnicas que definieran los criterios y procedimientos de diseño de infraestructuras destinadas a gestionar las aguas de escorrentía. Estas normas servirían como base para fijar las condiciones de las autorizaciones de vertido.

Sin embargo, a pesar del marco normativo, durante más de una década los avances se limitaron principalmente al conocimiento técnico sobre estos vertidos y al desarrollo de tecnologías más eficaces para proteger los cuerpos de agua.

En paralelo, la preocupación por el impacto ambiental de estos vertidos durante las lluvias ha sido reconocida a nivel europeo. Prueba de ello es la Directiva (UE) 2024/3019 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de noviembre de 2024 sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas (versión refundida).

Como resultado de esta evolución, el 31 de agosto de 2023 se publicó en el BOE el Real Decreto 665/2023, que introduce importantes modificaciones al RD 1290/2012.

Una de las principales novedades es la inclusión del artículo 259 quinquies, que obliga a determinadas aglomeraciones urbanas a desarrollar un Plan Integral de Gestión del Sistema de Saneamiento (PIGSS). Este Plan propone un enfoque más

global y preventivo en la planificación de las actuaciones necesarias, priorizando la intervención en origen y complementando las infraestructuras con medidas de operación, mantenimiento, inspección, renovación y monitorización. Además, se imponen plazos exigentes: la planificación de medidas debe realizarse, en muchos casos, en un máximo de tres años, y su ejecución debe completarse entre tres y diez años.

Estos planes se convierten así en una herramienta clave para una gestión eficaz del saneamiento urbano, ya que ayudan a minimizar el impacto en los medios receptores y facilitan la identificación de los actores responsables, permitiendo una mejor coordinación cuando existen múltiples titulares de las infraestructuras o autorizaciones de vertido.

El Real Decreto 665/2023 también modifica la Orden AAA/2056/2014 para adaptarla a esta nueva regulación. Además, incorpora como anexo una norma técnica básica para el control de vertidos durante episodios de lluvia, que servirá de referencia para establecer las nuevas condiciones de las autorizaciones de vertido.

Por todo ello y en el marco de la colaboración entre la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) y la Asociación Española del Agua Urbana (DAQUAS), se ha desarrollado esta Guía sobre “Recomendaciones para la elaboración de Planes Integrales de Gestión del Sistema de Saneamiento (PIGSS) en los municipios españoles” que aspira a servir como instrumento de apoyo para las entidades locales que deben adaptarse a las nuevas obligaciones normativas establecidas en el Real Decreto 665/2023, de 18 de julio, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, pretende asimismo proporcionar a los municipios españoles una metodología y unos criterios técnicos sólidos que les permitan avanzar en la aplicación del mencionado Real Decreto y garantizar una planificación ágil, coherente y respetuosa con el medio ambiente.

2 Definiciones y acrónimos

- ACA: Agencia Catalana del Agua.
- Área drenada o superficie de escorrentía: Es la zona por donde discurre la escorrentía recogida por la red de saneamiento.
- CEDEX: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
- Directiva (UE) 2024/3019: Directiva (UE) del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de noviembre de 2024 sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (versión refundida).
- DSS: Desbordamiento del sistema de saneamiento en episodios de lluvia. Son los desbordamientos de aguas residuales urbanas y pluviales no tratadas procedentes de un sistema de saneamiento en episodios de lluvia, que se vierten al medio receptor.
- DPH: Dominio Público Hidráulico.
- DPMT: Dominio Público Marítimo Terrestre.
- EBAR: Estación de bombeo de aguas residuales.
- EDAR: Estación depuradora de aguas residuales.
- MITECO: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- NTB: Norma técnica básica para el control de los vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia.
- PIGSS: Plan integral de gestión del sistema de saneamiento.
- PVDSS: Punto de vertido al medio receptor por desbordamientos del sistema de saneamiento al medio receptor.
- RD: Real Decreto.
- RDPH: Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- SUDS: Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.

- Tanque de tormentas: estructura hidráulica destinada a regular caudales en las redes unitarias en períodos de lluvia y posteriormente evacuarlos de forma controlada, con el objetivo de reducir el impacto contaminante de los vertidos en tiempo de lluvia al medio receptor.

- VDSS: Vertidos por desbordamiento del sistema de saneamiento. Son los producidos al medio receptor en episodios de lluvia, procedentes de los sistemas de saneamiento unitario o separativo pluvial.

3 Objetivo de las Recomendaciones

Con el fin de proporcionar una orientación a los municipios que forman parte de aglomeraciones urbanas que deberán elaborar los PIGSS en España, la FEMP y DAQUAS impulsan estas Recomendaciones, que introducen los PIGSS y su importancia para la gestión sostenible de las aguas residuales y pluviales, así como para la reducción de la contaminación vertida por los desbordamientos de los sistemas de saneamiento en tiempo de lluvia y la consiguiente mejora de la calidad de las aguas receptoras.

Este documento se dirige, por tanto, a los titulares de autorizaciones de vertido (y a los municipios que forman parte de la aglomeración urbana que tiene dicha autorización) que cumplan los siguientes requisitos, según el art. 259 quinquies.2 del RDPH:

a) Vertidos procedentes de aglomeraciones urbanas de 50.000 o más habitantes equivalentes (h-e).

b) Vertidos procedentes de aglomeraciones urbanas de 10.000 o más habitantes equivalentes y menos de 50.000 habitantes equivalentes, cuya red de saneamiento disponga de algún punto de desbordamiento que vierta a una masa de agua que pueda poner en riesgo el medio ambiente o la salud de las personas, o que las características de estos superen umbrales en relación con la capacidad de tratar las aguas pluviales de forma que condicionen el cumplimiento de:

1.º Los requisitos sobre calidad del agua de consumo previstos en el Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.

2.º Los requisitos sobre calidad de aguas de baño establecidos en el Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño.

3.º Los requisitos sobre normas de calidad ambiental establecidos en el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.

4.º Los objetivos medioambientales previstos en el artículo 92 bis del TRLA y, en especial, en las zonas incluidas en el Registro de Zonas Protegidas.

c) Otros vertidos que por su especial incidencia en el medio receptor sean seleccionados motivadamente por el organismo de cuenca.

El listado de aglomeraciones que deben redactar un PIGSS, tanto en las cuencas intercomunitarias como en las intracomunitarias, se puede consultar en la página oficial del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

Estas recomendaciones también detallan las tareas necesarias para elaborar los PIGSS, incluyendo el levantamiento de la red de saneamiento, el diagnóstico del estado de la red, la modelización hidráulica y la planificación de actuaciones. También se describen las metodologías para el cálculo de actuaciones en tiempo seco y contra los DSS, comprobando además que las medidas para la reducción de la contaminación por los DSS, no incrementan los problemas de inundaciones. Las Recomendaciones explican además la importancia de la monitorización y la recopilación de datos para la calibración de los modelos de saneamiento.

Finalmente, se incluyen como recomendación, los documentos que deben formar parte de un PIGSS, incluyendo la memoria y sus anejos: medidas de inspección, limpieza, mantenimiento, operación, renovación, preparación ante un episodio de lluvias y monitorización de la red de saneamiento; diagnóstico del estado del sistema de saneamiento, lluvias de diseño en escenario actual y de cambio climático, análisis del sistema de saneamiento en tiempo seco y bajo lluvias ordinarias (DSS), comprobando el funcionamiento del sistema una vez construidas las actuaciones anti-DSS bajo lluvias intensas (inundaciones), plan de participación pública y programa de vigilancia y evaluación. También se incluyen

los planos, el presupuesto, el cronograma, el plan de financiación de las actuaciones propuestas y un resumen.

4 Bases normativas: Real Decreto 665/2023

4.1 Planteamiento general en relación con los desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia (DSS)

El Real Decreto 665/2023 aborda los DSS desde la idea, expresada en el preámbulo, de que las actividades antrópicas son generadoras de grandes impactos sobre las masas de agua. En este mismo preámbulo, se expone, y sirve como marco de actuación para el articulado del RD en relación a los DSS, qué son las escorrentías con origen urbano o en zona de actividad antrópica, las generadoras de un tipo de contaminación que acaba en los alcantarillados tanto unitarios (donde se mezcla con el agua residual y se desborda en momentos de insuficiencia de transporte) como en el vertido directo del agua producto de escorrentía en los casos de redes separativas. Estas aguas de escorrentía están más contaminadas, sobre todo en el comienzo del evento pluviométrico, como consecuencia de la movilización de los contaminantes de las superficies y zonas de actividad humana por los procesos de lavado y arrastre.

También concluye este preámbulo que no es necesario un evento de lluvia extrema para causar daño al medio receptor, sino que debe realizarse el cálculo de dicho impacto con “lluvias habituales que sobrepasen el caudal de tratamiento de las EDAR o la capacidad máxima de transporte de la red de colectores” haciendo necesaria una gestión integrada de la red de drenaje urbano y las EDAR.



Así mismo, el preámbulo propone como política general, el empleo de SUDS (Sistemas urbanos de drenaje sostenible) para la limitación de la cantidad del agua de escorrentía que llega a las redes de colectores, así como para la reducción de la carga contaminante de las escorrentías. Tal y como se comprobará en el apartado destinado a la Norma Técnica Básica (NTB), el empleo de estas técnicas resulta trascendental para alcanzar los objetivos exigidos en este Real Decreto.

En el articulado general de este RD, se establece cómo serán las autorizaciones de vertido y su contenido, que incluirán los estudios de detalle y los planes integrales de gestión del sistema de saneamiento correspondientes. Para la correcta delimitación de las responsabilidades de cada actor presente en los sistemas de saneamiento, y dentro del artículo 246, se propone la posibilidad de que se constituyan comunidades de usuarios de vertidos, en las que se delimiten dichas responsabilidades y, por tanto, se establezcan las fuentes de financiación necesarias. Estas comunidades serán, en caso de estar constituidas, las responsables de realizar los planes integrales de gestión de los sistemas de saneamiento que se comentarán más adelante. Esta figura puede cubrir las necesidades existentes para delimitar la gobernanza de las redes de saneamiento.

Dentro del alcance de estas autorizaciones de vertido, se señala que han de estar incluidos todos los puntos de DSS, tanto los procedentes de aliviaderos de la red unitaria como los puntos de vertido de las redes separativas. Así mismo, se establecen los contenidos que han de tener estas autorizaciones de vertido que incluyen, además de los datos referentes a la generación de aguas residuales y de lluvia y de los sistemas de tratamiento de agua residual (EDAR) y otros similares, los programas de monitorización y de los elementos de control de la contaminación en los puntos de DSS para adaptarse a lo exigido en la NTB.

Otra novedad que aporta este RD la encontramos en el artículo 259 ter, donde se considera que “las aguas recogidas en un episodio de lluvia han recibido un tratamiento adecuado cuando, al menos, reciban un tratamiento primario en sistemas de saneamiento unitario o un pretratamiento en los sistemas de saneamiento separativo”. Esta disposición, junto a la necesidad de invertir en SUDS, supone un avance importante en la gestión de las aguas de escorrentía.

El artículo 259 quarter establece que no se admitirán los vertidos al medio receptor en tiempo seco y que en tiempo de lluvia se han de limitar conforme a los condicionantes que se marcan en la NTB. Es en este mismo artículo donde se introduce la necesidad de monitorizar los puntos de DSS para poder estimar frecuencias, volúmenes y hasta calidad del vertido en su caso. Así mismo, indica la necesidad de disponer de los elementos pertinentes para la reducción de los sólidos gruesos y flotantes transportados por el agua residual que pudieran amenazar con ser vertidos al cauce tras un vertido en tiempo de lluvia.

Otra novedad incluida en el artículo 259 quarter, es la obligatoriedad de limpiar el cauce de los residuos que pudieran haberse acumulado tras los episodios de vertido en tiempo de lluvia y que no hayan sido retenidos en los sistemas de reducción de gruesos y flotantes mencionados anteriormente. También en este artículo se menciona que el deterioro temporal de las masas de agua como producto de eventos pluviométricos excepcionales no se considerará infracción.

4.2 Planes Integrales de Gestión del Sistema de Saneamiento

El Real Decreto 665/2023, en su artículo 259 quinquies, establece la obligatoriedad de elaborar y presentar al organismo de cuenca el plan integral de gestión del sistema de saneamiento (PIGSS), por parte del titular de las autorizaciones de vertido en aglomeraciones urbanas de 50.000 o más habitantes equivalentes(h-e), o en aglomeraciones urbanas entre 10.000 y 50.000 h-e que tengan algún punto de vertido que pueda poner en riesgo el medio ambiente o la salud de las personas (entre otros supuestos).A partir de las prescripciones del artículo 259 quinquies.3, el PIGSS contendrá como mínimo:

- 1.-Descripción detallada del sistema de saneamiento, de su capacidad de almacenamiento y de su capacidad de tratamiento de aguas residuales en caso de precipitaciones, apoyándose normalmente en un Sistema de Información Geográfico (GIS).
- 2.-Diagnóstico del funcionamiento del sistema de saneamiento, atendiendo a su capacidad de transporte en tiempo de lluvia e incluyendo los sistemas de tratamiento y los puntos de desbordamiento en tiempo de lluvia a las masas de

agua. Este diagnóstico será el resultado de un análisis dinámico de los flujos de aguas residuales en caso de precipitaciones, basado en el uso de modelos hidrológicos, hidráulicos y de calidad del agua, que tengan en cuenta las proyecciones climáticas más recientes y que incluya una estimación de las cargas contaminantes liberadas en las aguas receptoras en caso de precipitaciones.

3.-Diagnóstico del estado de las infraestructuras, atendiendo a su estado de obsolescencia, o tal como prescribe la Directiva (UE) 2024/3019 (en su artículo 23), atendiendo a su estado técnico y operativo.

4.-Establecimiento de los objetivos de reducción de la contaminación de los vertidos por desbordamiento del sistema de saneamiento en episodios de lluvia, que permitan, a partir de la situación actual, establecer:

4.1 Objetivos indicativos sobre la protección de las escorrentías provenientes de las aguas de lluvia para evitar su contaminación e incluso su mezcla con las aguas residuales domésticas, a través de, entre otras técnicas, la implantación de SUDS que fomenten la infiltración y la renaturalización de los entornos urbanos.

4.2 Objetivos indicativos sobre el porcentaje de agua residual urbana, incluyendo la escorrentía urbana, que el sistema de saneamiento es capaz de tratar en distintos escenarios de precipitación y la relación entre la carga contaminante generada en condiciones de tiempo seco y la carga vertida por los DSS.

4.3 La eliminación progresiva de los vertidos no tratados del agua de escorrentía urbana recogida en sistemas de saneamiento separativo, a menos



que pueda demostrarse que dichos vertidos no causan impactos negativos en la calidad de las aguas receptoras.

5.-Propuesta de las medidas que deben adoptarse, y los estudios de alternativas que las justifican, para alcanzar los objetivos mencionados en el punto 4, acompañadas de una clara identificación de los agentes implicados y de sus responsabilidades en la implantación del Plan, que tengan en cuenta, como mínimo:

5.1 Medidas preventivas destinadas a evitar la entrada de la escorrentía urbana en los sistemas colectores, incluidas las medidas de fomento de la retención natural del agua o de la recogida de aguas pluviales y las medidas de aumento de los espacios verdes o de limitación de las superficies impermeables.

5.2 Medidas de operación (de los bombeos y tanques de tormenta existentes o futuros, entre otros), inspección (deberá sostenerse en el tiempo un esfuerzo importante en inspeccionar la red, para que el conocimiento del estado esté siempre actualizado), mantenimiento (que debe incluir la limpieza de la red, y debe ser adecuado para la red, las estaciones de bombeo, etc.), renovación de infraestructuras (a partir del diagnóstico del estado efectuado en el punto 3) y preparación ante un episodio de lluvias, así como un sistema de monitorización de los DSS con los elementos de control que permitan estimar los caudales, tiempo, volúmenes y contaminantes asociados.

5.3 Medidas para optimizar el uso de las infraestructuras existentes, incluidos los sistemas colectores, los volúmenes almacenados y las depuradoras, con el objetivo de garantizar que la escorrentía urbana es recogida y tratada, minimizando el vertido de agua residual urbana no tratada en masas de agua.

5.4 Otras medidas adicionales, incluidas, en su caso, la adaptación y mejora de las infraestructuras de recogida, almacenamiento y tratamiento de las aguas residuales urbanas existentes o la creación de nuevas infraestructuras, priorizando los SUDS, tales como cubiertas ecológicas, jardines verticales, pavimentos permeables, jardines de lluvia, sumideros filtrantes y canales permeables (entre otros), favoreciendo así la biodiversidad.

6.-Cronograma de ejecución de las actuaciones siguiendo las fechas límite prescritas en el RD 665/2023, que estarán, en general, entre 3 y 10 años dependiendo del tipo de medida.

4.3 Anexo XI: Norma técnica básica para el control de los DSS

Durante los más de diez años que han transcurrido desde la publicación del RD 1290/2012 hasta la aprobación del RD 665/2023, el sector ha adolecido de unas normas técnicas que facilitaran el diseño y la ejecución de las obras e instalaciones necesarias para una correcta gestión de las aguas de escorrentía urbana. Han sido muchos años sin unas especificaciones comunes que permitieran a los Organismos de Cuenca establecer adecuadamente los condicionantes de las autorizaciones de vertido.

El anexo XI, de la actual modificación del RDPH, viene a dar respuesta a este vacío técnico-legal que todos Organismos de Cuenca, Administraciones Locales y Operadores públicos y privados, han sorteado hasta el momento, o, al menos, a sentar las bases de unas futuras normas más prolijas, cuando el sector haya avanzado en muchas de las carencias que actualmente tiene en cuanto a la gestión de los sistemas de saneamiento en episodios de lluvia. En sus escasas 10 páginas, ha condensado muchos de los criterios básicos que permitirán un cambio sustancial en la gestión del drenaje urbano actual y que pueden ser resumidas en los siguientes epígrafes:

1.-La NTB, al igual que el resto de la modificación del RDPH, considera vertidos por Desbordamientos del Sistema de Saneamiento (DSS) en episodios de lluvia los que proceden de los sistemas de saneamiento unitario o separativo pluvial. Esta es una de las grandes modificaciones regulatorias, ya que hasta el momento solo era necesario el control de los DSS procedentes de sistemas de saneamiento unitario.

2.-La NTB parte de la consideración de la interconexión entre la superficie urbana de escorrentía, la red de saneamiento, las infraestructuras de regulación, la EDAR y el medio receptor, de forma que el diseño de cualquiera de estos elementos tendrá en cuenta el conjunto del sistema. El enfoque holístico es una de las premisas de esta nueva normativa.

3.-En la NTB se establecen los criterios técnicos básicos para la tramitación de las autorizaciones de los vertidos por DSS en episodios de lluvia, así como los necesarios para la elaboración de los Planes Integrales, permitiendo a su vez valorar su adecuación a los objetivos ambientales del medio receptor.

4.-Lo dictado en la NTB puede complementarse o sustituirse por metodologías alternativas convenientemente justificadas por los titulares u otras que establezcan las Comunidades Autónomas.

5.-En esta Norma la mejora en la gestión del drenaje urbano se consigue mediante actuaciones que minimicen, o mejoren, la emisión, en cantidad y calidad, de las aguas desbordadas en tiempo de lluvia, independientemente del medio receptor y su estado, es decir, no se emplean parámetros de inmisión. Para conseguirlo utiliza el denominado Rendimiento Hidráulico, que, conceptualmente, puede definirse como la cantidad de lluvia que es capaz de gestionarse adecuadamente en el conjunto de infraestructuras de la aglomeración urbana, considerando el volumen de las aguas residuales domésticas en tiempo seco.

$$\eta_{HIDSS} = \frac{V_{TOT} - V_{VDSS}}{V_{TOT}}$$

Donde:

- η_{HIDSS} → Rendimiento hidráulico del sistema de saneamiento.
- V_{TOT} → Volumen de la precipitación más el volumen de agua residual.
- V_{VDSS} → Volumen vertido por el DSS en tiempo de lluvia.

Obligatoriamente el rendimiento hidráulico deberá ser calculado mediante el empleo de modelos hidrológico-hidráulicos, ya que el procedimiento simplificado indicado en la NTB solo servirá para un predimensionamiento. La precipitación de cálculo será la precipitación diaria en la serie de estudio no superada el 80% de los días, Pd80%, seleccionándose al menos las estaciones pluviométricas de 10 años de duración, obteniéndose la Pd80% media de la estación como la media de todos los años. Para la modelización se emplearán 10 episodios tipo de precipitación Pd80% representativos de la cuenca, con intervalos máximos quince minutales, se obtendrán todos los volúmenes de cada episodio y se calculará el rendimiento

hidráulico asociado. El rendimiento hidráulico del sistema resulta de la media de los obtenidos en las simulaciones de los diez episodios.

Es importante advertir que podrán descontarse de los balances los volúmenes asociados a sistemas separativos que no causen impactos negativos significativos en la calidad de las aguas receptoras. De lo contrario, en términos de cantidad, la exigencia en la gestión de los sistemas separativos y unitarios sería exactamente la misma.

Los vertidos por DSS en episodios de lluvia procedentes de aglomeraciones urbanas incluidas en los supuestos del artículo 259 quinquies 2.a) (>50.000 h.e.), deberán garantizar un rendimiento hidráulico igual o mayor a 0,6, mientras que las procedentes de aglomeraciones urbanas incluidas en los supuestos del artículo 259 quinquies 2.b) (>10.000 < 50.0000), garantizarán un valor igual o superior a 0,5. En el caso de otras aglomeraciones urbanas diferentes (art. 259 quinquies.2.c)., se deja a criterio del Organismo de Cuenca el valor exigido para el rendimiento hidráulico.

6.-Para evitar que los DSS viertan sólidos gruesos y flotantes al medio receptor, la NTB indica la necesidad de instalar sistemas de retención mediante tamices/rejas en el labio del aliviadero de paso no superior a 10 mm, debiendo estar siempre operativos después de cada episodio de lluvia.

7.-Con la intención de ir obteniendo información sobre la calidad del agua desbordada en los sistemas de saneamiento, la NTB requiere calcular un indicador de carga contaminante que relacione la carga contaminante anual de los VDSS en episodios de lluvia respecto a la carga contaminante anual de las aguas residuales gestionadas en tiempo seco, empleando para ello la siguiente expresión:

$$\eta_{\text{CARGA CONTAMINANTE}} = \frac{\text{Volumen}_{\text{VDSS}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right) \times \text{Carga} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right)}{\text{Volumen Gestionado en tiempo seco} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right) \times \text{Carga} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right)}$$

8.-Tal y como se indicaba en el capítulo anterior, la NTB especifica la necesidad de un control cuantitativo y cualitativo de los DSS mediante su monitorización.

Por último, cabe indicar que las medidas propuestas por la NTB que deriven en nuevas obras estructurales deberán realizarse a partir de los estudios coste-

eficacia y coste-beneficio necesarios que permitan evaluar si determinadas medidas pueden ser inviables, o tener un coste desproporcionado, en la consecución de los objetivos medioambientales de las masas de agua.

4.4 Los DSS en la Directiva (UE) 2024/3019

La Directiva (UE) 2024/3019 refleja la preocupación por la contaminación de las aguas procedentes de los DSS y por la contaminación que puede llegar a los ríos como consecuencia del arrastre de materia orgánica, basura, microplásticos, etc., por parte de la escorrentía pluvial.

Las medidas más destacables relacionadas con el drenaje urbano que incorpora esta Directiva son:



- Obligatoriedad de realizar planes de gestión integrada de las aguas residuales urbanas (similares a los PIGSS exigidos por el RD 665/2023) en los cuales se tenga en cuenta el sistema completo de EDAR y colectores. El contenido de estos planes debe recoger no solo los sistemas unitarios, sino también los sistemas separativos.

- Implantación de objetivos de contaminación máxima causada por los desbordamientos de aguas de tormenta. Estos objetivos de contaminación en los vertidos producidos por las aguas de tormenta se establecerán mediante la imposición, por parte de los Estados miembros, de un límite en el cociente entre la carga contaminante vertida por las aguas de tormenta y la carga contaminante total en tiempo seco que llega a la EDAR de la aglomeración. Para animar a los Estados miembros a tomarse en serio los DSS, se fija un valor de referencia para este indicador del 2%. Los parámetros posibles a tener en cuenta en este indicador serán DQO, DBO5 y SS, y si es relevante la carga de nutrientes, se tendrán en cuenta

también N y P. En cualquier caso, será un valor indicativo que deberá fijar cada Estado miembro en el proceso de transposición nacional.

5 Planteamiento metodológico de los PIGSS

5.1 Características generales de la planificación en los PIGSS

Hoy en día, existe un amplio consenso científico-técnico recogido en diversas guías o manuales, como la Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano del CEDEX, sobre que una buena planificación de sistemas de saneamiento, debe tener unas características generales que deben tenerse en consideración a la hora de realizar la planificación, de las cuales bastantes de ellas deben tenerse en cuenta en el marco de los PIGSS:

- Debe evitarse, en la medida de lo posible, la entrada de escorrentía urbana en los sistemas de colectores, incluyendo medidas que fomenten la retención natural del agua o la recogida de aguas pluviales, y medidas para aumentar las zonas verdes o limitar las superficies impermeables.
- Debe basarse en la incorporación armoniosa al desarrollo y mejora urbana de cauces naturales, colectores, dispositivos de control y tratamiento, así como dispositivos de captación y desagüe. Esto implicará, por ejemplo, que cualquier modificación o ampliación de la red existente se realice teniendo en cuenta el conjunto de la red de alcantarillado, tanto actual como futura, evitando así casos comunes como que la construcción de una nueva red en una zona agrave los problemas aguas abajo.
- Lo deseable es que el sistema de drenaje urbano no se implante en una urbanización ya desarrollada, sino que forme parte del concepto de diseño urbanístico desde el principio, comenzando, si es posible, ya a nivel de la planificación urbanística (la cual debería regular no solo el suelo, sino también el subsuelo).
- En este sentido, es imprescindible una adecuada coordinación con los urbanistas y proyectistas de otras infraestructuras como aparcamientos subterráneos, ferrocarril y metro, con el fin de respetar las vías necesarias de drenaje, ya que de lo contrario pueden provocarse graves problemas de muy difícil solución.

- Es necesario contemplar los SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible), como unas de las actuaciones principales de los PIGSS, que permiten reducir los caudales que circulan por la red y la contaminación asociada a los mismos.

- Debe tenerse en cuenta que, además del flujo de agua por el sistema inferior de drenaje constituido por imbornales, rejillas y red de alcantarillado con sus instalaciones subterráneas, existe un flujo por un sistema superior (concepto denominado “drenaje dual”), constituido por rieras o barrancos naturales, depósitos a cielo abierto y puntos bajos, así como estructuras viarias y calles.

- La planificación debe contemplar la posibilidad de implantar sistemas de control en tiempo real del funcionamiento de la red de alcantarillado, que esencialmente permiten reducir los problemas de inundaciones mediante un mejor aprovechamiento de la capacidad de la red, y disminuir el impacto ambiental de sus vertidos al medio receptor gracias a una mejor gestión de los caudales evacuados en episodios de lluvias poco intensas (DSS).

- Debe contemplarse el estudio de las cuencas vertientes en su totalidad, lo que en muchos casos implica un ámbito hidrológico supramunicipal, es decir puede haber una cuenca vertiente de un municipio que reciba aguas de fuera de ese municipio, y debe contemplarse dentro del PIGSS en su integridad.

- Debe abordarse el sistema de saneamiento urbano de forma integral, es decir, no solo contemplando la red de saneamiento en baja (alcantarillado), sino también el sistema de saneamiento en alta.



5.2 Metodología de elaboración de los PIGSS

En la Guía de la Agencia Catalana de Agua (ACA) para la redacción de los PIGSS en el Distrito de Cuenca Fluvial de Cataluña, puede encontrarse una propuesta muy adecuada de metodología de elaboración de los PIGSS, inspirada en la metodología propuesta en la Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano del CEDEX para la planificación del alcantarillado.

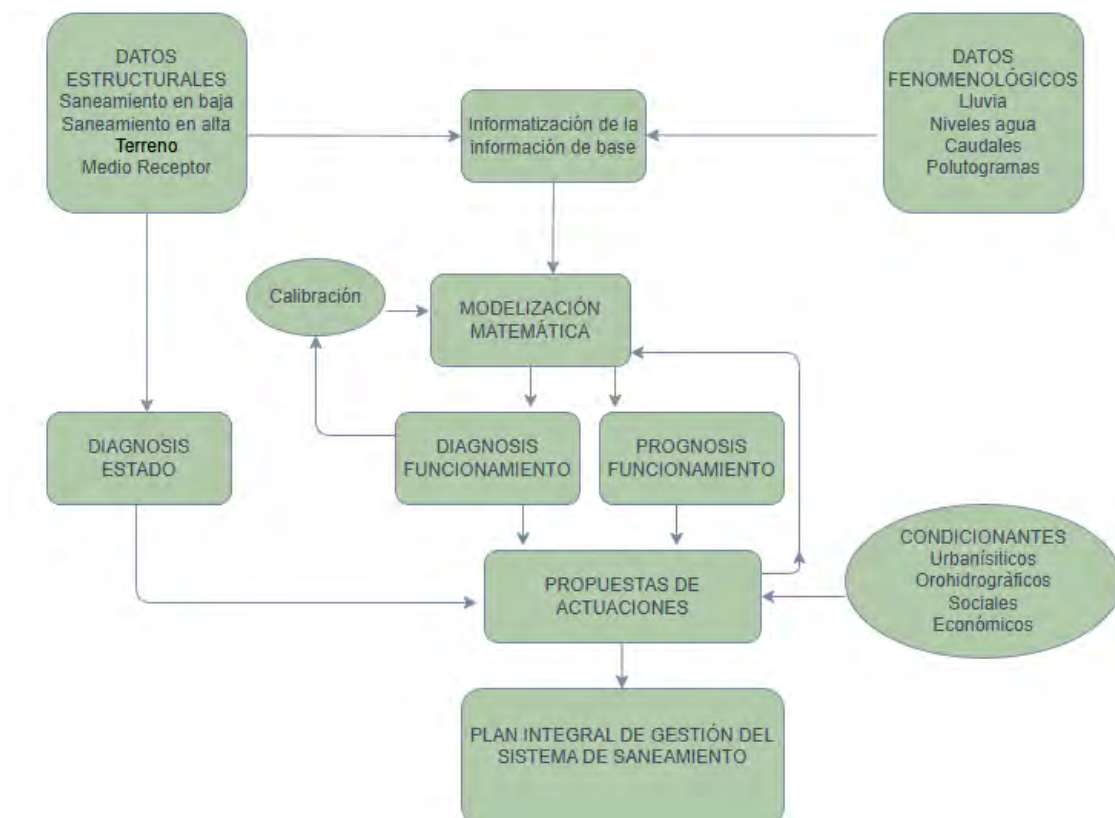


Figura 5.1: Metodología del PIGSS. Fuente: Guía para la redacción de los PIGSS en el Distrito de Cuenca Fluvial de Cataluña (ACA,2024)

Los datos fenomenológicos más importantes son los pluviométricos y también los relacionados con niveles, caudales y polutogramas de la zona. Las solicitaciones del sistema son las lluvias, y para definir las es importante disponer de series históricas suficientemente largas y de calidad. En este apartado de datos fenomenológicos se incluyen también las referencias de problemas registrados en la red durante distintos episodios de lluvia.

Los datos estructurales consisten, entre otros, en el trazado en planta de los distintos colectores, los datos de altimetría de la red (cota de las tapas de los pozos de registro y su profundidad), las correspondientes secciones transversales, así como cualquier otro elemento que forme parte de la estructura de la red de alcantarillado, de la depuradora y del medio receptor. En la tabla siguiente tomada de las Recomendaciones para la elaboración de Planes Integrales de Gestión del Sistema de Saneamiento del MITECO, pueden verse con detalle los datos estructurales necesarios para el PIGSS.

INFORMACIÓN NECESARIA DE LA RED			
PARÁMETROS FÍSICOS	DRENAJE PLUVIAL ALCANTARILLADO	Parámetros oro-hidrográficos	Red de drenaje natural, cuencas y subcuencas vertientes (contorno, área, pendiente media, longitud, etc.).
		Parámetros pedológicos	Vegetación. Tipo de suelo. Rugosidad.
		Parámetros urbanísticos	Zonas Impermeables. Presencia de SUDS. Otras infraestructuras existentes: ferrocarril, metro, servicios (agua, gas, electricidad, teléfono, galerías de servicios). Población o densidad/ consumos de agua potable, población, industrias, etc. Tipo de actividad industrial.
		Red	Distribución, densidad y tipología de sumideros. Tipo de red (unitaria / separativa). Imbornales. Cotas de terreno y cubeta en pozos de registro de alcantarillado. Trazado de la red y ubicación de pozos de registro (longitudes de los tramos) y pendientes de los tramos. Sección de conducciones. Materiales y rugosidad (corregidos por edad). Depósitos de retención. Compuertas. Estaciones de bombeo. Obras singulares: fosas de arena, aliviaderos, rápidos, sifones. Nivel de mantenimiento.
	EDAR	Entrada	Geometría, etc.
		Instalación	Geometría / conectividad / capacidad.
		Salida	Desagüe directo / emisario submarino.
	MEDIO RECEPTOR	Mar	Batimetría. Línea de costa (diques, espigones, etc.). Amortiguadores de oleaje.
			Sección transversal. Perfil longitudinal. Rugosidad. Cartografía de la zona de vertido.

Tabla 5.1: Datos estructurales necesarios de la red para elaborar un PIGSS. Recomendaciones para la elaboración de Planes Integrales de Gestión del Sistema de Saneamiento (MITECO, 2025)

En general, sobre la cartografía disponible se realiza la definición de las subcuencas vertientes y la determinación de la red a analizar. Para cada subcuenca se

determinan sus parámetros característicos: área, impermeabilidad, longitud, pendiente, etc.

En cuanto a la modelización matemática, existen multitud de modelos de simulación de redes de alcantarillado. El modelo de simulación debe permitir modelizar la escorrentía y la propagación de los caudales resultantes por la red, resolviendo las ecuaciones completas de Saint-Venant, de modo que se puedan estudiar redes malladas, puntos singulares, aliviaderos, flujos en presión, etc.

Una fase esencial en la metodología es la diagnosis, la cual debe permitir un conocimiento del funcionamiento y del estado de las instalaciones en su conjunto: red primaria, red secundaria, elementos auxiliares, equipos de regulación, EDAR, sistemas de información y control, etc. Además, debe cubrir tanto las insuficiencias hidráulicas como las deficiencias estructurales, los defectos de gestión, las carencias de cualquier tipo, etc.

Para realizar una correcta diagnosis se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Recopilación exhaustiva de antecedentes e información
- Inspección ocular sobre el terreno
- Seguimiento de una metodología apropiada
- Utilización de un modelo de análisis y simulación
- Uso de otros sistemas informáticos de aplicación funcional

Para ajustar y contrastar la diagnosis es necesario realizar una tarea de calibración del modelo, ajustando sus parámetros de manera que los resultados proporcionados por el modelo se correspondan con la realidad.

Posteriormente, se inicia la fase de prognosis, donde, como resultado de la diagnosis completa, se puede deducir con más facilidad toda una serie de actuaciones necesarias, debidamente justificadas y presupuestadas, y que deberán adaptarse a toda una serie de condicionantes urbanísticos, orohidrográficos, sociales y económicos. Las actuaciones definidas deben surgir

de la interacción de las soluciones propuestas para las distintas deficiencias del sistema. En esta fase de prognosis se comprobará, mediante el modelo de simulación, el buen funcionamiento de las actuaciones previstas.

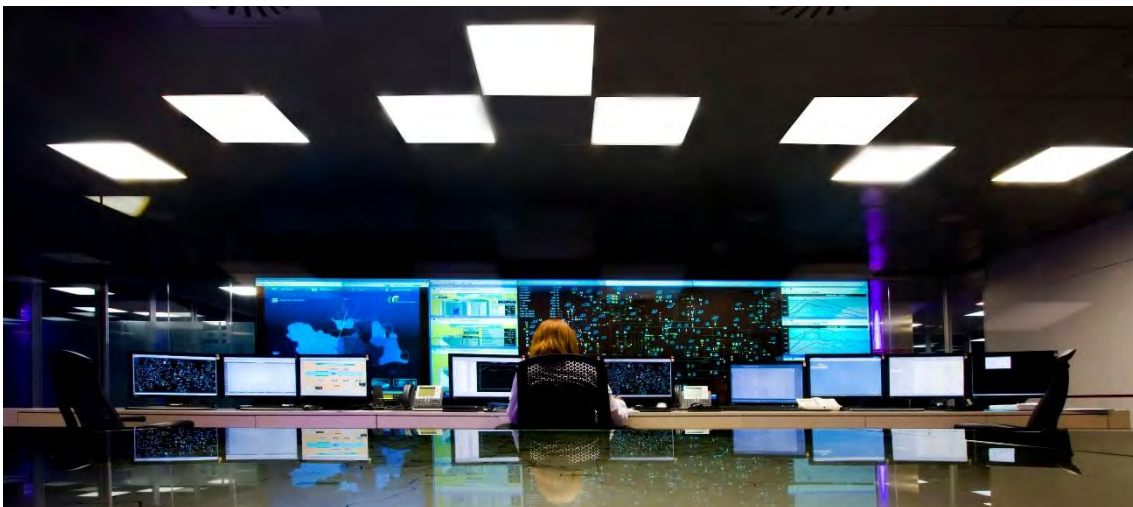
La diagnosis y la prognosis constituyen el núcleo fundamental de la planificación, cuyo resultado final es el PIGSS.

5.3 Sistemas digitales de apoyo a los PIGSS

Tal como recogen diversas guías como la del CEDEX o la de la ACA, hoy en día no se entiende una planificación y gestión eficiente del sistema de saneamiento sin la utilización de 3 sistemas digitales básicos:

- Sistema de Información Geográfica
- Sistema de Telecontrol
- Sistema de Modelización matemática

Los dos primeros sistemas son clave para la recogida y medida de todos los datos y parámetros necesarios (expuestos en la Tabla 1.1) para la elaboración del PIGSS. Como ya se ha visto, se distingue entre datos estructurales del sistema de saneamiento: drenaje superficial-saneamiento-medio receptor, donde ocurre el evento que se quiere analizar, y datos fenomenológicos que hacen referencia al suceso pluviométrico que desencadena el proceso, y a la respuesta del sistema de saneamiento a ese suceso pluviométrico.



Los datos estructurales, en general son fijos en el tiempo, excepto los datos del estado estructural, y se gestionan y almacenan en el Sistema de Información Geográfica.

Los datos fenomenológicos en cambio tienen una variación temporal, y se gestionan y almacenan en el Sistema de Telecontrol.

En el momento en que se elabore el PIGSS, muchas veces no se dispone de estos sistemas, ni tan sólo de una parte importante de los datos en muchos municipios.

Es clave en todo PIGSS, como se verá después, empezar con una buena toma de datos, que se utilizan luego en el modelo matemático de simulación que es el núcleo del tercer sistema digital: el Sistema de modelización matemática. Los modelos matemáticos de simulación hidrológico-hidráulica, son herramientas muy potentes para reproducir el funcionamiento del sistema de saneamiento a nivel hidráulico, pero que requieren una toma de datos rigurosa, bien organizada y bien almacenada digitalmente para poder ser utilizada de forma ágil.

En el apartado 6.2 se describen con detalle los datos que deberán levantarse de la red de alcantarillado al comienzo de los trabajos del PIGSS, así como el nivel de precisión en que deben levantarse.

Asimismo, en el apartado 6.9 se describirá la información fenomenológica que es necesario recopilar para elaborar el PIGSS.

A continuación, se describirá con más detalle cada uno de los tres sistemas digitales y su utilidad:

5.3.1 Sistema de Información Geográfica

Para realizar cualquier trabajo relacionado con el territorio, es fundamental conocer la ubicación y las características del entorno en el que se opera. Este principio básico de gestión, que antes se resolvía con planos, ha mejorado significativamente con el uso de sistemas de información geográfica (GIS) en las explotaciones actuales. Un Sistema de Información Geográfica o GIS, es una base de datos que permite incorporar, mantener y explotar información georreferenciada. A las prestaciones técnicas de los antiguos planos en papel o

CAD, un GIS añade el valor de la información alfanumérica asociada (características de los elementos, parámetros, resultados de inspecciones, etc.) y las relaciones jerárquicas y topológicas entre los elementos.

Esto permite una gestión más eficaz del saneamiento, ya que, en la mayoría de las explotaciones de alcantarillado, su funcionamiento está estrechamente ligado a la orografía del terreno. Cualquier organismo gestor del sistema de saneamiento obtiene beneficios considerables con la incorporación de un GIS, tanto desde el punto de vista técnico como estratégico:

- Permite disponer de un conocimiento preciso de la infraestructura existente.
- Facilita la distribución de información tanto interna como externamente.
- Constituye una herramienta de apoyo en la toma de decisiones estratégicas y operativas, mejorando la atención al cliente.
- Es esencial para la planificación y desarrollo de nuevas infraestructuras.

En el caso de las redes de alcantarillado y saneamiento en alta, debido a su funcionamiento por gravedad, es imprescindible conocer con precisión la altimetría de cada componente de la red (pozos, entronques, etc.). Por ello, además de las prestaciones mencionadas, el uso de GIS es altamente recomendable por:

- La necesidad de conocer la ubicación exacta y la altimetría de los componentes del alcantarillado para obtener la pendiente, que determina el comportamiento del agua.
- El conocimiento del funcionamiento del alcantarillado y la previsión de actuaciones se logra mediante modelos hidráulicos, que deben alimentarse con datos georreferenciados y topografiados con precisión. Es decir, el modelo hidráulico debe estar permanentemente conectado al GIS.
- Las tareas de mantenimiento y rehabilitación del alcantarillado requieren un conocimiento detallado de la infraestructura y del territorio en el que se encuentra.

5.3.2 Sistema de Telecontrol

El Sistema de Telecontrol abarca el conocimiento básico de las magnitudes variables de la red de saneamiento (lluvia, nivel y caudales, cantidad de agua, estado de las instalaciones, vertidos al medio receptor, etc.). Este sistema permite la recopilación, almacenamiento, registro y suministro de la información dinámica del alcantarillado, es decir, la telesupervisión, pudiendo evolucionar a una segunda funcionalidad de operación a distancia de las instalaciones de regulación: el telemando.

Los elementos de un sistema de telecontrol son:

- **Sensores:** son los dispositivos que miden las magnitudes variables que afectan a la red de saneamiento. Estos pueden ser: limnímetros, caudalímetros, pluviómetros, estaciones de calidad, etc.
- **Actuadores:** dispositivos de regulación que permiten modificar las condiciones de flujo dentro de la red y en los desagües. Ejemplos de actuadores serían bombas, válvulas, compuertas, etc.
- **Estaciones remotas:** microordenadores industriales programables, con inteligencia local, cuyas funciones son la recepción y tratamiento de señales, la realización de cálculos primarios, la regulación local, el control de actuadores y el mantenimiento de la comunicación con el centro de control.
- **Red de comunicaciones:** equipos, líneas y enlaces que permiten la comunicación bidireccional de datos entre el centro de control y las estaciones remotas. Esta red puede utilizar líneas telefónicas o enlaces por radio.
- **Centro de control:** conjunto de equipos informáticos y telemáticos de almacenamiento, cálculo y comunicación bidireccional con las estaciones remotas y con los operadores o gestores de la explotación.

Para la realización de un PIGSS, es necesario contar inicialmente con un sistema de telecontrol básico. Los elementos mínimos serían los sensores encargados de medir los datos (mencionados en el apartado 6.9), las estaciones remotas y una

base de datos, donde se almacenan de forma estructurada para permitir su fácil acceso.

5.3.3 Sistema de Modelización

5.3.3.1 Generalidades

El artículo 259 quinquies.3a2º del RD 665/2023 establece claramente que el PIGSS deberá incluir, como actividad clave, un análisis dinámico de los flujos de aguas residuales en caso de precipitaciones, basado en el uso de modelos hidrológicos e hidráulicos que tengan en cuenta las proyecciones climáticas más recientes y que incluya una estimación de las cargas contaminantes liberadas en las aguas receptoras en caso de precipitaciones. Así pues, la utilización de modelos matemáticos de simulación de relativa complejidad es clave para ser capaz de predecir la variación de caudales durante los episodios de lluvia que exige el RD 665/2025. Estos modelos forman parte del sistema de modelización.

El estudio y análisis del funcionamiento del saneamiento en general, y de los desbordamientos en tiempo de lluvia en particular, requiere la utilización de modelos de simulación complejos, porque complejos son los procesos, y que por lo tanto necesitan múltiples informaciones, inimaginables de conseguir sin unos buenos sistemas de información geográfica y de telecontrol que se han explicado antes.

5.3.3.2 Modelo de alcantarillado

Debe contar con los siguientes bloques:

- Modelización de la lluvia, es necesario realizarla previamente, habiéndose obtenido las curvas IDF (intensidad-duración-frecuencia), por tratamiento estadístico de las lluvias reales, idealmente con una serie histórica de más de 20 años, en general, para la comprobación ante inundaciones de las actuaciones anti-DSS, según se explicará más adelante, y más de 10 años, en general, para el diagnóstico del impacto de las DSS en tiempo de lluvia, como se verá después. Como lluvia de cálculo ante inundaciones, se suele escoger la simulación de una descarga de una célula convectiva de precipitación, para el período de retorno que

se utilice en el municipio, que integra en sí misma las características de todas las lluvias reales de cierta magnitud. En cambio, para el cálculo de diseño anti DSS, se suele trabajar idealmente con series pluviométricas históricas, o con una serie acotada de lluvias reales que cumplan una serie de características, por ejemplo, que estén lo más cerca posible de la Pd80, como se verá después.

- Modelo de escorrentía: transforma la lluvia en hidrogramas de entrada en los puntos de la red de alcantarillado. Esto implica una simulación de la función de producción, es decir, transformar la lluvia en escorrentía, y de la función transporte, es decir, transportar la escorrentía a los puntos de concentración por donde entraran los hidrogramas a la red de alcantarillado.
- Modelo de propagación: traslada por los colectores los hidrogramas de entrada provenientes del modelo de escorrentía. Esto implica simular las laminaciones que puedan existir, así como el comportamiento de las intersecciones y puntos singulares, pudiendo muchos modelos simular el funcionamiento mixto lámina libre-presión, por resolución completa de las ecuaciones de Barré de Saint-Venant.

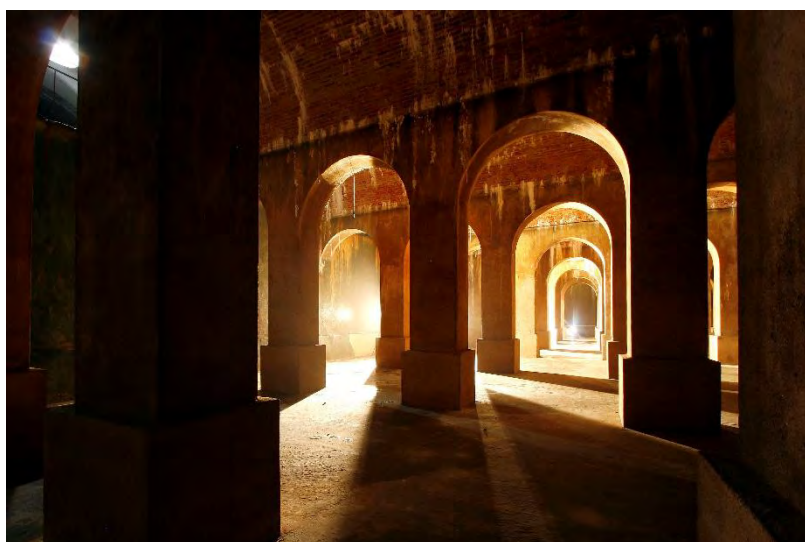
Existen varios programas informáticos en el mercado, tanto gratuitos como de pago, que permiten realizar esta modelización. Todos requieren una representación esquemática de la red de saneamiento, junto con información de áreas y poblaciones conectadas.

6 Descripción de las principales tareas de un PIGSS

6.1 Generalidades

La Figura 5.1 resume las diferentes tareas que se exigen para la elaboración de un PIGSS, que van desde labores de recopilación de información, trabajos técnicos complejos de modelización matemática, y el análisis de un gran abanico de medidas infraestructurales y de gestión que resultaran necesarias para lograr los objetivos de funcionamiento del sistema, siguiendo tanto el RD 665/2023 como la Directiva (UE) 2024/3019.

En los apartados siguientes se desarrollarán con detalle las recomendaciones para ejecutar estas diferentes tareas:



- En el apartado 6.2 se harán unas recomendaciones generales para el levantamiento topográfico del sistema de saneamiento, indicando cuáles son los datos más relevantes a recoger.
- En el apartado 6.3 se explicará cómo se recomienda realizar el diagnóstico del estado del sistema de saneamiento.
- En el apartado 6.4 se detallarán las diferentes fases de la modelización.
- En el apartado 6.5 se describirá el planteamiento de la amplia panoplia de medidas infraestructurales y de gestión que pormenoriza tanto el RD 665/2023 como la Directiva (UE) 2024/3019.
- En los apartados 6.6 a 6.8 se presentarán las metodologías para el cálculo de medidas en los 3 escenarios que nos podemos encontrar en los sistemas de saneamiento: tiempo seco, tiempo de lluvia intensa donde el sistema no ha de incrementar inundaciones una vez construidas las actuaciones anti-DSS, y tiempo de lluvia ordinaria donde el sistema ha de reducir el impacto contaminante que provocan los DSS en el medio receptor. La base de estas metodologías es la

aplicación de los modelos matemáticos de simulación descritos en 5.3.3., y se describirán las tareas concretas a realizar con los modelos para decidir las medidas descritas.

- Para finalizar, en el apartado 6.9 se explicará cómo se recomienda realizar la campaña de medidas del funcionamiento hidráulico y de contaminación del sistema de saneamiento, tanto en tiempo seco como en tiempo de lluvia, como fundamento de la calibración del modelo matemático de simulación.

6.2 Levantamiento topográfico y cartográfico de la red de saneamiento

El artículo 259 quinquies.3 prescribe que el PIGSS contendrá una descripción y caracterización detallada del sistema de saneamiento, que requiere plantear como primera actividad del PIGSS el levantamiento topográfico y cartográfico de la red de saneamiento que permita la modelización de la red de saneamiento y la evaluación de su rendimiento hidráulico, y que sirva no sólo para decidir las medidas infraestructurales necesarias, sino para decidir el planteamiento más adecuado de las medidas de mejora de la gestión prescritas en el RD 665/2023. Los datos necesarios para caracterizar la red de saneamiento han sido ya expuestos con detalle en la Tabla 5.1.

A continuación, se presentarán unas recomendaciones generales y una metodología de trabajo de campo para realizar el levantamiento, extraídas de las Recomendaciones para la elaboración de PIGSS del MITECO y de la Guía para la redacción de los PIGSS de la ACA.

6.2.1 Recomendaciones generales

Para poder elaborar un PIGSS, se requiere contar con una base cartográfica mínima, que incluya la ubicación, altimetría y las relaciones topológicas (es decir, las conexiones) entre los distintos elementos que forman parte de la red de saneamiento.

Dado que este tipo de redes suele funcionar por gravedad, conocer las cotas altimétricas absolutas de los elementos es fundamental. No basta con saber las profundidades: es imprescindible disponer de la altura exacta de la mayor cantidad

posible de estructuras del alcantarillado, así como de los puntos donde el sistema recibe o descarga aguas.

Cuando se utiliza un sistema de información geográfica (GIS) para almacenar esta información, es conveniente clasificar ciertos atributos de los elementos del alcantarillado (por ejemplo, el tipo de sección o la forma de las rejillas), y sistematizar la recogida de datos mediante fichas de inspección que incluyan todos los parámetros necesarios.

Los trabajos cartográficos pueden dividirse en dos tipos, según el entorno en el que se encuentran los elementos y la metodología usada para obtener los datos:

- Trabajos topográficos, que permiten localizar y obtener la altimetría de las tapas de registro y rejillas de los imbornales.
- Inspecciones cartográficas, destinadas a recoger información sobre la estructura, estado de conservación y nivel de limpieza del interior de los conductos. En colectores transitables, también se pueden medir cotas interiores en puntos clave como aliviaderos o cámaras.

Es muy recomendable realizar primero la inspección cartográfica, ya que permite identificar visualmente los elementos externos de la red y su trazado. Esto facilita enormemente las labores posteriores de asignación de coordenadas y cotas durante los trabajos topográficos.

Hay que remarcar que, aunque en algunos casos la información disponible sobre la red de saneamiento es detallada y completa y esté actualizada, lo habitual es que existan indefiniciones y la información existente sea insuficiente, o no esté actualizada, para modelizar y plantear medidas de mejora de la gestión del sistema de una forma adecuada. En este caso puede ser necesario levantar total o parcialmente la red.

Tal como indican las Recomendaciones del MITECO, se deberán levantar para la redacción del PIGSS, al menos, los ejes principales (como mínimo el 25 % de la red de alcantarillado municipal y el 100 % del saneamiento en alta y de los colectores

interceptores que vayan a una EDAR), ejecutados por equipos que accedan a cada pozo de registro con el fin de tomar en campo los datos correspondientes.

6.2.2 Trabajos topográficos

Los trabajos topográficos permiten obtener la planimetría (x, y) y altimetría (z) de los elementos exteriores del alcantarillado. Los métodos que se presentan a continuación son totalmente adecuados para conseguir las precisiones necesarias en redes de alcantarillado. La selección del método dependerá fundamentalmente de los recursos materiales y temporales de los que se disponga.

Dado que la mayoría de las redes de alcantarillado y saneamiento en alta están situadas en zona urbana, es necesario tener en cuenta el equipamiento de seguridad necesario para desarrollar trabajos en la vía pública, tanto para la señalización de la zona de actuación como para la protección del propio personal que esté trabajando.

6.2.2.1 Levantamiento planimétrico

La obtención de las coordenadas de la posición de tapas de pozo y embornales se puede realizar utilizando un sistema de coordenadas absoluto, o, en los casos en que se dispone de una buena cartografía base, mediante mediciones relativas respecto a puntos bien definidos de dicha cartografía (esquinas de manzanas, por ejemplo). Al primer caso corresponden los levantamientos topográficos con estación total o con GPS, mientras que en el segundo las coordenadas se obtienen con mediciones realizadas con cinta métrica.

Las precisiones planimétricas admisibles son de 5 cm para la localización de pozos, mientras que en el caso de los embornales las precisiones pueden ser menores, e incluso se puede admitir su localización directamente sobre planos cartográficos.

A continuación, se presentan unas recomendaciones para cada una de las técnicas planimétricas mencionadas:

- Estación total: método más recomendable en caso de que el ámbito de trabajo sea extenso y no sea posible la utilización de GPS.
- Sistemas de posicionamiento global (GPS): al igual que la estación total, es recomendable en trabajos extensos, pero presenta dos limitaciones:
 - En zonas urbanas con edificios altos es difícil visualizar suficientes satélites como para recibir señal (es necesario ver un mínimo de 4 satélites).
 - Para conseguir buenas precisiones es necesario utilizar la técnica de GPS diferencial.
- Cinta métrica: puede utilizarse en el caso de zonas pequeñas, o en los casos en que se obtenga la localización al mismo tiempo que se realiza la inspección cartográfica. Es necesario realizar un mínimo de dos mediciones relativas para posicionar un elemento por intersección de círculos.

6.2.2.2 *Levantamiento altimétrico*

La obtención de cotas es fundamental en redes que funcionan por gravedad, ya que será necesario conocer con precisión las pendientes. Evidentemente, por este motivo es imprescindible que se utilice un único sistema de referencia altimétrico, y es recomendable que este esté referido a un sistema de referencia absoluto.

Las precisiones altimétricas admisibles son de 2 cm, condicionadas por la máxima precisión que se puede obtener en las tapas del alcantarillado, sometidas a variaciones causadas por el tráfico rodado.

Las cotas obtenidas en superficie, además de permitir el cálculo de las cotas de solera del alcantarillado, también son importantes en el momento de la modelización por dos motivos: determinar la cota límite por encima de la cual se produce la inundación de la calle y, en lo que respecta al escurrimiento superficial, conocer las pendientes de las calles. Por ello, en el caso de tramos de calle donde la red no tenga pozos de registro, es recomendable tomar la cota de las rejillas de imbornal.

La obtención de la altimetría puede realizarse con las siguientes metodologías, ordenadas de mayor a menor grado de precisión:

- Nivel automático: método más recomendable si ya se dispone de la posición en planta. Es un método más lento que trabajar con estación total. La metodología de uso es más sencilla que la de la estación total, ya que puede emplearse personal menos cualificado.
- Estación total: recomendable en el caso de que se desee obtener (x, y, z) al mismo tiempo. Presenta las ventajas mencionadas anteriormente.
- Posicionamiento por satélite: presenta las limitaciones comentadas en el apartado anterior.

6.2.3 Inspecciones cartográficas

Con las inspecciones cartográficas se obtienen las características del interior del alcantarillado. En el caso de redes tubulares, la inspección suele hacerse de lo que es observable desde los pozos, pero se recomienda utilizar cámara de T.V. para obtener la información completa de cada tramo de tubo.

En pozos donde se produce un ensanchamiento de la base, es necesario realizar las mediciones desde el interior del propio pozo.

En el caso de colectores visitables, la inspección se realiza recorriéndolos físicamente o con dron. Es importante tener presente que deben conocerse los datos altimétricos de ciertas estructuras que condicionan el funcionamiento del alcantarillado: aliviaderos, sifones, desbordamientos de los sistemas de saneamiento al medio (DSS) y cámaras.



La metodología de trabajo es más sencilla que en el caso de los trabajos topográficos, pero debe ser lo suficientemente sistemática como para obtener correctamente todos los datos y definir con exactitud la topología de la red. Por ello, es muy útil trabajar con fichas de campo predefinidas para cada elemento del alcantarillado, que sirvan al operario de guía y eviten olvidos en la recogida de datos.

Al igual que en los trabajos topográficos, al trabajar en zona urbana será necesario tener en cuenta el equipamiento de seguridad requerido para realizar trabajos en la vía pública, tanto para la señalización de la zona de actuación como para la protección del propio personal que esté trabajando. Por otro lado, en el caso de colectores visitables, se deberán considerar las medidas de seguridad propias de los trabajos en espacios confinados.

Tal y como ya se ha comentado, se recomienda realizar las inspecciones antes de los trabajos topográficos, con el fin de poder determinar la topología de la red y evitar confusiones a la hora de asignar coordenadas o cotas a elementos externos del alcantarillado.

A continuación, se comenta la información que debe obtenerse de cada elemento del alcantarillado.

6.2.3.1 Pozos y tramos

Los datos a recoger de los pozos son:

- Ubicación del pozo: coordenadas x, y del centro de la tapa.
- Altimetría: datos de la cota de la tapa, de la solera, profundidad del decantador (si lo tiene) y profundidad del pozo.
- Datos generales del pozo: tipo (unitario, pluvial o residual), material del pozo, dimensiones, etc.
- Conexiones del pozo: nodo destino, sonda (profundidad entre la tapa del pozo y la solera del tubo), sección de la conexión, material, etc.

Como se mencionaba anteriormente, ya que se realiza el levantamiento y se rellena una ficha para cada pozo, conviene recoger información sobre otros aspectos que, aunque no sean estrictamente necesarios para la obtención del PIGSS, sí lo son para la gestión del saneamiento. Así, se hace referencia a temas relacionados con la limpieza y el estado de rehabilitación:

- Caracterización de los elementos anexos al pozo (tapa y peldaños): geometría, dimensiones, material, tipo de apertura de la tapa.
- Estado de conservación del pozo cuantificando los defectos existentes (longitud o superficie afectada): fisuras, deformaciones, defectos en juntas y revestimiento interior.

Los datos recogidos desde el pozo corresponden a este elemento, pero también a los tramos que se conectan a él. En el momento de introducir la información en un GIS, se colocarán en el elemento correspondiente (cotas de conexión del tramo, sección del tramo, etc.).

6.2.3.2 *Imbornales*

En este caso, si la rejilla no es abatible, la obtención de datos es más difícil que en un pozo. Desde el exterior solo se podrá determinar la posición, forma y dimensiones de la rejilla. Es recomendable utilizar un catálogo de tipificación de rejillas. En algunos casos será interesante obtener la cota de la rejilla.

Si se puede observar el interior del embornal, deben obtenerse los siguientes datos:

- Altimetría: cota del fondo del embornal y de la solera del tubo de conexión al alcantarillado.
- Identificación del punto de desagüe en el alcantarillado, si no se produce en un pozo.
- Estado de conservación.
- Existencia de sifón.
- Existencia de clapeta.

6.2.3.3 Estructuras hidráulicas

Se entiende por estructuras hidráulicas aquellos elementos del interior del alcantarillado que condicionan el flujo del agua o tienen una relevancia hidráulica. En todas ellas, la caracterización altimétrica es fundamental.

Por tratarse de estructuras interiores al alcantarillado, la obtención de cotas tiene una dificultad mayor. En el caso de colectores visitables lo suficientemente amplios, se puede utilizar la estación total. Por otro lado, si los elementos están próximos a pozos de registro o no es posible utilizar estación total, las cotas se pueden obtener mediante una sonda de agua. Este método permite trasladar la cota de solera del pozo hasta el punto donde se realizan las mediciones.

Las estructuras más importantes a tener en cuenta son:

- Aliviaderos: es necesario obtener la cota del labio del aliviadero, su longitud y la cota del nivel al que se produce el alivio. Es crítico en un PIGSS.
- Desbordamientos al medio receptor en tiempo de lluvia (DSS): es absolutamente necesario conocer la cota de solera en el punto de vertido y la del propio medio receptor donde se vierte, ya que constituye una condición de contorno del modelo matemático.
- Sifones: lo ideal es conocer las cotas superior e inferior de los tubos sifónicos, con la dificultad de que estas últimas no pueden medirse si el sifón está operativo.
- Estaciones de bombeo: número de bombas, caudal de diseño, altura manométrica, etc.
- Cámaras: en este caso basta con conocer las cotas de solera de los tramos en el punto de conexión a la cámara y del fondo de la cámara.

6.2.4 Pauta de trabajo

A modo de resumen, a continuación, se presenta la hoja de ruta que se aconseja seguir al iniciar el levantamiento topográfico y cartográfico de una red de alcantarillado, así como los recursos humanos necesarios:

1. Levantamiento cartográfico desde pozos y embornales.

Equipo: 2 operarios (3 en caso de tráfico denso).

2. Levantamiento topográfico: planimetría y altimetría de tapas de pozo y rejillas de embornal.

Equipo: topógrafo + 1 operario (2 en caso de tráfico denso).

3. Obtención de cotas de estructuras hidráulicas.

Equipo:

- Topógrafo + 3 operarios, si se utiliza estación total en el interior del alcantarillado.
- 4 operarios, si se utiliza sonda de agua en el interior del alcantarillado.

6.3 Diagnóstico del estado del sistema de saneamiento

Tal como prescribe el artículo 259 quinquies.3.1º del RD 665/2023, el PIGSS contendrá, entre otros, un diagnóstico del estado de las infraestructuras, atendiendo tanto a su capacidad de transporte en tiempo de lluvia como a su estado de obsolescencia. En realidad, se están demandando dos diagnósticos del estado: un diagnóstico del estado del funcionamiento de las infraestructuras, o diagnóstico del funcionamiento, y un diagnóstico del estado estructural de las infraestructuras, o diagnóstico de estado propiamente dicho, según se ha expuesto en el apartado 5.2. de estas Recomendaciones.

Las Recomendaciones del MITECO indican que se realizará un diagnóstico a partir de las inspecciones realizadas para el levantamiento de la red (como mínimo, como se ha dicho, el 25% de la red de alcantarillado municipal y el 100% de los colectores interceptores de aguas residuales), para definir el estado de condición estructural y operativa general de la red. El resultado de las inspecciones realizadas se apoyará en un análisis estadístico para trasladar el estudio sobre el estado de las infraestructuras al resto de la red. De no contar la Aglomeración Urbana con ningún trabajo previo de inspecciones de la red, el porcentaje inspeccionado de la red de alcantarillado municipal podrá reducirse a un 15%. En cualquier caso, se estudiarán especialmente y de forma detallada, el estado de estructuras significativas en la gestión de los vertidos: tanques de tormentas y aliviaderos.



A su vez, la obligación del diagnóstico del estado (estructural), viene enormemente reforzada por la obligación establecida en el artículo 23 (Programa nacional de ejecución) de la Directiva (UE) 2024/3019, donde prescribe que los Estados

miembros elaborarán antes del 1 de enero de 2028 un Programa nacional de ejecución de la Directiva, que incluya entre otros una estimación de las inversiones necesarias para renovar, mejorar o sustituir las infraestructuras de aguas residuales urbanas existentes, incluidos los sistemas de colectores, en función de sus tasas de amortización y de sus condiciones técnicas y operativas, con el fin de evitar posibles fugas, infiltraciones y conexiones de efluentes no adecuados en las redes de sistemas de colectores, utilizando, cuando corresponda, herramientas digitales. En cualquier caso, las fechas de ejecución de las actuaciones que marca esta Directiva son mucho más lejanas que las prescritas en el RD 665/2023.

La inspección requerida se realizará en general con cámara de TV, complementado eventualmente con inspección con cámara pértiga, en el caso de red no visitable, y con personal de campo o con drones, en el caso de red visitable.

Los informes de las inspecciones por cámara de TV en cada tramo de colector de saneamiento en alta o en cada tramo de red de alcantarillado, deberán realizarse con un sistema de análisis que aplique siempre el mismo criterio de evaluación. El informe debería seguir el estándar de codificación de defectos de la normativa UNE-EN 13.508-2 Sistemas de inspección de alcantarillado. Parte 2: Código de codificación de estados, y proporcionar la graduación del estado de condición estructural y operativa del tramo inspeccionado, siguiendo el manual inglés Sewer Risk Management (SRM) o equivalente, según la tabla siguiente (que puede también encontrarse en las Recomendaciones del MITECO o la Guía de la ACA):

CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL Y OPERATIVA	IMPLICACIÓN	PRIORIDAD DE ACCIÓN
5	Deficiencia muy grave. Fallo inminente	Inmediata
4	Deficiencia importante	Corto plazo
3	Deficiencia media	Medio plazo
2	Deficiencia leve	Largo plazo
1	No hay defectos o defectos menores	No se requiere actuación

Tabla 6.1 Clasificación del estado de obsolescencia y prioridades de actuaciones. Fuente: Manual Sewer Risk Management (UK)

En cualquier caso, si el gestor dispone de un sistema de gestión de activos o de gestión patrimonial suficientemente contrastado para la graduación del estado de condición estructural y operativa del tramo inspeccionado, podrá presentarlo al Organismo de Cuenca para su posible aprobación.

A continuación, se incluyen 2 ejemplos: una de deficiencia estructural importante y otra muy grave.



Figura 6.1 Defecto estructural de nivel 4. Fuente: Consorci Besòs Tordera



Figura 6.2 Defecto estructural de nivel 5. Fuente: Consorci Besòs Tordera

6.4 Fases de la modelización

Como ya se ha comentado, la planificación de las medidas contempladas en el PIGSS se basan el resultado de un modelo de simulación.

La implementación de un modelo de simulación implica un cierto número de fases, que permiten conducir un sistema real a un modelo operacional capaz de simularlo, tal como describen perfectamente la Guía técnica del CEDEX o la de la ACA según se explica a continuación.

En los subapartados siguientes se describirán estas fases con detalle, aunque hay que remarcar que su desarrollo depende enormemente del objetivo del modelo (tiempo seco, tiempo de lluvia habitual, o tiempo de lluvia excepcional) según se explicará con recomendaciones más detalladas para cada fase, en los apartados 6.6, 6.7 y 6.8. donde se verá la metodología a utilizar en los PIGSS.

6.4.1 Creación del modelo

La creación o composición del modelo parte del levantamiento topográfico y cartográfico que se ha explicado en el apartado 6.2. Los datos recogidos en el levantamiento son recogidos y almacenados en un GIS y permiten conocer la estructura de la red a estudiar.

La información recopilada se incorpora directamente al modelo de simulación e incluye principalmente el diseño en planta de los colectores, los datos de altimetría de la red (cotas de las tapas de los pozos de registro y su profundidad), las secciones correspondientes y todos los elementos que forman parte de la infraestructura de alcantarillado, como aliviaderos, compuertas o estaciones de bombeo, entre otros.

Una vez cargados estos datos en el modelo, resulta fundamental realizar una revisión general para detectar posibles errores y, sobre todo, identificar los puntos singulares (bombeos, pozos, aliviaderos, etc.), verificando la información asociada a cada uno de ellos, ya que son piezas clave en el funcionamiento del sistema.

El paso siguiente consiste en definir las cuencas de aportación y sus características hidrológicas. Para ello se utilizan planos topográficos de la zona de estudio, que

permiten establecer las condiciones de contorno y determinar qué áreas vierten caudal al sistema de saneamiento y cuáles no. A partir de esta base, se delimitan las diferentes subcuencas, teniendo en cuenta la orografía del terreno, la presencia de torrentes, ramblas o rieras en el área urbana y la disposición de la red de alcantarillado.

El tamaño de las subcuencas puede variar según el criterio del especialista que desarrolla el modelo y el grado de detalle requerido. En este proceso de delimitación y parametrización (área, grado de impermeabilización, población, punto de entrada del agua, etc.), el uso de herramientas GIS resulta especialmente valioso.

En el caso de redes separativas —donde las aguas residuales y pluviales circulan por conductos distintos— es necesario definir cuencas independientes para cada tipo de agua.

Antes de proceder al calibrado y validación del modelo, es recomendable realizar pruebas para detectar posibles inestabilidades. Estas pruebas consisten en simular distintos escenarios y comprobar que el balance entre el caudal que entra y el que sale del sistema no difiere en más de un 10 %. Es importante asegurarse de que el tiempo de simulación sea suficiente para garantizar que no queda agua acumulada en el interior de la red. Además, en varios puntos estratégicos se generan gráficas de caudales y niveles para confirmar que no aparecen oscilaciones anómalas. En caso de que se detecten inestabilidades, deberán resolverse antes de continuar con la fase de calibración.

6.4.2 Calibración y validación

Los procedimientos para una correcta calibración y validación de los modelos están muy bien explicados en las principales guías y recomendaciones ya mencionadas y publicadas en España en los últimos años, como las del MITECO, CEDEX y ACA. Especialmente en el anejo 1 de las Recomendaciones del MITECO se incluye una propuesta metodológica y la aplicación a un ejemplo del procedimiento de calibración.

La calibración del modelo consiste en ajustar sus parámetros, preferiblemente aquellos que no tienen un significado físico directo, a partir de un conjunto de datos fenomenológicos medidos en el sistema real.

De esta manera, se dispone tanto de la información de entrada al modelo (precipitaciones, posiciones de compuertas, funcionamiento de los bombeos, etc.) como de la respuesta real de la red.

Se trata de un proceso iterativo, en el que los parámetros del modelo se van modificando progresivamente hasta que los resultados de la simulación se aproximan a los valores observados. Normalmente, el ajuste se realiza utilizando datos de dos o tres episodios distintos, y cuando se considera que el modelo reproduce correctamente el comportamiento del sistema, se lleva a cabo la validación con un episodio adicional que no haya sido usado en la fase de calibración.

La calibración puede aplicarse a diferentes parámetros y en diversos puntos de control (niveles, caudales, volúmenes, indicadores de calidad, etc.). La elección de qué variables y qué puntos utilizar está directamente relacionada con el objetivo del modelo. Así, por ejemplo, si el propósito es estimar los volúmenes anuales de descargas del sistema (DSS), no será tan relevante ajustar con precisión los picos de nivel o de caudal, sino que se dará más importancia a la correcta reproducción del volumen total generado en cada episodio.

En general, la calibración de los eventos debe reproducir, no sólo el caudal o volumen, sino su distribución temporal. De esta forma, una mala calibración no reproducirá adecuadamente las puntas del evento real.

A continuación, se incluyen algunos ejemplos de malas y buenas calibraciones tomadas de las Recomendaciones del MITECO.

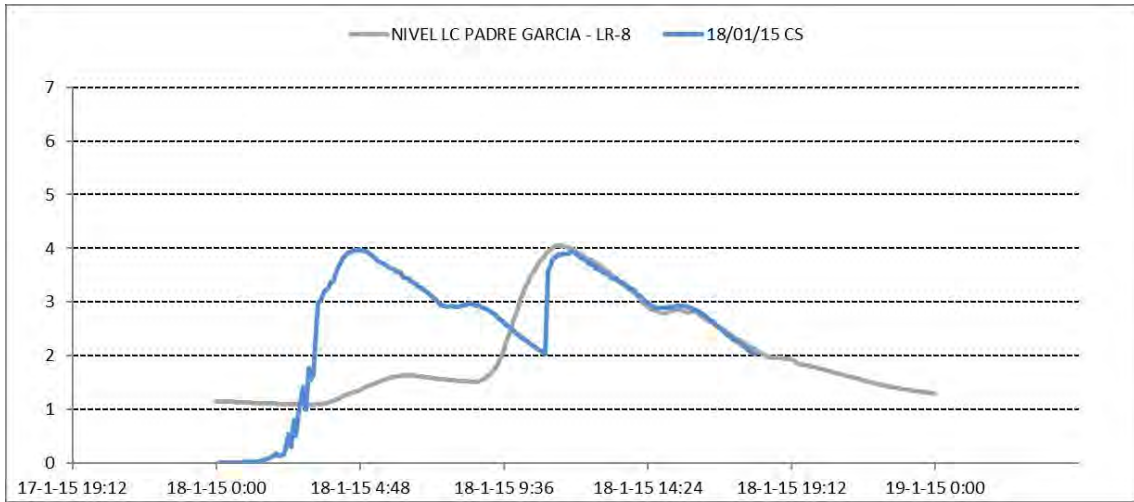


Figura 6.3: Ejemplo de mala calibración. Comparativa modelo realidad en calle Padre García en Sevilla. Fuente: EMASESA

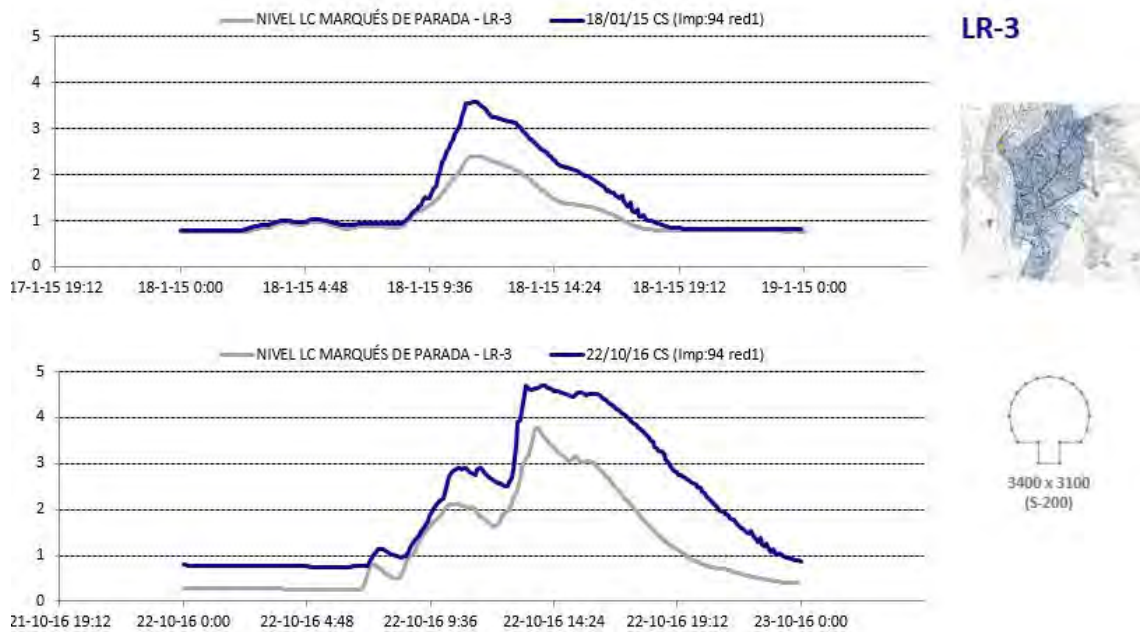


Figura 6.4: Ejemplo de buena calibración. Comparativa modelo realidad en calle Marqués de Parada en Sevilla. Fuente: EMASESA

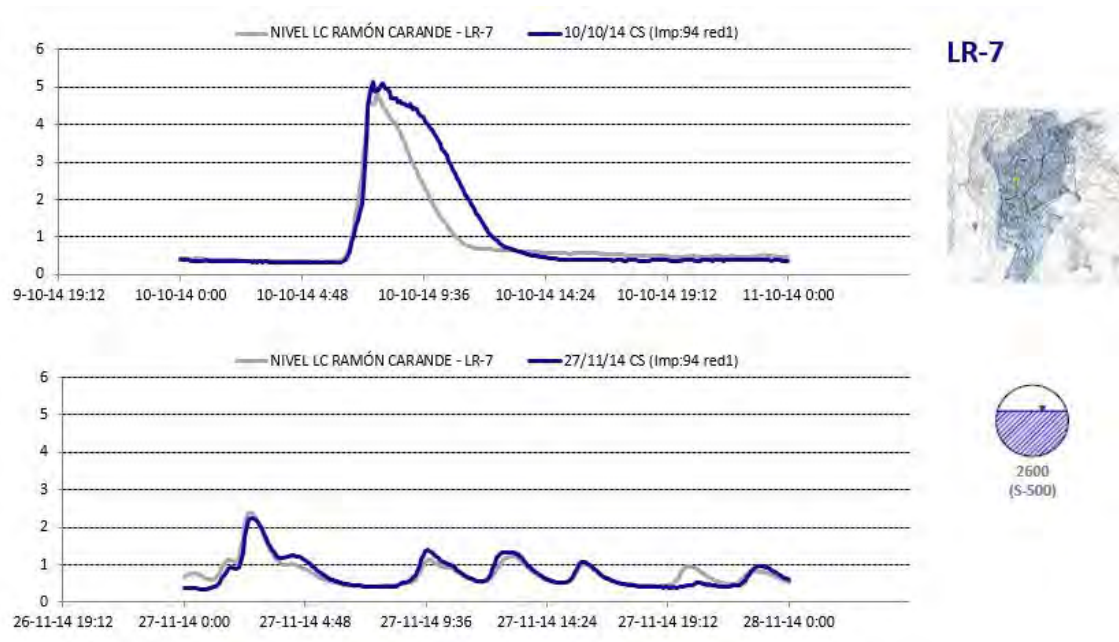


Figura 6.5: Ejemplo de buena calibración. Comparativa modelo realidad en calle Ramón Carande en Sevilla. Fuente: EMASESA

La fase de calibración es especialmente crítica en redes complejas, y hay que dedicarle el tiempo necesario para hacerla bien, ya que, sin ella, los resultados del modelo pueden diferir notablemente de la realidad, lo que podría llevar a decisiones de planificación o gestión equivocadas. Es importante evitar los llamados ajustes forzados, que consisten en modificar arbitrariamente los datos de entrada (a menudo de carácter físico) con el único fin de hacer coincidir los resultados simulados con los medidos. El peligro en estos casos es doble: por un lado, las mediciones reales podrían contener errores; por otro, se corre el riesgo de que el modelo quede ajustado a unas condiciones puntuales que no son extrapolables a otros escenarios. Antes de aceptar cambios que alteren parámetros fuera de sus valores habituales, siempre se debe contrastar el modelo con un episodio adicional de características diferentes.

El resultado del proceso de calibración y validación puede llevar a tres escenarios:

1. El modelo, o parte de él, queda correctamente ajustado y validado para el objetivo definido.

2. Se detectan deficiencias en el modelo que no pueden resolverse con la información disponible.
3. No es posible determinar con certeza si el modelo es válido o no.

En todo momento hay que considerar el tipo de decisiones que se tomarán en función de los resultados. En modelos de pequeña escala, donde el sobredimensionamiento de actuaciones apenas supone un sobre coste, no estaría justificado realizar campañas de monitorización costosas. En cambio, cuando los modelos sirven de base para proyectos de gran envergadura (como suele ocurrir en los PIGSS), es fundamental invertir recursos tanto en la recopilación de datos de campo, que luego se emplearán en la calibración y validación, como en la propia fase de ajuste del modelo.

Finalmente, en cada una de las metodologías descritas en los apartados 6.6, 6.7 y 6.8, se incluyen recomendaciones específicas para la calibración en función de los objetivos perseguidos, así como criterios generales para garantizar la validez del modelo. Estos criterios, sin embargo, deben entenderse como orientativos: corresponde al técnico responsable documentar las tareas realizadas y justificar si el nivel de ajuste alcanzado es suficiente para el caso concreto de su sistema.

6.4.3 Optimización

En el caso de redes de gran tamaño, como es el caso de muchas de las aglomeraciones urbanas de más de 50.000 h-e, la elevada complejidad de los modelos y el tiempo de cálculo asociado pueden hacer necesario aplicar una optimización, entendida como una simplificación razonada de la red que permita obtener resultados equivalentes en un tiempo de simulación más reducido.

Existen diferentes métodos de simplificación, entre los que destacan:

- Eliminar tuberías o colectores de pequeñas dimensiones o longitudes, especialmente aquellos situados en las zonas altas del modelo o en sectores poco relevantes, trasladando sus caudales al colector ubicado aguas abajo.
- Agrupar colectores con características similares (sección, pendiente, material, etc.) en un único tramo representativo.

- Sustituir subconjuntos de la red (subcuencas y colectores) por esquemas equivalentes más sencillos que reproduzcan la misma respuesta hidráulica.
- Definir distintos niveles de detalle en el modelo, en función de los objetivos específicos del estudio.

Hace algunos años, esta fase de optimización resultaba prácticamente obligatoria debido a las limitaciones de capacidad de cálculo de los ordenadores. Sin embargo, con el incremento exponencial del rendimiento computacional, su necesidad se ha reducido considerablemente. De hecho, en muchos casos se prefiere evitar la simplificación, ya que inevitablemente conlleva una pérdida de información sobre el comportamiento real de la red.

En cualquier caso, tras aplicar una optimización es fundamental repetir las pruebas de inestabilidad y recalibrar el modelo, aunque solo sea mediante una comparación con los resultados del modelo detallado previamente validado.

En la actualidad, la optimización se utiliza sobre todo en modelos destinados a estudios que requieren simular largas series de precipitaciones. Un ejemplo habitual son los análisis de medidas para la reducción de descargas del sistema (DSS), en los que el objetivo es evitar que cada simulación de un episodio de lluvia suponga horas de tiempo de cálculo.

6.4.4 Explotación

La explotación del modelo constituye la fase operativa del proceso, es decir, su aplicación práctica. En esta etapa, el modelo debe permitir tanto la diagnosis del funcionamiento de la red en su estado actual como la prognosis de su comportamiento futuro, una vez incorporadas a la red actual las medidas necesarias para corregir las deficiencias detectadas.

6.5 Planteamiento de las medidas

6.5.1 Descripción general

Tal como se expone en el artículo Nueva Regulación de los Desbordamientos del Saneamiento en la Modificación del RDPH (Lastra, Malgrat, Mena, 2024): el Real

Decreto 665/2023 y la Directiva (UE) 2024/3019 suponen una auténtica revolución para la gestión de los sistemas de saneamiento en España, entre otras motivaciones porque por fin se ha propuesto abordar la problemática de los DSS con una visión holística considerando el sistema integral de saneamiento incluyendo: drenaje pluvial/alcantarillado-depuradora-medio receptor, dada la evidente interacción entre todos estos subsistemas. De hecho, una red de alcantarillado o una depuradora no pueden gestionarse racionalmente sin tenerse mutuamente en cuenta, o sin tener en cuenta el medio receptor, ya que finalmente no sólo deben funcionar bien cada una individualmente, evacuando aguas pluviales y residuales o depurando, sino que se les exige que esta gestión produzca una emisión acotada de contaminación al medio receptor, tanto en tiempo seco como en tiempo de lluvia. Todo esto puede condicionar la estrategia de funcionamiento de los aliviaderos de pluviales y de los interceptores de aguas residuales, y la gestión en tiempo de lluvia de las depuradoras, entre otras actuaciones.

En la Figura 6.6 puede verse la enorme gama de actuaciones posibles, ordenadas siguiendo un orden práctico desde aguas arriba de la red hasta el medio receptor.

LUGAR DE ACTUACIÓN	TIPO DE ACTUACIÓN	LUGAR DE ACTUACIÓN	TIPO DE ACTUACIÓN
AGUAS ARRIBA DE LA RED	Limpieza de espacios públicos	ESTACIÓN DEPURADORA	Depósitos anti-DSU a la entrada
	Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)		Refuerzo desbaste o pretratamiento en tiempo de lluvia
ENTRADAS A LA RED	Imbornales		Cambios en la gestión: Coordinación con la gestión del alcantarillado
	Fosas desarenadoras	MEDIO RECEPTOR	Barreras flotantes
	Depósitos de retención al aire libre		Redes interceptoras verticales
RED	Coletores		Limpieza del fondo del medio receptor aguas abajo de los puntos de vertido
	Depósitos de retención		Agitación del agua
	Decantadores compactos in-line		Insuflación de O ₂
	Actuadores (compuertas, bombas, ...)		Instalación zonas piscícolas protegidas
	Separadores de hidrocarburos		Wetlands
	Fosas desarenadoras	Embarcaciones de recogida de flotantes	
	Limpieza del alcantarillado		
Desbaste en aliviaderos al medio			
Explotación centralizada en tiempo real			

Figura 6.6: Medidas posibles en el sistema de saneamiento integral. Fuente: Lastra, Malgrat, Mena, 2024

Es evidente que todo lo prescrito en el RD 665/2023 y en la Directiva (UE) 2024/3019 tendrá enormes implicaciones en la gestión de los sistemas de saneamiento en España, tanto en las redes de alcantarillado como en las depuradoras.

-En primer lugar, obligará a hacer un esfuerzo enorme de planificación a través de los PIGSS, que sin duda impulsarán un correcto levantamiento topográfico de las redes de alcantarillado, la realización de un diagnóstico del funcionamiento y del estado de la red, y la propuesta de toda una serie de medidas infraestructurales y de gestión, para cumplir como mínimo los objetivos que marquen el RD 665/2023 y la nueva Directiva europea de tratamiento de las aguas residuales urbanas.

-En segundo lugar, deberán realizarse los proyectos constructivos de las medidas infraestructurales planificadas, y ejecutar las actuaciones con celeridad, ya que en muchos casos deberán estar ejecutadas antes de 10 años, sobre todo en los sistemas de saneamiento de aglomeraciones urbanas importantes.

-En tercer lugar, deberá implementarse una explotación y mantenimiento del sistema integral de saneamiento, previsiblemente pasando de una gestión pasiva a una gestión activa (en tiempo real), utilizando, entre otras, la información del sistema de monitorización del sistema de saneamiento y sus desbordamientos al medio receptor (o de los sistemas de alerta en tiempo real de la contaminación que de ellos deriven), prescrito por la normativa presentada. Asimismo, deberá realizarse una operación de los actuadores (compuertas, válvulas y bombeos entre otros) integrada entre el alcantarillado y la depuradora, y un mantenimiento avanzado que minimice los problemas de operación y alargue la vida de los activos hasta donde sea razonable.

-En cuarto lugar, como apoyo a una correcta planificación, proyectos, ejecución de medidas, explotación y mantenimiento, será necesario implementar toda una serie de sistemas tecnológicos de apoyo para la digitalización de la gestión de los sistemas de saneamiento: Sistema de información geográfica (GIS) para contener la información gráfica y alfanumérica de la infraestructura existente y su estado, y como apoyo básico para el resto de sistemas tecnológicos; Sistema de modelización hidráulica del sistema de saneamiento; Sistema de gestión de activos

o de gestión patrimonial que permita decidir, entre otros aspectos, dónde, cuándo y cómo renovar una infraestructura de saneamiento o realizar una operación de mantenimiento preventivo; Sistema de monitorización y alerta en tiempo real de funcionamiento del sistema; y Sistema de explotación en tiempo real integral de la red de alcantarillado y la depuradora.

-En quinto lugar, este enfoque holístico va a obligar sin duda a una coordinación administrativa y de gestión entre los municipios que vierten a una depuradora, el gestor de la depuradora y el organismo de cuenca, forzando la apertura de las barreras entre saneamiento en baja y alta que existen en muchas Comunidades Autónomas, y la realización de una correcta gestión por parte de todas las administraciones que de una manera u otra intervienen en el funcionamiento integral del sistema de saneamiento. Por ejemplo, se evitarán casos de infraestructuras que vierten al medio receptor cuya titularidad no es reconocida por nadie, o casos de redes de alcantarillado donde la negligencia de una de las administraciones usuarias perturba el buen funcionamiento integral del sistema de saneamiento. La creación de Comunidades de usuarios de vertido de aguas residuales, que promueve el RD 665/2023 es, sin duda, una medida potente para fomentar esta coordinación.

-Finalmente, la apuesta decidida de las normativas mencionadas por fomentar los SUDS impulsará un desarrollo urbanístico más sostenible, de manera que el drenaje urbano deberá pasar a ser, desde el principio, un sistema a tener en cuenta en la concepción de estos nuevos desarrollos.

Seguidamente se expondrán con más detalle las medidas prescritas en el RD 665/2023 tal como se ha explicado en el apartado 4.2. y recogiendo el planteamiento de las Recomendaciones del MITECO y la guía de la ACA.

6.5.2 Medidas preventivas destinadas a evitar la entrada de la escorrentía urbana en el sistema de saneamiento

Las medidas previstas deberán incluir actuaciones orientadas a favorecer la retención natural del agua de lluvia, la recogida de escorrentías pluviales, así como la ampliación de superficies verdes o la reducción de áreas impermeables. Se trata

de intervenciones clave para alcanzar los tres grandes objetivos que se exigen a los PIGSS (descritos en el apartado 4.2).



- En primer lugar, permiten proteger las aguas de escorrentía procedentes de la lluvia, evitando su contaminación y, en muchos casos, su mezcla con las aguas residuales domésticas. Para ello resultan especialmente útiles los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), que favorecen la infiltración y la renaturalización de los entornos urbanos.
- En segundo lugar, contribuyen a que en la EDAR se pueda tratar una mayor cantidad de agua residual mezclada con pluvial, lo que implica una reducción de la carga contaminante asociada a las descargas del sistema (DSS).
- Por último, resultan esenciales para avanzar en la eliminación progresiva de vertidos de agua pluvial contaminada en redes separativas, apostando por actuaciones que aborden el problema desde el origen.

Por ello en las Recomendaciones del MITECO se remarca que es esencial trabajar en el origen del problema:

- Reducir el volumen y el caudal pico de la escorrentía pluvial: la creciente impermeabilización de los núcleos urbanos provoca un aumento de la escorrentía pluvial por calles y colectores.

- Reducir la velocidad de la escorrentía pluvial y, asimismo, su contaminación o degradación: al desplazarse sobre superficies impermeables de la ciudad, la escorrentía pluvial aumenta su velocidad y también limpia y arrastra los contaminantes que encuentra a su paso, degradándose.
- Diseñar los espacios urbanos para evitar la entrada de la escorrentía pluvial al sistema de saneamiento ya que:
 - En los colectores, la escorrentía pluvial aumenta su contaminación por la resuspensión de contaminantes ya existentes, degradándose aún más.
 - En general, es mucho más económico prevenir la generación de la escorrentía que tratarla posteriormente.
 - Aumenta los impactos negativos de las escorrentías pluviales urbanas sobre las redes de saneamiento, las masas de aguas receptoras y el medio ambiente.

Para ello, las Recomendaciones del MITECO aconsejan promover:

- La retención, ralentización, laminación, filtración, infiltración y aprovechamiento de la escorrentía pluvial, mediante paisajes de retención hídrica y SUDS (desarrollados en el apartado 6.5.5.3.), imitando en la medida de lo posible, el ciclo hidrológico natural y tratando in situ la escorrentía pluvial, reduciendo sus niveles de contaminación.
- El aprovechamiento de las aguas pluviales y la reutilización de las aguas grises, reduciendo la sobrecarga hidráulica en las redes de saneamiento en episodios de lluvia. Esta medida también podría considerarse como una medida correctora en la propia red de saneamiento.

Los municipios deberán considerar este tipo de medidas al definir sus estrategias de crecimiento urbanístico, siguiendo el ejemplo de numerosas ciudades que desde hace años ya aplican criterios similares a nivel nacional e internacional.

Conviene subrayar que en los PIGSS estas medidas tienen carácter prioritario sobre cualquier otra alternativa, tal como han remarcado específicamente diversos organismos de cuenca españoles. En la práctica, esto significa que siempre deberá evaluarse su viabilidad y maximizar su implementación, ya que permiten desviar las

aguas pluviales fuera del sistema de alcantarillado, contribuir a la recarga de los acuíferos y reducir los costes y esfuerzos posteriores de depuración.

Un ejemplo interesante de lo que se acaba de exponer, son las ordenanzas municipales de ahorro y uso eficiente del agua, que suelen contemplar el aprovechamiento de las aguas pluviales para riego de zonas verdes comunitarias entre otros y reutilización de aguas grises en edificios de nueva construcción. Por ejemplo, en Cataluña existen ya alrededor de 100 municipios que las han aprobado en los últimos 20 años.

6.5.3 Medidas de operación, inspección, mantenimiento, renovación, preparación ante un episodio de lluvias y monitorización de los DSS

El RD 665/2023 fomenta que además de medidas infraestructurales, se planifiquen medidas de operación, inspección, mantenimiento, renovación, preparación ante un episodio de lluvia y sistema de monitorización.

A continuación, se desarrollan con detalle las medidas más significativas siguiendo las Recomendaciones del MITECO y la Guía de la ACA.

6.5.3.1 *Medidas de inspección*

Es fundamental contar con programas de inspección que permitan conocer el estado real del alcantarillado y planificar adecuadamente las estrategias de mantenimiento. Siempre que sea posible, las inspecciones deberían llevarse a cabo en momentos de caudal bajo, con el fin de minimizar interferencias durante los trabajos.

Los colectores suelen revisarse mediante alguno de los siguientes métodos:

- Cámaras con circuito cerrado de televisión (CCTV)
- Cámaras con pértiga
- Inspección visual directa
- Drones (inspecciones desde Ø1000 mm hasta grandes colectores).

El uso de cámaras de televisión es el sistema más extendido, ya que a medio y largo plazo resulta más rentable y ofrece la información más precisa sobre el estado interno de la red.



Figura 6.7: Cámara de inspección para el sistema de saneamiento. Fuente: HidroStank

Las cámaras con pértiga, en cambio, se emplean como apoyo en determinadas situaciones, por ejemplo, para realizar una comprobación previa a la limpieza. Sin embargo, su utilidad es limitada a la hora de diagnosticar el estado general. Suelen reservarse para conducciones de menor prioridad, normalmente aquellas más recientes (menos de 20 años), o cuando los recursos económicos destinados a inspecciones son reducidos.

La inspección visual continúa siendo un recurso clave para obtener una visión completa del sistema. Se aplica tanto en pozos como en conducciones, abarcando tanto la superficie como el interior. Los operarios deben prestar especial atención a hundimientos en el terreno sobre las tuberías, acumulaciones de agua en superficie, así como al estado estructural de cruces con rieras y otras obras singulares. En colectores de gran diámetro, se recomienda una revisión interna siguiendo siempre los protocolos de seguridad en espacios confinados.

Por último, el uso de drones empieza a consolidarse, sobre todo para la inspección de grandes colectores (desde Ø1000 mm), donde ofrecen ventajas en rapidez y seguridad.

Sea cual sea la técnica empleada, la correcta documentación de los resultados es esencial para garantizar la eficacia de los programas de limpieza, explotación y mantenimiento.

Hay que remarcar que en el PIGSS deberá contemplarse una inspección de un mínimo de un 15 % de la red, como se ha explicado en el apartado 6.3.

6.5.3.2 Medidas de mantenimiento y limpieza

El alcantarillado necesita un programa de mantenimiento que incluya, por un lado, su limpieza; y por otro, el mantenimiento de sus elementos críticos, como tanques de tormenta, estaciones de bombeo, etc. para lograr mantener la conservación y funcionamiento de la red en un estado correcto.

Así pues, tal como remarcan las Recomendaciones del MITECO, el operador debe presentar un programa de inspección y limpieza correctiva y preventiva de la red de saneamiento, que permita un correcto funcionamiento del sistema integral de saneamiento.

Dichas recomendaciones indican que la limpieza periódica de la red de alcantarillado resulta una medida clave para evitar obstrucciones y colapsos en el sistema. La acumulación de sedimentos, grasas y otros residuos puede derivar en taponamientos que no sólo afectan la operatividad del alcantarillado, sino que también pueden provocar desbordamientos y filtraciones de aguas residuales, con consecuencias ambientales y sanitarias graves.

De hecho, la limpieza regular de los sistemas de saneamiento y de los aliviaderos resulta clave para reducir al mínimo la contaminación vertida al medio receptor, ya que los sedimentos presentes en la red de alcantarillado pueden aportar entre un 25 y un 50 % de la contaminación total vertida al medio receptor, a través del mecanismo de resuspensión de los mismos con ocasión de las lluvias. Si estos

sedimentos han sido retirados mediante la limpieza, no se producirá su removilización y vertido al medio receptor.

Las tareas de limpieza comprenden aquellas labores rutinarias y periódicas que se llevan a cabo durante la vida útil de las conducciones, con el objetivo de mantener su capacidad de servicio y retrasar su deterioro. En este ámbito también se incluyen las operaciones de limpieza de otros elementos de la red, como las estaciones de bombeo, tanques de tormenta, o infraestructuras complementarias.

Conviene destacar que, según lo establecido en el apartado 7.1.e de la NTB del RD 665/2023: “Tras un vertido por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodio de lluvia y, en el caso de que éste produzca la acumulación de sólidos gruesos o flotantes y otros tipos de residuos asociados al vertido en el tramo de cauce situado en el entorno inmediato de influencia de dicho punto, el titular de la autorización de vertido será el responsable de su retirada. La autorización de vertido y, en su caso, el PIGSS, establecerán los condicionantes y protocolos de actuación al objeto de retirar los residuos en tiempo y forma adecuados, justificando la disponibilidad de las autorizaciones pertinentes”. Cómo el ámbito de actuación no se define exactamente, deberá acordarse caso por caso con el Organismo de Cuenca, con sentido común.

Una organización eficiente del Programa de mantenimiento y limpieza, junto con la correcta asignación de recursos, personal cualificado y el equipamiento necesario para las inspecciones, requiere de un presupuesto adecuado. Por ello, resulta esencial planificarlo de manera coherente y optimizada.

La implementación de un Plan de mantenimiento y limpieza preventivo y correctivo de la red de saneamiento aporta beneficios tangibles: disminuye el número de intervenciones de emergencia, mejora la calidad del servicio al reducir las reclamaciones por obstrucciones y minimiza el volumen de sedimentos —y su contaminación asociada— vertidos al medio receptor.

Además, la detección y retirada de residuos acumulados en puntos críticos, permite incrementar la capacidad hidráulica de los colectores gracias a la

recuperación de sección útil, reducir los problemas de corrosión al eliminar las fuentes de generación de ácido sulfhídrico y, en última instancia, prolongar la vida útil de las conducciones.



Figura 6.8: Retirada de toallitas higiénicas que provocan atascos en el sistema de saneamiento (acción correctiva). Fuente: EMASESA



Figura 6.9: Limpieza de ribera tras un VDSS (acción correctiva). Fuente: EMASESA

A continuación, se explicarán con detalle, por su importancia, las estrategias, organización y metodología del programa de mantenimiento y limpieza.

6.5.3.2.1 Estrategias de limpieza avanzada de redes de alcantarillado

A nivel general, limitar el mantenimiento del alcantarillado únicamente a limpiezas correctivas —interviniendo solo tras recibir una queja o cuando se produce una obstrucción— resulta claramente insuficiente. Un programa preventivo bien planificado es esencial para garantizar el correcto funcionamiento de la red.

Existen distintas estrategias para la gestión de la limpieza preventiva, que pueden resumirse de la siguiente manera:

Tradicionalmente, se fija una periodicidad de limpieza para cada zona de la red. Este enfoque tiene la ventaja de ser fácil de aplicar y controlar, ya que no requiere herramientas de gestión avanzadas. Sin embargo, presenta importantes limitaciones: no tiene en cuenta el nivel real de sedimentación ni los factores que influyen en la deposición, y además aplica un criterio homogéneo a toda la red, cuando se sabe que la sedimentación afecta más a unas zonas que a otras.

Otro aspecto determinante es el presupuesto disponible. Dado que los recursos económicos son a menudo limitados, resulta necesario organizar las tareas de forma que se alcance el mejor estado posible de la red con el coste asignado.

Para superar estas limitaciones, en los últimos años se han desarrollado estrategias de limpieza avanzada, cuyo objetivo es concentrar los esfuerzos allí donde son realmente necesarios y evitar limpiezas rutinarias indiscriminadas. Estas metodologías se apoyan en un conocimiento detallado del sistema, una planificación más racional de las tareas y el uso de tecnologías de apoyo a la gestión.

El proceso suele comenzar con una división de la red en zonas y un diagnóstico de los factores que favorecen la sedimentación. A partir de esta información, se determina la frecuencia de limpieza más adecuada para cada sector. En este diagnóstico se combinan parámetros “teóricos” (pendiente, material y antigüedad de las tuberías) con información “empírica” (histórico de incidencias, resultados de inspecciones de campo). Las frecuencias se actualizan periódicamente en

función de los nuevos datos, de manera que se genera un sistema dinámico que mejora conforme se acumula experiencia.

Otra opción es trabajar con frecuencias variables en función de inspecciones previas. En este caso, no se revisa toda la red, sino un número limitado de puntos seleccionados estratégicamente para controlar los costes. La selección de estos puntos es crítica, ya que deben ser representativos del conjunto de la red. Para ello, se emplean criterios estadísticos relacionados con la criticidad del tramo, sus características hidráulicas, el nivel de sedimentación o el tiempo transcurrido desde la última inspección.

Tras esta inspección inicial se definen las necesidades de limpieza, que se priorizan según parámetros como: grado de obstrucción en colectores, estado de los imbornales, aparición de olores, presencia de restos de obra o vertidos industriales, o la detección de retenciones debidas a depósitos en la red. A continuación, se limpian únicamente los tramos identificados como problemáticos y, al finalizar, se lleva a cabo una comprobación para validar los resultados.

De este modo, a lo largo de sucesivas rondas de inspección y limpieza, se consigue cubrir la totalidad de la red, generando un sistema vivo y adaptable que optimiza los recursos disponibles y asegura un buen estado global del alcantarillado.

Finalmente, cabe remarcar que, tal como acabamos de comentar, según lo dispuesto en el RD 665/2023, tras cada episodio de lluvia que provoque un desbordamiento (DSS), es obligatorio que el titular del aliviadero se encargue de la limpieza del entorno inmediato al punto de vertido.

6.5.3.2.2 Organización de las operaciones de limpieza

Sea cual sea la estrategia de limpieza que se adopte, es imprescindible contar con una organización sólida que no solo permita ejecutar los trabajos, sino también realizar su seguimiento y control.

La limpieza de la red de alcantarillado debe abordarse desde tres ámbitos principales:

1. Limpiezas ordinarias

Son las que se programan de acuerdo con el plan anual definido en base a la estrategia de mantenimiento. Se realizan siguiendo recorridos preestablecidos que agrupan varios tramos.

Al diseñar estos recorridos se tienen en cuenta, entre otros, los siguientes aspectos:

- Que todos los tramos incluidos puedan limpiarse con el mismo método.
- Que la duración estimada de cada recorrido sea homogénea y conocida (jornadas diarias o semanales).

Además, se valoran factores prácticos como el sentido de la limpieza (siempre siguiendo el flujo natural), la accesibilidad de los vehículos, la intensidad y dirección del tráfico, o la posibilidad de establecer cortes de circulación. Cuando es necesario, las operaciones se programan en horario nocturno o en festivos para reducir molestias, cortes de tráfico intenso o cualquier afección de especiales condiciones.

En cuanto a los imbornales, cuya limpieza es fundamental, esta puede realizarse de manera independiente o simultáneamente con la limpieza de las conducciones. Siempre que sea posible, se recomienda aprovechar las intervenciones en conducciones para limpiar al mismo tiempo los imbornales conectados a ellas. Como criterio general, cuando la frecuencia de limpieza de la red sea inferior a una vez al año, conviene organizar campañas intensivas de limpieza de imbornales, en aquellos puntos críticos contrastados por experiencias anteriores en los núcleos urbanos, en función de las predicciones y episodios de lluvias.

2. Limpiezas especiales

Se incluyen aquí aquellos puntos que, por sus características físicas o por la dificultad que presentan, requieren un tratamiento diferenciado respecto a la

limpieza ordinaria. Algunos ejemplos son: fosas areneras en cabecera (puntos de entrada al alcantarillado), fosas areneras en el interior de la red, sifones, clapetas, estaciones de bombeo, puntos bajos, grandes colectores donde no es viable aplicar métodos convencionales, o zonas con alta incidencia de malos olores procedentes de la red de alcantarillado.

3. Limpiezas extraordinarias

Cualquier programa de limpieza debe contemplar situaciones imprevistas que exijan actuaciones urgentes. Para ello es necesario disponer de equipos preparados para ejecutar limpiezas extraordinarias o correctivas. Dentro de esta categoría también se incluyen las operaciones de limpieza en las zonas afectadas por un DSS en cada aliviadero, inmediatamente después de episodios de lluvia, que se han comentado antes.

6.5.3.2.3 Metodologías y medios de limpieza

Los métodos de limpieza a aplicar varían en función de las características de la tubería, principalmente sus dimensiones y el grado de sedimentación existente.

En términos generales, la técnica más extendida es la **limpieza hidrodinámica con equipos de agua a alta presión combinada con aspiración de lodos** (sistemas de aspiración-impulsión). Este procedimiento resulta especialmente eficaz en conducciones no visitables, donde se considera la solución más rápida, higiénica y eficiente. En colectores visitables también puede emplearse, aunque su efectividad dependerá de la geometría de la sección —especialmente de la solera— y del tipo de tobera utilizada.

Dentro de la limpieza con agua a presión existen distintas tipologías de equipos, que se diferencian por el tamaño del vehículo, la capacidad de la cisterna, potencia de bomba y depresor, y el diseño del depósito (único compartimentado, o independiente para lodos y agua limpia). Según estas características, pueden clasificarse de la siguiente manera:

- **Equipo jet (solo impulsión):** dispone únicamente de sistema de impulsión a presión. Es más económico y se utiliza sobre todo en desatascos de acometidas

particulares u operaciones similares. Los lodos no se extraen, sino que se desplazan aguas abajo.

- **Equipo combinado de aspiración–impulsión:** cuenta con depósitos separados para agua limpia y para lodos extraídos. Esto obliga a recargar periódicamente el compartimento de agua limpia durante la jornada de trabajo.
- **Equipo combinado de aspiración–impulsión con recirculación:** es la tecnología más moderna y eficiente. El propio vehículo separa por filtración agua de los lodos extraídos y la reutiliza para las operaciones de limpieza a presión. De este modo, se reduce al mínimo el consumo de agua potable, se optimiza el tiempo de trabajo (menos recargas) y se mejora el rendimiento global de la operación.

En determinados casos, como la limpieza de grandes colectores, puede ser necesario combinar varios métodos o recurrir a soluciones específicas adaptadas a cada situación.

Otros procedimientos disponibles son la **extracción neumática**, la **limpieza manual mediante arrastre y extracción**, o la **descarga puntual de agua** para arrastrar sedimentos.

Asimismo, es recomendable disponer de vehículos de dimensiones reducidas, que ofrecen mayor maniobrabilidad y mejor rendimiento en áreas de difícil acceso. Estos equipos son especialmente útiles tanto para la limpieza de imbornales como para otras tareas de mantenimiento en entornos urbanos con problemas de accesibilidad, como calles estrechas, zonas peatonales, cascos históricos o áreas ajardinadas.

6.5.3.2.4 Mantenimiento de puntos críticos

Es necesario establecer una rutina de mantenimiento que incluya manuales de funcionamiento de los distintos elementos de la red. El programa debe priorizar el mantenimiento preventivo, con el fin de evitar averías en momentos críticos o durante episodios de lluvias intensas.

En cuanto al mantenimiento en situaciones de emergencia, resulta imprescindible elaborar un listado de los puntos críticos del sistema de saneamiento. Estos



elementos son aquellos que inciden directamente en el correcto funcionamiento del alcantarillado, ya que condicionan los volúmenes y las cargas contaminantes en los DSS. Es fundamental identificar y conocer las estructuras reguladoras, compuertas, estaciones de bombeo, aliviaderos y otros elementos singulares. Dicho listado debe ir acompañado de una ficha técnica para cada elemento, recogiendo sus características principales, y debe existir un protocolo de actuación específico para casos de emergencia.

Asimismo, es preciso definir calendarios y procedimientos de inspección de los puntos críticos, en línea con lo indicado en el apartado anterior relativo a la limpieza de la red. Es recomendable conservar un registro de inspecciones, incidencias y sustituciones de equipos o materiales, de forma que pueda actualizarse la operativa e introducir mejoras cuando sea necesario.

Por ejemplo, durante una inspección debe identificarse cuándo hay vertido, si existe una acumulación de sedimentos que deban retirarse para preparar la red antes de nuevas lluvias, y en periodos de sequía, controlar el funcionamiento de los equipos de bombeo y sistemas de monitorización. También deben vigilarse fenómenos como la sedimentación excesiva, infiltraciones o fugas, y el deterioro estructural de las conducciones que requiera reparación.

Mención especial merecen las rejillas y tamices que el RD 665/2023 obligará a instalar, que deberán mantenerse en un correcto estado de limpieza, tanto para evitar vertidos de sólidos gruesos y flotantes (que para eso se instalan), como para garantizar una correcta evacuación de caudales grandes, evitando o no

empeorando inundaciones debidas a la situación preexistente de insuficiencias hidráulicas de la red.

6.5.3.2.5 Recomendaciones

Para disponer de un conocimiento preciso de la red de alcantarillado y su estado es imprescindible contar con herramientas de gestión de la información, como bases de datos para registrar las operaciones de inspección y limpieza y, siempre que sea posible, sistemas GIS, que permiten integrar esos datos de manera gráfica y georreferenciada. Gracias a ello, es posible disponer de una visión completa del estado y comportamiento de la red, planificar actuaciones, asignar recursos, hacer seguimiento de la programación, o evaluar indicadores de nivel de servicio, entre otros aspectos.

La estrategia de limpieza y mantenimiento deberá definirse en función de las características específicas de cada ámbito de actuación. Algunos de los criterios a considerar en esta toma de decisiones son: la tipología, extensión y estado de la red, la existencia de datos históricos, la disponibilidad de medios de inspección y el presupuesto asignado a estas tareas. De manera general, la opción más recomendable consiste en sectorizar la red y establecer frecuencias de limpieza variables, ajustadas en base al diagnóstico del estado de la red y/o inspecciones visuales, utilizando indicadores de seguimiento para controlar todo el proceso.

En redes con poca información disponible, se aconseja inicialmente fijar una frecuencia de limpieza estándar. A medida que se adquiere conocimiento del funcionamiento y condiciones de la red, dicha frecuencia debe adaptarse progresivamente hasta evolucionar hacia una estrategia más avanzada y ajustada a las necesidades reales.

En la mayoría de los casos, las medidas preventivas no eliminan la necesidad de limpiar la red de alcantarillado, pero sí contribuyen a reducir dicha necesidad y a mejorar su estado general. Entre las **medidas preventivas más destacables** se incluyen:

- **Medidas de control de la sedimentación en origen:**

- Implantación de prácticas eficaces de control de erosión en obras, parques y jardines dentro de la cuenca de drenaje.
- Limpieza viaria intensiva (barrido, recogida y aspiración de residuos), evitando la entrada de polvo, arena, hojas u otros sólidos al alcantarillado.
- Coordinación adecuada entre los servicios de limpieza viaria y los de alcantarillado.
- Instalación de dispositivos de retención de sólidos, como:
 - Fosas de retención en cabecera.
 - Fosas de sedimentación en la propia red.
 - Areneros en parques, solares u obras.
 - Imbornales con arenero.
- **Medidas de planificación y diseño de la red de alcantarillado:**
 - Dimensionamiento de conducciones de forma que, a caudal medio, mantengan velocidades autolimpiantes.
 - Conexión al alcantarillado de imbornales situados en puntos de esorrentía frecuente, así como de fuentes, lavados de filtros, piscinas u otros aportes intermitentes, con el fin de garantizar un caudal mínimo que favorezca el autolavado, especialmente en periodos secos.
- **Medidas de explotación y mantenimiento:**
 - La propia limpieza periódica de la red constituye en sí una medida preventiva.
 - Control estricto de vertidos a la red, con especial atención a los ilegales procedentes de obras o efluentes industriales.
 - Aprovechamiento de la capacidad de decantación de los depósitos de retención de aguas pluviales para minimizar la resuspensión de sedimentos acumulados en la red al vaciar dichos depósitos, siempre evaluando la facilidad de extracción y el impacto a la ciudadanía.

Finalmente, es fundamental garantizar una gestión adecuada de los residuos extraídos en las labores de limpieza, cumpliendo siempre con la normativa vigente en materia de residuos.

6.5.3.3 *Medidas de operación*

Los sistemas de alcantarillado y saneamiento habitualmente han sido concebidos para una operación óptima bajo la situación de diseño, que se produce sólo en raras ocasiones. Además, las hipótesis de diseño no necesariamente reflejan la realidad, y los sistemas de



drenaje urbano o bien fallan más a menudo de lo previsto, o bien menos, aparentemente debido a los márgenes de seguridad implícitos en el diseño tradicional. En general, existe una gran diferencia entre las condiciones previstas y las que realmente ocurren, debido a que los fenómenos previstos están muy lejos de los reales o los mecanismos proyectados no son los que acaban operando, en muchos casos por las perturbaciones introducidas en su construcción, mantenimiento y limpieza. En consecuencia, a veces se critica que estas redes de alcantarillado inertes, son inflexibles y estáticas (como lo eran ya en la época de los romanos hace 2000 años), sin posibilidad de gestión de caudales circulantes y sin posibilidades de control de los vertidos al medio receptor o a las depuradoras, de una manera distinta a como fueron diseñadas.

Dicho esto, lo cierto es que la explotación y operación de los sistemas de alcantarillado y saneamiento ha experimentado en los últimos años una evolución significativa en algunas poblaciones españolas: de ser un conjunto de infraestructuras que funcionaban casi de forma natural y sin un control específico, han pasado a convertirse en sistemas de control en tiempo real cada vez más

sofisticados, apoyados en tecnologías de adquisición de datos, dispositivos reguladores (como estaciones de bombeo, compuertas o válvulas), sistemas de telecontrol y herramientas de modelización del comportamiento hidráulico y de la contaminación.

El sistema de saneamiento está compuesto por un amplio conjunto de elementos destinados a la captación, almacenamiento, transporte, tratamiento y vertido de las aguas residuales y pluviales. Todo este entramado debe ser capaz de responder a condiciones muy variadas: desde situaciones de tiempo seco, pasando por episodios de lluvia habituales que no generan incidencias, hasta lluvias intermedias que pueden ocasionar disfunciones y aportar contaminantes al medio receptor, o incluso episodios extremos poco frecuentes capaces de causar daños a las personas, sus bienes o a la propia infraestructura urbana.

Para garantizar una explotación integral, es necesario contar con instalaciones, componentes y equipamientos diversos: redes privadas domiciliarias, red pública de alcantarillado, interceptores de aguas residuales (saneamiento en alta), estaciones depuradoras (EDAR), elementos de captación, infiltración y regulación; además de instalaciones de control, sistemas de información y equipamientos auxiliares.

Aunque se trata de un sistema formado por elementos muy heterogéneos —en muchos casos diseñados y construidos por distintas instituciones— su operación eficaz y eficiente exige considerarlo como un conjunto único, gestionado de manera coordinada e integrada.

El programa de operación debe definir con claridad qué actuaciones corresponden a la red municipal de alcantarillado, cuáles a la EDAR y a sus interceptores de aguas residuales, y cómo se llevará a cabo la operación integrada. Por ejemplo, los tanques de tormenta no podrán vaciarse hacia la EDAR hasta que esta tenga capacidad para recibir el caudal; además, no siempre todo el volumen almacenado podrá enviarse a la depuradora, siendo necesario en algunos casos tratar y descargar el excedente directamente en el medio receptor desde el propio tanque.

En sistemas que afectan a zonas sensibles, como por ejemplo playas, será fundamental diseñar una estrategia adecuada de vaciado, teniendo en cuenta las posibles emisiones contaminantes negativas a las aguas de baño una vez finalizada la lluvia.



Figura 6.10: Centro de control en tiempo real del saneamiento de Alicante.

Fuente: AMAEM

6.5.3.4 Medidas de renovación

A efectos del cumplimiento del RD 665/2023, es fundamental contar con un programa de actuaciones de renovación en 3 años que priorice las actuaciones en los tramos de la red que se encuentren en estado muy grave, con riesgo de fallo inminente, según el diagnóstico del estado incluido en el PIGSS.

Como ya se ha comentado, una de las principales motivaciones de las actuaciones de renovación en la Directiva Europea 2024/3019 TARU es la resolución de la problemática de las infiltraciones.

La importancia de esta problemática de las infiltraciones se remarca en las Recomendaciones del MITECO: es de destacar que la problemática de las

infiltraciones de agua de mar, agua de ríos y aguas pluviales en las tuberías de saneamiento y alcantarillado (aguas parásitas) es, generalmente, proporcional a la cota de nivel freático o a la edad de la red del alcantarillado, siendo, un punto crítico de entrada, los pozos de registro.



Figura 6.11 Infiltración en un pozo de registro (aguas parásitas). Fuente: Hidrostantk

Tal como indican las Recomendaciones del MITECO, estas infiltraciones provocan:

-VDSS en tiempo seco

-Mayor frecuencia y volumen en los VDSS

-Que a la EDAR llegue una cantidad de agua residual por encima de su capacidad de tratamiento, ocasionando los siguientes problemas:

- Problemas en el funcionamiento

- El agua residual no está suficientemente contaminada o llega con unos valores elevados de conductividad (agua de mar), etc. por lo que el sistema de depuración no funciona en condiciones óptimas
- Aumento en los costes

Tal como apuntan las Recomendaciones del MITECO, esta problemática de infiltraciones conllevará sanciones por parte de los Organismos de cuenca, y unas posibles soluciones serían:

- Impermeabilización de pozos de registro
- Renovación de algunos tramos en mal estado
- Desconexión fluvial y de aguas blancas: evitando las aportaciones procedentes del regadío, riachuelos, etc.

6.5.3.5 Medidas de preparación ante un episodio de lluvias

Se pueden plantear diversas medidas para preparar mejor el sistema frente a episodios de lluvia, de manera que los DSS tengan un menor impacto sobre el medio receptor. En este sentido, pueden proponerse las siguientes actuaciones:

- **Limpieza viaria y de zonas verdes:** los residuos y materiales acumulados (hojas principalmente) en la vía pública pueden eliminarse mediante barrido mecánico o manual, o bien mediante baldeo de calles, preferentemente con agua regenerada o subterránea no potable, durante los períodos de tiempo seco. En áreas críticas, puede ser necesaria una limpieza más frecuente para reducir la presencia de sólidos flotantes en los DSS.
- **Refuerzo de la limpieza de los sistemas de saneamiento** tras periodos prolongados de sequía, con el fin de evitar la resuspensión de sedimentos durante las lluvias.
- **Vaciado de los sedimentos en los tanques de tormenta** antes de la llegada de precipitaciones que puedan provocar su resuspensión.
- **Limpieza específica de los tamices o rejas de los aliviaderos** antes de episodios de lluvia.

6.5.3.6 Sistema de monitorización de los vertidos por DSS

En lo que respecta al sistema de monitorización prescrito en el artículo 259 quinquies.3.c.2º del RD 665/2023, hasta ahora se ha ido implantando en muchos sistemas de saneamiento un control básico de los desbordamientos en episodios de lluvia, centrado principalmente en registrar el número y la duración de los eventos de vertido del sistema de saneamiento al medio receptor. Sin embargo, el RD 665/2023 pide dar un paso adelante importante, ya que hoy en día existe la conciencia de que, para gestionar correctamente los sistemas de saneamiento en tiempo de lluvia, resulta esencial una monitorización adecuada tanto de parámetros de cantidad como de calidad en los colectores y en sus desbordamientos.

Tal como remarcan las Recomendaciones del MITECO, los sistemas de monitorización en el saneamiento y su telecontrol son fundamentales para garantizar la eficiencia y seguridad en la gestión del agua y en el tratamiento de residuos, ya que permiten la supervisión en tiempo real del funcionamiento de las infraestructuras, la calidad del agua y la eficiencia operativa, lo que facilita la toma de decisiones y la prevención de problemas ambientales y de salud pública.

El RD 665/2023 introduce nuevos y más estrictos requisitos de monitorización de los desbordamientos, recogidos en el artículo que se acaba de mencionar y en el apartado 8 de la Norma Técnica Básica, cuyas principales novedades se centran en:

- Requisitos de control cuantitativo: ya no basta con registrar el número y la duración de los eventos, como se hacía hasta ahora; es obligatorio aportar también el volumen asociado a cada episodio de desbordamiento. Esto exigirá adaptar los equipos actuales o instalar nuevos sistemas de sensorización capaces de aportar datos de caudal desbordado, que posteriormente se transformen en volúmenes.
- Requisitos de control cualitativo: esta es la principal novedad del RD 665/2023, ya que será obligatoria la instalación de medidores en continuo o la recogida de muestras puntuales del vertido durante los episodios de lluvia. Como mínimo,

deberán aportarse datos de pH, conductividad y turbidez, pudiéndose estimar a partir de esta última los sólidos en suspensión.

Ambos controles, de cantidad y calidad, deberán implementarse en los elementos más representativos del sistema de saneamiento, pudiendo apoyarse en modelizaciones hidrológico-hidráulicas en el caso de optar por métodos indirectos de medida a presentar al Organismo de Cuenca.

Es importante remarcar que el apartado 10.2.2 de las Recomendaciones del MITECO especifica y detalla con profundidad cómo ha de ser el sistema de monitorización de los VDSS.

Además, junto con este sistema de monitorización, será necesario realizar un esfuerzo adicional en la recogida de datos fenomenológicos al inicio del PIGSS, con el fin de calibrar correctamente los modelos matemáticos. Este aspecto se desarrolla con detalle en el apartado 6.9.

Finalmente, es fundamental remarcar que el RD 665/2023, en su artículo 259 quinquies.3.d establece que las medidas de operación, inspección, mantenimiento, renovación de infraestructuras, preparación ante un episodio de lluvias y sistema de monitorización de los vertidos por DSS deberán implantarse durante los tres primeros años de vigencia del plan, lo cual añade una enorme presión a la puesta en marcha de las licitaciones correspondientes.

6.5.4 Medidas para optimizar el uso de las infraestructuras existentes, incluidas las redes de alcantarillado, los volúmenes almacenados y las depuradoras

El art.259 quinquies 3.c del RD 665/2023 plantea este tipo de medidas, ya que para proteger adecuadamente el medio receptor resulta imprescindible **sacar el máximo rendimiento al sistema de saneamiento**, de manera que durante los episodios de lluvia se pueda derivar la mayor cantidad posible de caudal hacia la depuradora y, con ello, reducir tanto la frecuencia como la intensidad de los desbordamientos en tiempo de lluvia (DSS).

Algunas líneas de actuación serían:



- **Revisar la capacidad de interceptores y estaciones de bombeo** que conducen el agua hasta la EDAR, asegurando que funcionan correctamente incluso a pleno rendimiento.
- **Estudiar los registros históricos** de funcionamiento en épocas de lluvia y en periodos

secos para detectar patrones y extraer conclusiones.

- **Comparar los caudales actuales con la capacidad de diseño** de las infraestructuras, evaluando cada elemento de forma individual y localizando puntos en los que pueda haber margen de capacidad sin aprovechar.
- **Valorar si las instalaciones existentes pueden asumir más caudal y carga en episodios de lluvia** sin sobrepasar los límites legales de vertido.
- **Identificar infraestructuras en desuso** que puedan habilitarse como tanques de tormenta.

En cualquier caso, la pieza clave será **implantar un sistema de control en tiempo real que integre toda la red de saneamiento**. Hoy en día lo habitual es que el alcantarillado y la EDAR se gestionen de forma separada y poco coordinada. Como en muchos casos únicamente se dispone de telecontrol en la depuradora, será necesario ampliar este sistema para cubrir también el alcantarillado, al menos en las aglomeraciones urbanas más relevantes.

Este control centralizado no solo optimizará la gestión actual, sino que también permitirá optimizar el sistema de saneamiento futuro, una vez ejecutadas todas las futuras ampliaciones y mejoras que se vayan incorporando al sistema.

6.5.5 Otras medidas adicionales, incluidas, si procede, la adaptación y mejora de las infraestructuras de recogida, almacenamiento y tratamiento de las aguas residuales urbanas existentes o la creación de nuevas infraestructuras priorizando los SUDS

Dentro de este bloque de actuaciones se incluyen muchas de las medidas descritas en el apartado 6.5.1 para todo el sistema de saneamiento integral, desde aguas arriba de la red hasta el medio receptor. A continuación, se destacarán las principales.

6.5.5.1 Adaptación y mejora de las infraestructuras de recogida, almacenamiento y tratamiento de las aguas residuales urbanas existentes

Será necesario valorar la viabilidad de ampliar en algunos casos los tratamientos primarios de las EDAR existentes, con el fin de poder tratar un mayor volumen de aguas pluviales al menos a nivel primario.

Conviene subrayar que aumentar el caudal derivado hacia la depuradora, mediante las actuaciones planteadas en los apartados 6.5.3 y 6.5.4, reduce notablemente los vertidos al medio receptor, lo cual cobra aún más relevancia en entornos especialmente sensibles. Para maximizar el volumen tratado en la EDAR durante episodios de lluvia es imprescindible analizar la capacidad de los interceptores y de la propia depuradora, comparando los caudales en tiempo seco con la capacidad máxima de diseño y determinando qué caudal adicional puede ser asumido. A partir de ahí, se valorará la necesidad de futuras ampliaciones. Entre las medidas habituales se encuentran el recrecimiento de los labios de los aliviaderos hacia el medio receptor o el aumento de la capacidad de las estaciones de bombeo en los interceptores de aguas residuales, intervenciones que con una inversión relativamente moderada permiten reducir de manera significativa los volúmenes vertidos sin tratamiento.

6.5.5.2 Creación de nuevas infraestructuras

En el apartado 6.5.1 se exponen un gran abanico de posibles nuevas infraestructuras que pueden plantearse en todo el ciclo del saneamiento integral

para conseguir los objetivos ambientales prescritos en el RD 665/2023 y en la Directiva Europa 2024/3019 TARU, entre los que destacan los SUDS que deben utilizarse con carácter prioritario, y los tanques de tormenta, que se detallarán en los dos apartados siguientes.

En el mencionado apartado se ha presentado la amplia variedad de actuaciones posibles, organizadas siguiendo un criterio práctico, desde aguas arriba de la red de saneamiento hasta el medio receptor, que serán responsabilidad de diferentes entidades. A continuación, se resumen los objetivos principales de cada una de ellas:

- **Medidas aguas arriba de la red:**
 - **Limpieza de espacios públicos:** contribuye a reducir la acumulación de residuos de gran tamaño y mejora la calidad visual del medio receptor.
 - **Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS),** como cubiertas vegetales, zanjas drenantes, cunetas verdes o pavimentos permeables: ayudan a disminuir los volúmenes de escorrentía y los caudales punta, además de retener ciertos contaminantes como sólidos en suspensión o metales pesados.
- **Medidas en la entrada a la red:**
 - **Imbornales:** contribuyen a prevenir inundaciones localizadas y, en función de su diseño, también ayudan a minimizar problemas de olores.
 - **Arquetas o fosas decantadoras de arenas:** permiten retener materiales gruesos y sedimentos.
 - **Depósitos de retención a cielo abierto:** ayudan a disminuir el riesgo de inundaciones y favorecen la retención de sólidos en suspensión.
- **Medidas dentro de la red de saneamiento:**
 - **Colectores:** contribuyen a reducir o eliminar inundaciones y a evitar vertidos de aguas residuales al medio receptor.
 - **Depósitos de retención:** permiten minimizar inundaciones y disminuir la carga de sólidos en suspensión.

- **Decantadores compactos en línea:** ayudan a reducir sólidos en suspensión en el flujo.
- **Separadores de hidrocarburos:** disminuyen la presencia de hidrocarburos mediante procesos de coalescencia.
- **Limpieza de alcantarillado:** evita la acumulación de sedimentos en la red, los cuales, en caso contrario, acabarían arrastrados al medio receptor durante los episodios de desbordamiento.
- **Medidas en la estación depuradora:** modificaciones en la operación, como desvíos temporales, cambios en el circuito de fangos, o el pretratamiento de aguas pluviales, entre otras medidas, con el objetivo de optimizar el tratamiento del caudal de aguas residuales y pluviales que llega a la EDAR.

6.5.5.3 *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)*

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) se definen, según el Anexo I de la Orden Ministerial AAA/2056/2014, de 27 de octubre como “elementos superficiales, permeables, preferiblemente vegetados, integrantes de la estructura urbana -hidrológica-paisajística y previas al sistema de saneamiento. Están destinados a filtrar, retener, transportar, acumular, reutilizar e infiltrar al terreno el agua de lluvia, de forma que no degraden e incluso restauren la calidad del agua que gestionan”.

Son sistemas que son capaces tanto de reducir los caudales y volúmenes de aguas pluviales que circulan por la red de alcantarillado, como de reducir los contaminantes arrastrados por dichas aguas pluviales, disminuyendo las necesidades de tratamiento en la EDAR y el impacto contaminante que producen en el medio receptor a través de los DSS.

En las Recomendaciones del MITECO están ampliamente explicados e ilustrados con diversos ejemplos de implantación en España.

Existen diversas propuestas de clasificaciones de las principales tipologías de SUDS. A continuación, se incluye una basada en la utilizada por la Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de Valencia.















Tipología SUDS		Función principal				
		 Filtración	 Detención	 Tratamiento	 Retención	 Infiltración
	Cubiertas vegetadas		S		P	
	Parterres inundables			P		S
	Balsas de detención e infiltración		P			S
	Cunetas vegetadas			P		S
	Alcorques estructurales		S			P
	Pavimentos permeables	P				S
	Drenes filtrantes	P	S			
	Pozos y zanjas de infiltración	S				P
	Humedales artificiales y estanques		S	P		

Figura 6.12 Tipología de SUDS y sus funciones principales(P) y secundarias (S). Fuente: Adaptación de la Guía básica para el Diseño de SUDS en la Ciudad de València (de la Fuente et al, 2021).

Tal como recogen las Recomendaciones del MITECO estos sistemas deben ubicarse preferentemente aguas arriba de la red de alcantarillado, priorizándolas sobre las demás medidas tal como establecen expresamente guías como las de la ACA. En cualquier caso, en espacios urbanos consolidados también pueden instalarse SUDS, buscando integrar la gestión de la escorrentía en el paisaje urbano y creando espacios multifuncionales que aporten diversidad de beneficios ecosistémicos. En nuevos desarrollos será más sencillo considerar el empleo de SUDS en todo el recorrido del sistema separativo de pluviales, desde el origen hasta el punto previo de vertido al medio receptor, para maximizar el control tanto de la cantidad como de la calidad de las escorrentías.

Es importante remarcar que los SUDS necesitan mantenimiento y, en general, requiere involucrar a los departamentos encargados del mantenimiento de la red de alcantarillado, los parques y zonas verdes y los pavimentos en el espacio público.

A continuación, se describirán con más detalle las principales tipologías de SUDS de la figura anterior según las Recomendaciones del MITECO y la Guía de SUDS de Valencia.

- **Cubiertas vegetadas (o cubiertas verdes o techos verdes):** áreas vegetadas sobre los techos de edificios, que retienen el agua de lluvia, reduciendo la escorrentía y reduciendo su caudal pico que aportan a la red. Deben ser cuidadosamente diseñados para asegurar la impermeabilización de los techos y la resistencia estructural adecuada. Debido a las necesidades de mantenimiento, son más recomendables para edificios institucionales o comerciales.



Figura 6.13 Cubierta vegetada en Benaguasil (Valencia). Fuente: Green Blue Management (Grupo TYPESA).

- **Parterres inundables:** son pequeñas depresiones ajardinadas con vegetación, diseñadas para recoger y almacenar el agua de lluvia, favoreciendo su infiltración en el terreno o, en su caso, su vertido controlado al alcantarillado, ofreciendo una gran flexibilidad de diseño, ya que pueden adoptar distintas formas y dimensiones, lo que facilita su integración en el entorno urbano. Los parterres inundables pueden clasificarse según la contaminación de las escorrentías que gestionan y el espesor de su medio filtrante en:

- **Jardines de lluvia:** son los parterres inundables que gestionan escorrentías poco contaminadas, procedentes de cubiertas o zonas peatonales y presentando un medio filtrante con poco espesor (entre 30 y 50 cm).
- **Áreas de biorretención:** son los parterres inundables que reciben escorrentías contaminadas, que proceden de zonas con tráfico rodado, que requieren un nivel alto de tratamiento y para ello presentan un medio filtrante con mayor espesor (entre 80 cm y 1 m).



Figura 6.14 Jardines de lluvia Cristòfol de Moura (Barcelona). Fuente: Roberto Soto-Instituto Municipal de Urbanismo, Ayuntamiento de Barcelona



Figura 6.15 Área de biorretención en la calle de Agustín de Foxá (Madrid).
Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

- **Balsas de detención e infiltración:** son depresiones que durante un evento de lluvia almacenan temporalmente escorrentía evacuándola de forma controlada por un desagüe y/o a través de la infiltración. Además, la detención de las escorrentías facilita la deposición de los sedimentos arrastrados.
Debe asegurarse que la balsa tenga capacidad de evacuación para ser vaciada en 48 horas para que pueda gestionar un segundo evento.
Son áreas que se mantienen secas durante gran parte del año, ya que no tienen aguas permanentes, lo que posibilita que puedan albergar usos alternativos durante los periodos secos.

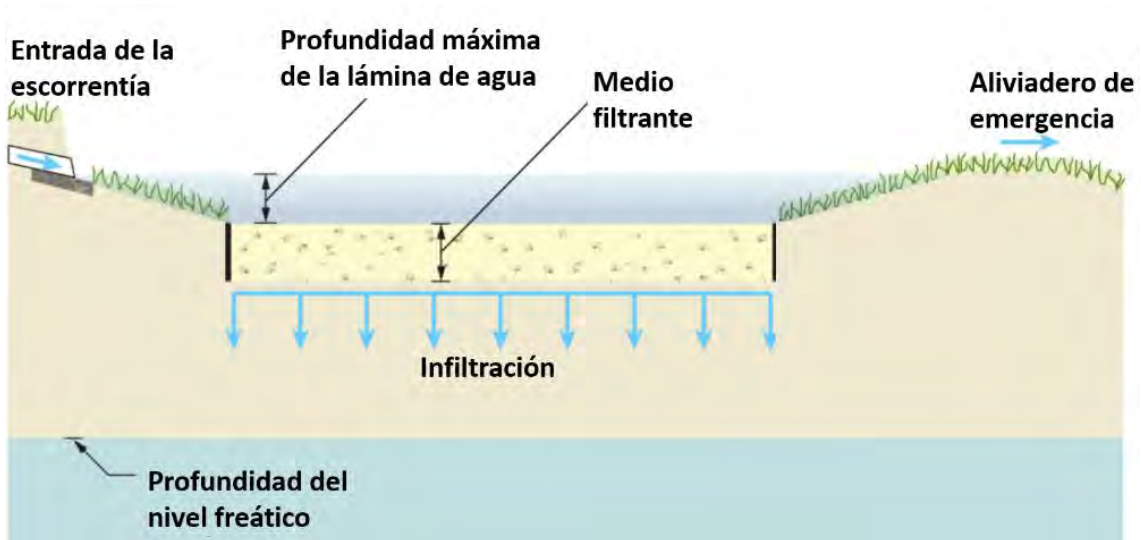


Figura 6.16 Esquema de una balsa de detención e infiltración. Adaptado de New Jersey Department of Environmental Protection Division of Watershed Management. Fuente: Guía básica para el Diseño de SUDS en la Ciudad de València (de la Fuente et al, 2021)

- **Cunetas vegetadas:** son canales anchos y poco profundos, normalmente cubiertos de vegetación, que recogen el agua de escorrentía superficial y favorecen procesos como la sedimentación, la filtración y la infiltración en el terreno. Además, permiten transportar el agua excedente que no son capaces de tratar por sí solas hacia otros dispositivos de gestión (como pozos o depósitos de infiltración, estanques, etc.) o bien hacia la red de drenaje convencional mediante aliviaderos o imbornales.

Estas cunetas pueden integrarse con zanjas de infiltración, creando sistemas combinados con mayor capacidad de gestión del agua de lluvia, al unir funciones de detención, filtración e infiltración.



Figura 6.17 Cuneta vegetada en el nuevo Parque Ferial de Fuenlabrada (Madrid). Fuente: Green Blue Management (Grupo TYPESA)

- **Alcorques estructurales:** son dispositivos que aumentan el espacio de desarrollo de las raíces más allá del propio alcorque donde se planta el árbol. Están compuestos por sustrato y gravas o celdas estructurales, conformando un suelo estructural que por su capacidad portante permite el tránsito sobre él. Actúan como zona de almacenamiento temporal del agua de lluvia, facilitando su infiltración al terreno.

Para mejorar su eficacia, se recomienda interconectarlos entre sí, ya sea en superficie mediante pavimentos permeables o pavimentos ranurados o en el subsuelo a través de zanjas drenantes o tubos de conexión.



Figura 6.18 Alcorques estructurales en el barrio de Can Cortada (Barcelona).
Fuente: Roberto Soto-Instituto Municipal de Urbanismo, Ayuntamiento de Barcelona

- **Pavimentos permeables:** son superficies transitables que permiten que el agua de lluvia atraviese su estructura, se almacene temporalmente en la subbase y después se infiltre en el terreno o se evacúe mediante tubos o sistemas de drenaje.

Existen tres grandes tipologías:

- Pavimentos permeables discontinuos: la permeabilidad se logra gracias a juntas abiertas entre losas o adoquines, que permiten el paso del agua.
- Pavimentos permeables continuos: facilitan la filtración a través de su propia porosidad, como ocurre con el hormigón poroso, pavimentos de caucho o mezclas bituminosas drenantes.
- Pavimentos disgregados o vegetados: la permeabilidad se consigue por la naturaleza del propio material, como en superficies de grava o suelos cubiertos de vegetación.



Figura 6.19 Pavimento permeable discontinuo en el Parc d' Esplai de Bétera (Valencia). Fuente: Green Blue Management (Grupo TYPESA)

Cabe mencionar que, como en otros tipos de SUDS, los pavimentos permeables pueden complementarse con depósitos reticulares para aumentar la capacidad de almacenamiento subsuperficial de las aguas de lluvia.

Los depósitos reticulares son estructuras subterráneas modulares, que contienen un alto índice de huecos y tienen una buena capacidad portante. Permiten el almacenamiento de la escorrentía previamente tratada, para su posterior laminación, aprovechamiento o infiltración. Hay que remarcar que no proporcionan tratamiento a las escorrentías por sí mismos, por lo que suelen complementar a otros SUDS, o en su caso ir acompañados de elementos auxiliares de tratamiento y regulación.

La entrada de la escorrentía se produce por filtración desde la superficie o mediante una tubería tras haber realizado un tratamiento previo. Es recomendable incluir un segundo tubo que actúe como elemento de rebose.

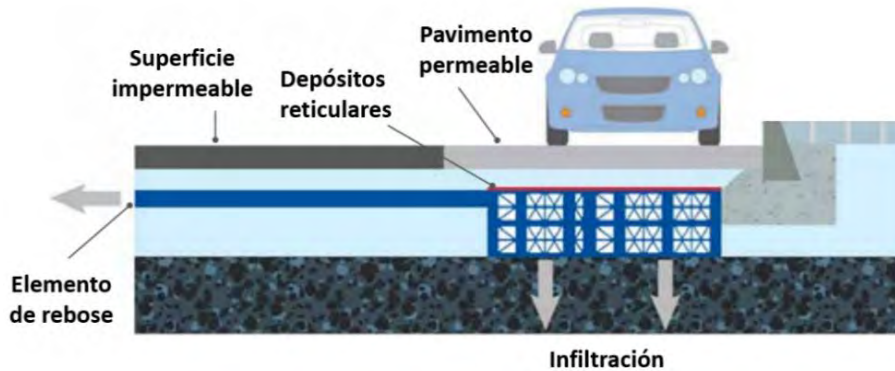


Figura 6.20 Esquema de un depósito reticular bajo un aparcamiento permeable (Adaptado de Polypipe). Fuente: Guía básica para el Diseño de SUDS en la Ciudad de València (de la Fuente et al, 2021).

- **Drenes filtrantes:** se trata de zanjas de poca profundidad rellenas de un material filtrante con un dren perforado (u otro tipo de conducto) en la capa inferior. La escorrentía acostumbra a llegar a la zanja por los laterales, filtrándose y almacenándose en ella temporalmente, de manera que produce una laminación de los caudales pico. Se suele emplear como material de relleno gravas o cajas reticulares de polipropileno. Adicionalmente se recomienda instalar un geotextil superficial independiente a poca profundidad, con la misión de retener los sedimentos y facilitar su mantenimiento.

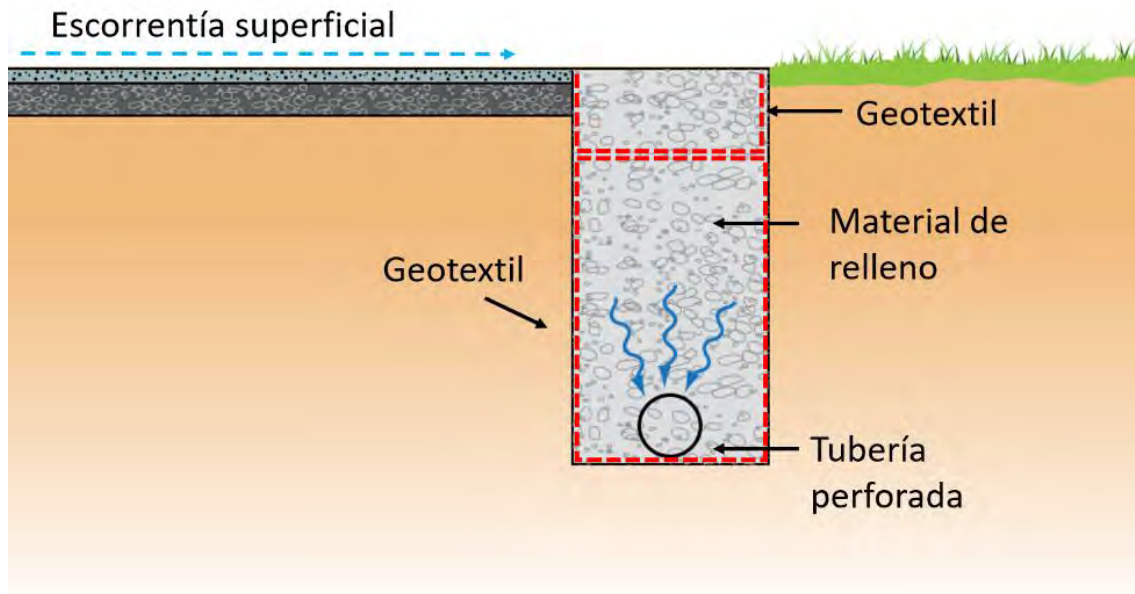


Figura 6.21 Esquema de un dren filtrante, adaptado de NHBC Foundation (2010). Fuente: Guía básica para el Diseño de SUDS en la Ciudad de València (de la Fuente et al, 2021).

- **Pozos y zanjas de infiltración:** son excavaciones en el terreno rellenas de materiales con un alto porcentaje de huecos, bien sean granulares o sintéticos. Este volumen subsuperficial sirve de almacenamiento temporal previo a la infiltración de la escorrentía. Según su forma se pueden clasificar en:
 - Zanjas de infiltración: son obras de infiltración longitudinales, con bajas profundidades, recomendables entre 1 y 3 m. Pueden recubrirse de vegetación o gravas.
 - Pozos de infiltración: son perforaciones puntuales verticales de mayor profundidad, donde se filtra el agua proveniente de la superficie. Pueden revertirse con anillos de hormigón o ir sin revestir.



Figura 6.22 Zanja de infiltración en Alcalá de Guadaira (Sevilla). Fuente: EMASESA

- **Humedales artificiales y estanques:** consisten en lagunas artificiales que, a través de fitorremediación mediante plantas hidrófilas, permiten la mejora de la calidad de las aguas. Tienen una lámina de agua permanente, que varía al recibir aportaciones de zonas impermeables, consiguiendo un volumen de laminación. También cuentan con estructuras de rebose que permiten la evacuación controlada de las aguas si se excede su nivel de servicio. Hay que remarcar que generalmente, son medidas que permiten la gestión de grandes volúmenes de escorrentía, que pueden proceder de distintos puntos de la cuenca. Los humedales son más superficiales y se usan generalmente para la mejora de la calidad de las aguas de escorrentía. Por contra, los estanques presentan profundidades mayores y se suelen utilizar para controlar grandes volúmenes de escorrentía.



Figura 6.23 Estanque de retención en Parque del Anillo de los Juegos Mediterráneos de Tarragona. Fuente: Green Blue Management S.L. (Grupo TYPESA).

6.5.5.4 Tanques de tormenta

Una infraestructura clave para reducir el impacto al medio receptor son los tanques de tormenta que en general permiten un almacenamiento y laminación de las aguas residuales y pluviales, logrando enviar más aguas pluviales a la EDAR para su tratamiento y reduciendo por tanto el impacto contaminante de los DSS. Ahora bien, a veces no será viable almacenar y enviar el agua a la EDAR en un tiempo razonable y por ello se puede plantear en ocasiones hacer trabajar el tanque de tormenta como un decantador primario, no enviando el agua a la EDAR, lo cual obliga a recoger los residuos en el propio tanque.

En el caso de que se decida hacer trabajar el tanque como un decantador primario, el tratamiento primario necesario para los desbordamientos de las redes unitarias en episodios de lluvia, se llevará a cabo de acuerdo al Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. Según el art.2.g el tratamiento primario consiste en el tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o fisicoquímico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión u otros procesos en los que la DBO5 de las aguas residuales que entre, se reduzca, por lo menos, en un 20 % antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos en un 50 %.

En este sentido, un tanque de tormentas puede considerarse como tratamiento primario siempre que cumpla adecuadamente su función de decantación y tamizado de los excedentes. En cada proyecto será necesario definir el umbral a partir del cual los caudales que se desborden puedan considerarse tratados mediante decantación. De este modo, si el dimensionamiento del tanque responde a criterios de decantación primaria, el agua aliviada puede considerarse agua tratada.

Se recomienda instalar los aliviaderos de los tanques de tormenta al final del proceso de decantación y además es fundamental que dispongan de sistemas de limpieza automática (volcadores, vacío, clapetas, eyectores giratorios, etc.)



Figura 6.24.- Tanque de tormentas de Taulat. Fuente: BCASA- Ayuntamiento de Barcelona



Figura 1.25.-Tanque de tormentas de Pozuelo. Fuente: Canal de Isabel II SA,MP.

6.5.5.5 Elementos de retención de sólidos gruesos y flotantes

La NTB que se desarrolla en el anejo XI del RD 665/2023 establece en su apartado 7.1.d): “De forma generalizada se instalarán sistemas de retención de residuos sólidos gruesos y flotantes en el sistema de saneamiento para reducir la degradación visual o superficial en el DPH/DPMT. Se implantarán en el labio del aliviadero tamicés/rejas con un ranurado/luz libre no superior a 10 mm”.

Existen distintos tipos de sistemas de retención de residuos sólidos gruesos y flotantes. Entre otros, cabe destacar las rejas y tamices - que a su vez pueden dividirse en estáticas y autolimpiables - las pantallas deflectoras y los sistemas de contención. A continuación, se incluye el desarrollo de los diferentes sistemas según (Llopart, Cabot, Ruiz, 2013).

Rejas y tamices estáticos

Los sistemas más simples, pero también de eficacia más limitada, son las rejas y tamices estáticos (ver Figura 6.26). Debe tenerse en cuenta que el mantenimiento de estos sistemas requiere un esfuerzo elevado (después de cada lluvia) e igualmente se corre el riesgo de colmatación durante el propio episodio de lluvia. Por ende, el dimensionamiento de las rejas debe comprobar que el flujo no se obstruirá por los sólidos atrapados, evitar influir sobre la carga hidráulica del flujo y permitir el correcto funcionamiento de los sistemas de drenaje en general.



Reja/tamiz	Descripción	Imagen
<p>Reja estática</p>	<p>Compuesta por barras horizontales, verticales o por ambos tipos, instalados de manera perpendicular al flujo o en ángulo con este.</p>	 <p>Reja estática de gruesos clásica, compuesta por barras horizontales y verticales</p>
<p>Tamiz estático</p>	<p>Compuesto por una malla de diámetro variable instalado en ángulo con el flujo.</p>	 <p>Tamiz estático</p>

Figura 6.26: Rejas y tamices estáticos. Fuente: Llopart, Cabot, Ruiz, 2013

Tamices autolimpiables

Los tamices autolimpiables ofrecen una mayor eficacia en la retención de sólidos frente a las rejillas estáticas, ya que generalmente cuentan con mallas de menor luz, lo que les permite capturar partículas más pequeñas (incluso sedimentos). Además, su sistema de limpieza automática reduce la posibilidad de obstrucciones y, en consecuencia, disminuye las tareas de mantenimiento. Como aspecto a considerar, la mayoría de estos equipos requiere un consumo de energía, aunque existen excepciones.

El principio de funcionamiento de los tamices autolimpiables consiste en dejar pasar el caudal de agua mientras bloquean los sólidos flotantes y de mayor tamaño, dirigiendo estos residuos hacia el colector y posteriormente a la EDAR. De este modo, los desechos no quedan retenidos en el propio tamiz, lo que centraliza su gestión en la entrada de la planta de tratamiento y evita procesos descentralizados. No obstante, algunos modelos incorporan mecanismos para retener sólidos en las rejillas, similar a las rejillas estáticas, lo que implicaría gestionar los residuos en el mismo punto de instalación, aunque esto no es lo más común.

Dada la gran variedad de diseños de tamices autolimpiables, no es posible establecer criterios de dimensionamiento universales. Aun así, se recomienda instalarlos en pequeños tanques de tormenta o cámaras de retención, lo que aumenta su rendimiento respecto a la instalación directa en el colector. Si esta opción no fuera viable, resulta aconsejable ubicarlos de forma lateral al flujo (aliviadero lateral) para facilitar el arrastre de residuos y prevenir su acumulación en el equipo.

La Figura 6.27 muestra ejemplos de tamices autolimpiables que destacan por su eficiencia y amplia implantación en países con experiencia en sistemas de retención de residuos sólidos gruesos y flotantes descentralizados.


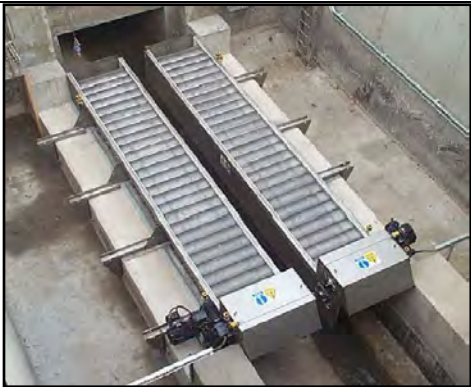
Tamiz	Descripción	Imagen
<p>Tamiz rotatorio tipo tornillo sinfín</p>	<p>Es un sistema tamiz con un tornillo transportador y una malla de finos (con una luz de malla de 6mm de diámetro) y autolimpiable a través de un cepillo rotatorio montado en la hélice del tornillo sinfín.</p>	 <p>Tamiz rotatorio</p>
<p>Tamiz de barras</p>	<p>Se trata de un sistema tamiz de barras calibradas pretensadas horizontales, con una distancia normalizada entre los barros es de 4 mm, y autolimpiables a través de un peine motorizado.</p>	 <p>Tamiz de barras</p>
<p>Tamiz de cinta</p>	<p>Se trata de un tamiz de doble banda caracterizado por una cinta con paneles superpuestos con una malla de 6 mm de diámetro. Un cepillo rotatorio se mueve en sentido contrario a la cinta.</p>	 <p>Tamiz de cinta</p>

Figura 6.27 Tamices autolimpiables. Fuente: Llopart, Cabot, Ruiz, 2013

Otros sistemas de retención de sólidos

Además de rejas estáticas y tamices autolimpiables existen otros sistemas de retención de sólidos gruesos y flotantes que para casos particulares pueden ser de utilidad. En la Figura 6.28 se mencionan algunos de ellos.




Sistema de control de sólidos	Descripción	Imagen
Pantallas deflectoras	La particularidad de este sistema es que el deflector es flotante, por lo que es capaz de ajustarse al nivel del agua y retener sólidos flotantes como espumas procedentes de vertidos indebidos de jabones y grasas e incluso de aceites e hidrocarburos.	 <p data-bbox="866 611 1086 640">Pantalla deflectora</p>
Bolsa de malla	Se trata de un sistema de bolsa mallada modular que se instala en los puntos de descarga de los colectores, dejando paso al flujo del agua y reteniendo los sólidos gruesos y flotantes.	 <p data-bbox="866 992 1054 1021">Bolsas de malla</p>
Barrera de contención	Este sistema se instala habitualmente en el medio receptor, después de la salida de los puntos de descarga de los colectores. Se trata de una barrera de retención de flotantes, quedando éstos acumulados, por lo que deben ser retirados periódicamente.	 <p data-bbox="866 1373 1129 1402">Barrera de contención</p>

Figura 6.28. Otros sistemas de control de sólidos. Fuente: Llopart, Cabot, Ruiz, 2013

Dados los problemas de colmatación de las rejas estáticas, muchas veces se utiliza un conjunto de reja abatible con pantalla deflectora, de manera que la reja permanecerá estática para retener los contaminantes arrastrados por el agua de alivio hasta un determinado grado de colmatación y caudal mínimo, a partir del cual comenzará a abatir ligeramente hasta abatir por completo si se colmata del todo, teniendo que aliviar el caudal máximo de diseño para el aliviadero en cuestión. La reja es abatible para que la estructura de alivio cumpla con su misión

de aliviar, pero reteniendo la primera contaminación limpiada por la lluvia. La pantalla deflectora retiene los flotantes en todo momento.

6.6 Metodología para el cálculo de actuaciones en tiempo seco

En este apartado y en los dos siguientes se desarrollará la metodología para calcular los 3 escenarios apuntados en el apartado 6.1: tiempo seco, tiempo de lluvia intensa donde se comprobará que una vez instaladas las medidas para la reducción del impacto de los DSS, el sistema no incremente inundaciones, y tiempo de lluvia ordinaria, donde el sistema ha de reducir el impacto contaminante que provocan los DSS en el medio receptor. Existe un gran consenso técnico en la metodología para abordar los 3 escenarios, destacando por su nivel de detalle la Guía de la ACA, de donde se han extraído principalmente las metodologías de los 3 escenarios, complementada con lo recomendado por las Recomendaciones del MITECO en el caso del escenario en tiempo de lluvias ordinarias.

6.6.1 Definición del objetivo

El objetivo de esta tarea es verificar que en condiciones normales de funcionamiento del sistema de saneamiento (en tiempo seco, es decir, cuando no llueve), dicho sistema sea capaz de tratar en la EDAR todas las aguas residuales generadas en la actualidad y en el futuro con el crecimiento previsto según los planes urbanísticos. En caso de que se compruebe que no resulta viable, será necesario definir las actuaciones precisas para garantizar su cumplimiento.

6.6.2 Creación del modelo

Para el cálculo de actuaciones en tiempo seco es suficiente con elaborar un modelo hidráulico, sin necesidad de modelizar la calidad de las aguas residuales.

Además de los datos del levantamiento de la red mencionados anteriormente, la información básica necesaria para la creación del modelo de aguas residuales es la siguiente:

- **Zonificación según tipologías:** clasificación de las áreas en función de las características de sus aguas residuales. Habitualmente se distinguen zonas

residenciales densas, residenciales de baja densidad, industriales y rurales o forestales.

- **Población (usuarios) o densidad por zona:** es fundamental tener en cuenta que en los municipios de carácter turístico la población puede variar de forma considerable entre verano e invierno, y esta variación debe reflejarse en el modelo, simulando, por ejemplo, el escenario más desfavorable para la diagnosis y la prognosis.
- **Dotación: caudal medio de agua por habitante.** Normalmente, se calcula a partir de los datos de consumo facilitados por la compañía suministradora del agua potable. El volumen de agua residual equivale al volumen registrado menos las pérdidas por riego, consumo humano, etc. La dotación varía de forma significativa entre municipios y también según las distintas zonas previamente definidas. En algunos casos puede estimarse a partir de los datos de entrada a la EDAR.
- **Datos de consumos medidos en grandes comercios e industrias.**
- **Curvas de distribución del consumo diario, semanal y anual:** es necesario analizar los registros de consumo y de tratamiento de agua en estas escalas para identificar las variaciones que se producen y tenerlas en cuenta en el modelo.
- **Datos de estaciones de bombeo:** en los sistemas que cuentan con estaciones de bombeo (especialmente cuando están ubicadas en interceptores), los datos de operación de estos equipos resultan esenciales para una modelización precisa en tiempo seco.
- **Ratios de infiltración-exfiltración,** considerando que pueden variar de manera significativa según la época del año.

Tal y como se ha señalado, antes de proceder a la calibración y validación del modelo, es necesario realizar algunas pruebas sencillas para verificar su estabilidad. En el caso de un modelo en tiempo seco, la prueba consistiría en simular un día completo y comprobar que el balance de volúmenes no presenta variaciones superiores al 10 %, y que los gráficos de niveles y caudales en los distintos nodos del modelo no muestran oscilaciones.

6.6.3 Calibración y validación



La calibración del modelo en tiempo seco consiste en ajustar los volúmenes y caudales diarios con respecto a los obtenidos en la modelización.

En estas condiciones se dispone de numerosos datos de caudales en la EDAR, que pueden emplearse para el proceso de calibración. En primer lugar, se ajustan las dotaciones hasta que el volumen diario de agua se aproxime al valor real y posteriormente se modifica el perfil diario de caudales hasta que los caudales máximos coincidan con los observados.

Como se mencionaba en el apartado anterior, los datos de funcionamiento habitual de las estaciones de bombeo resultan fundamentales para lograr un ajuste adecuado. Otros factores que pueden dificultar las tareas de calibración y validación son la infiltración y la exfiltración de aguas. La identificación de estos problemas puede realizarse mediante el análisis de cambios en los patrones de las series temporales de datos, cuando dichas variaciones no se justifican por incrementos o descensos de población, apoyándose además en inspecciones de las redes.

De forma general, los criterios para considerar que un modelo es conforme en tiempo seco serían:

1. Comprobar que la diferencia entre los tiempos de aparición de picos y valles modelizados y medidos no supere una hora.
2. Verificar que los caudales máximos se encuentren dentro de un margen de $\pm 10\%$.

3. Comprobar que el volumen total se mantenga dentro de un margen de $\pm 10\%$.

6.6.4 Optimización

La explotación del modelo para el cálculo de actuaciones en tiempo seco no requiere la simulación de largas series temporales. Habitualmente resulta suficiente una simulación de unas 36 horas, de modo que, salvo en el caso de redes muy extensas y complejas, no suelen ser necesarios tiempos de cálculo prolongados. Por ello, en general no se recomendaría optimizar el modelo para esta tarea.

En cualquier caso, si se considerara de interés llevar a cabo dicha optimización, debería mantenerse la precisión del modelo en la zona del interceptor de aguas residuales y de los aliviaderos, mientras que en la zona aguas arriba podría simplificarse mediante la agrupación de cuencas y la reducción de tramos y pozos. Una vez optimizado, será necesario comparar los resultados con los del modelo original a fin de garantizar que no se produce pérdida de calidad en los resultados obtenidos.

6.6.5 Diagnósis

La diagnóstico consiste en analizar el funcionamiento actual del sistema de saneamiento en tiempo seco. Para ello es necesario definir las peores condiciones de operación del sistema, es decir, identificar la época del año en la que los caudales son más elevados, y comprobar que, bajo dichas condiciones, el sistema de saneamiento es capaz de tratar el 100 % de las aguas residuales generadas, evitando cualquier vertido al medio receptor.

En la práctica, los operadores de las EDARs suelen conocer por experiencia si disponen de capacidad de tratamiento suficiente, por lo que esta fase acostumbra a ser una verificación de lo que ya se sabe.

6.6.6 Cálculo de actuaciones (prognosis)

En el caso de que el diagnóstico determine que el sistema actual no dispone de capacidad suficiente para tratar el 100 % de las aguas residuales, el primer paso en esta fase será planificar las actuaciones necesarias para garantizar dicho tratamiento. Estas medidas tendrán carácter prioritario frente a cualquier otra prevista en el PIGSS.

Posteriormente, se modificará el modelo de diagnosis para crear el modelo de prognosis, incorporando las condiciones futuras del saneamiento. Esto incluye los cambios de población y el crecimiento urbanístico previsto, así como las mejoras de saneamiento planificadas por el Organismo de Cuenca o contempladas por el gestor de la EDAR.

El horizonte de futuro a considerar será el definido en el Plan de Ordenación Urbanística Municipal (POUM) de los municipios afectados, que habitualmente se sitúa entre 20 y 30 años. Los crecimientos urbanísticos y demográficos serán los recogidos en dicho plan. En caso de no existir POUM, se tomará un horizonte de 25 años, estimando los crecimientos con el mejor criterio técnico disponible.

Con estas condiciones se verificará si el sistema de saneamiento actual, junto con las mejoras previstas por el Organismo de Cuenca y por el gestor de la EDAR, dispone de capacidad suficiente para tratar las aguas residuales que se generarán en los próximos años. Si no fuera así, se planificarán las actuaciones necesarias para garantizarlo.

Las medidas más habituales para aumentar la capacidad de depuración en tiempo seco pueden ir desde actuaciones de menor envergadura, como el ajuste de cotas de aliviaderos o el aumento de la capacidad de estaciones de bombeo, hasta intervenciones más complejas y costosas, como la ampliación de interceptores de aguas residuales o de EDAR.

6.7 Metodología para comprobar las inundaciones derivadas de la implementación de las medidas para la reducción de la contaminación por los DSS

6.7.1 Introducción

El enorme esfuerzo que deberá hacerse en España con la instalación de rejillas y tamices en los puntos de desbordamiento al medio receptor, requerirá para su diseño, tal como indican las Recomendaciones para la elaboración de PIGSS del MITECO y se explica más adelante en el apartado 6.8.2.5 : por un lado, calcular la lluvia de diseño de 0,5 años de periodo de retorno como una de las 3 alternativas para establecer el caudal de diseño del tamiz; y por otro lado, en cualquier caso, será imprescindible que la obra civil y los sistemas de seguridad instalados permitan evacuar en lámina libre el caudal de diseño antiinundaciones del colector (habitualmente en España entre $T=10$ y $T=25$ años), en el supuesto de colmatación total del tamiz. Todo ello obliga a estudiar las inundaciones, sobre todo en su interacción con el desbordamiento final al medio receptor.

6.7.2 Definición del objetivo

No es posible diseñar una red de saneamiento que elimine por completo el riesgo de inundaciones; por ello, es necesario definir un criterio de seguridad que asegure que, mientras no se cumpla, no se producirán inundaciones. La manera más común de establecer este criterio es seleccionando una lluvia con un determinado período de retorno (T).

Se dice que una lluvia tiene un período de retorno de T años cuando, de media, se registra un episodio de lluvia igual o superior a esa magnitud una vez cada T años.

Actualmente, no existe una normativa estatal que indique el período de retorno que debe emplearse en el diseño de redes de alcantarillado y saneamiento en alta, por lo que corresponde a cada municipio decidir cuál es el nivel de protección deseado.

Al elegir el período de retorno conviene considerar varios aspectos:

- **Uniformidad en la protección de la red:** es recomendable que todo el sistema esté diseñado con un mismo período de retorno. Si se aplicaran criterios distintos

según la zona de la ciudad, algunas áreas podrían inundarse con más frecuencia, lo que generaría la percepción de un trato desigual entre barrios.

- **Coste económico:** desde un punto de vista de seguridad, cuanto mayor sea el período de retorno, mejor será la protección. Sin embargo, períodos más largos implican un aumento significativo de los costes de construcción. Por eso, al decidir el T, es importante comparar los gastos que supondrían las inundaciones una vez cada T años con los costes asociados a ampliar la capacidad de la red.

En definitiva, la elección del período de retorno debería basarse en un análisis económico que valore los posibles daños frente a la inversión necesaria para evitarlos. Dado que este tipo de análisis es complejo, en la práctica se utiliza un valor de referencia de 10 años, aunque en algunas ciudades se emplean valores superiores o ligeramente inferiores (entre 5 y 10 años).

Por lo tanto, y siguiendo las recomendaciones expuestas, la Administración actuante deberá acordar de manera consensuada con los municipios el período de retorno que se adoptará para la protección frente a inundaciones.

En el caso de ríos o barrancos que atraviesen el municipio y que estén canalizados, es recomendable considerar en ellos períodos de retorno mayores, para estar del lado de la seguridad tanto en términos de caudales como de niveles de agua, ya que son condiciones de contorno para el alcantarillado.

6.7.3 Creación del modelo

Para la creación del modelo destinado al estudio de inundaciones se partirá del modelo completo desarrollado para aguas residuales y se complementará con la siguiente información:

- **Zonificación según tipología de terreno:** se definirán distintas áreas de acuerdo con sus características de drenaje e impermeabilidad, como zonas rurales, zonas verdes, áreas residenciales de baja densidad, zonas urbanas, etc. Los parámetros a establecer incluyen principalmente pérdidas (impermeabilidad, almacenamiento superficial, etc.), que dependerán del modelo de esorrentía elegido por el modelizador.



- **Información de cuencas y subcuencas:** se incluirán datos generales de las cuencas hidrográficas y la delimitación de subcuencas vertientes, considerando sus puntos de entrada a la red de saneamiento, los elementos de captación existentes y la tipología de terreno definida.
- **Datos de operación de los actuadores en tiempo de lluvia:** principalmente estaciones de bombeo, aunque también se deben considerar compuertas, válvulas y otros dispositivos si existen.
- **Identificación de puntos bajos conectados a la red:** se deberán localizar y modelizar aquellos puntos situados a cota inferior de los pozos, ya que serán los primeros lugares en sufrir inundaciones. Estos puntos pueden ser sótanos conectados a la red, imbornales que drenan zonas bajas, etc.
- **Condiciones de contorno:** algunas condiciones externas pueden influir significativamente en el comportamiento de la red. Es importante identificar cuáles afectan a cada sistema y considerarlas en el modelo. Como ejemplos se pueden mencionar niveles de desagüe en ríos o mar (que pueden limitar la salida del sistema) o caudales provenientes de fuera del sistema (como infiltraciones o riegos que entran al sistema).

- **Recorridos preferenciales del agua y puntos bajos superficiales:** deben identificarse y modelizarse correctamente por dos motivos principales:
 1. En sistemas con pocos puntos de entrada del agua pluvial, parte del caudal puede escurrir superficialmente por estos recorridos, provocando inundaciones en zonas bajas no por falta de capacidad de la red, sino por escasez de entradas.
 2. En sistemas con capacidad limitada, los puntos de salida de la red pueden no coincidir con los lugares donde se acumula el agua, lo que genera escorrentías superficiales que provocan inundaciones en puntos bajos.
- **Otros datos:** infiltraciones, condiciones en tiempo seco, sedimentaciones, etc., que pueden ser necesarios o bien simplificados según su influencia en el estudio de inundaciones. En caso de duda, conviene realizar un análisis de sensibilidad para evaluar el impacto de estos parámetros en los resultados finales del modelo.

Como se mencionó en apartados anteriores, al finalizar la fase de creación del modelo deben realizarse pruebas de estabilidad. En un modelo de inundaciones, estas pruebas pueden consistir en simular tres tipos de lluvia (una real o sintética con dos picos, otra con un año de período de retorno y otra con 10 años) y comprobar que el balance de volúmenes no supere el 10 % y que las series de caudales y niveles en distintos puntos del sistema no presenten oscilaciones anómalas.

Además, se deben considerar los posibles efectos del cambio climático, como el aumento del nivel del mar y el incremento de la intensidad de las precipitaciones.

6.7.4 Calibración y validación

La calibración del modelo en condiciones de lluvia consiste en ajustar los caudales o niveles medidos durante episodios monitorizados (como se verá en el apartado 6.9) con los valores simulados por el modelo.

Asimismo, la calibración incluye recopilar la experiencia de técnicos municipales y de los habitantes de la zona de estudio, quienes pueden aportar información histórica muy valiosa sobre las áreas que se inundan con frecuencia. Estos puntos

deben poder reproducirse en el modelo, ya sea utilizando los datos pluviométricos reales medidos o aproximando la lluvia con el período de retorno que provoca las inundaciones descritas.

De manera general, los pasos a seguir en un proceso de calibración y validación son:

- Comprobación de los datos obtenidos en las campañas de monitorización.
- Calibración y validación del modelo a partir de las campañas de monitorización.
- Verificación mediante datos de inundaciones históricas.
- Confirmación de que el modelo es fiable para estimar las inundaciones del sistema.

6.7.4.1 Comprobación de los datos de las campañas

Antes de utilizar los datos de niveles o caudales para la calibración de los modelos, estos deben ser revisados y sometidos a comprobaciones generales. Por ejemplo, se pueden comparar los valores entre estaciones similares durante un mismo episodio o analizar la correlación de volúmenes medidos en distintos episodios. Estas verificaciones sencillas permiten confirmar que los datos han sido correctamente registrados y que son válidos para su uso en la calibración y la validación del modelo.

En el apartado 6.9 se presentarán criterios generales para determinar si una campaña de monitorización es adecuada y, por tanto, si los datos obtenidos pueden emplearse en la calibración de los modelos.

6.7.4.2 Calibración y validación del modelo a partir de las campañas de monitorización

El siguiente paso consiste en modificar determinados parámetros del modelo para ajustar los datos medidos a los simulados. Aunque se ofrecen algunas pautas generales para esta tarea, será el criterio experto del modelizador el que determine las acciones a tomar en función de los problemas identificados en su modelo.

Generalmente, la fase de calibración se realiza con dos episodios de lluvia y una vez ajustados los parámetros del modelo, se valida con un tercer episodio.

Al igual que en la calibración en tiempo seco, lo primero que se hace es ajustar los volúmenes de agua que circulan por la red, modificando principalmente los parámetros de pérdidas de los terrenos hasta alcanzar valores coherentes y posteriormente, ajustando el porcentaje de escorrentía que entra a la red y el que fluye en superficie. Una vez ajustado el volumen, se busca la concordancia de los picos de caudal o nivel, modificando parámetros que afecten principalmente a los tiempos de concentración de las cuencas.

Los criterios generales para validar un modelo son los siguientes: en primer lugar, comparar la forma de los gráficos de nivel y caudal en los distintos puntos medidos, asegurándose de que los valores observados y los simulados son similares tanto en forma como en magnitud, hasta que estos vuelvan a los valores lógicos de tiempo seco. Además, para dos de los tres episodios (siendo uno de ellos el de validación) se debe comprobar que:

- Los momentos en que se producen los picos sean similares, con una variación de $\pm 25\%$ respecto a la duración del episodio.
- Los picos de caudal o nivel significativos se encuentren en un rango de $+30\%$ a -15% .
- Los volúmenes de caudal se encuentren en un rango de $+20\%$ a -10% .

Como se ha comentado en apartados anteriores, estos son criterios generales. Lo más importante es que, en caso de duda, es preferible que el modelo sobreestime los caudales, niveles y volúmenes, antes que infravalorarlos, ya que esto asegura que los resultados del modelo se sitúan del lado de la seguridad.

6.7.4.3 Comprobación con datos de inundaciones históricas

Los registros de inundaciones históricas también se emplean para comprobar la fiabilidad del modelo. Es recomendable recopilar toda la información disponible sobre incidentes relacionados, como tapas levantadas o intervenciones de los servicios de emergencia en propiedades afectadas.

Cabe destacar que la calibración basada en campañas de monitorización permite asegurar que el modelo refleja correctamente los episodios de lluvia registrados, aunque normalmente estos episodios no provocan inundaciones significativas. Por eso esta fase es clave: el objetivo es garantizar que el modelo reproduzca de manera realista el comportamiento del sistema ante lluvias intensas o excepcionales.

Cuando se disponga de series de lluvias históricas, se utilizarán estos datos reales. En caso contrario, según la frecuencia con la que se produzcan inundaciones, se evaluará la capacidad del modelo para reproducir los puntos de inundación mediante lluvias sintéticas con períodos de retorno de 1, 5 y 10 años.

La verificación consiste en confrontar las predicciones del modelo con los informes de inundaciones históricas. El modelo debe ser capaz de reproducir las inundaciones pasadas, tanto en ubicación como en intensidad y frecuencia. De la misma manera, cualquier inundación que el modelo prediga —especialmente aquellas con períodos de retorno cortos, es decir, relativamente frecuentes— debe contrastarse con evidencia de que realmente ocurrieron.

Cualquier divergencia entre el modelo y los datos históricos debe investigarse para identificar posibles errores en los datos de entrada y corregirlos, asegurando así la fiabilidad del modelo.

6.7.4.4 Adecuación del modelo para estimar inundaciones

Cuando se cumplan los criterios descritos anteriormente, se podrá considerar que el modelo es adecuado para estimar las inundaciones actuales (fase de diagnóstico) y para evaluar las actuaciones necesarias para evitarlas (fase de pronóstico).

No obstante, como se ha mencionado en varias ocasiones, los criterios de validación presentados en este documento deben considerarse orientativos. Será el criterio experto del modelizador el que determine si el modelo es realmente válido para realizar la diagnóstico y la pronóstico. En algunos casos, el modelo puede sobreestimar caudales, niveles y volúmenes por encima de los valores

recomendados, pero aun así no se producirán inundaciones significativas, o se generarán pequeñas inundaciones que pueden resolverse mediante actuaciones de bajo coste, sin que sea necesario invertir más en campañas de monitorización o calibrado.

En cualquier caso, dentro del PIGSS deberá incluirse un apartado específico de calibración, en el que se detallen las tareas realizadas, se presenten los gráficos comparativos y los rangos de los diferentes parámetros y se justifiquen las causas o hipótesis que expliquen las diferencias observadas. Si estas diferencias resultan significativas, podría ser necesario un estudio de sensibilidad para evaluar cómo afectan a los resultados del modelo y garantizar que, a pesar de dichas diferencias respecto a las hipótesis iniciales, el modelo sigue siendo válido para el objetivo principal: identificar y proponer soluciones a las inundaciones.

6.7.5 Optimización

En este apartado, al igual que en el caso de la modelización para el cálculo de actuaciones en tiempo seco, se recomienda no realizar optimización del modelo. En general, se simulará una o dos lluvias de diseño con diferentes períodos de retorno, por lo que, aunque el sistema sea grande, los tiempos de cálculo suelen ser razonables con los equipos y modelos actuales.

Si se decide optimizar el modelo, se aplicarán los criterios generales mencionados en el apartado 6.4.3, especialmente los relacionados con la aplicación de distintos niveles de detalle en la modelización. Dado que el objetivo aquí es caracterizar correctamente los puntos de inundación, las zonas periféricas del modelo —que a menudo corresponden a áreas rurales o donde no se producen inundaciones— pueden representarse de manera más simplificada (subcuencas más generales, solo ejes principales, menos pozos, etc.). Por el contrario, la parte urbana y, especialmente, los puntos donde se producen inundaciones deben modelarse con mayor detalle para garantizar su correcta representación.

6.7.6 Diagnósis

La diagnósis consiste en analizar el funcionamiento actual del sistema de saneamiento bajo las condiciones de una lluvia con período de retorno T , que es el nivel de protección que se desea garantizar. De este modo, se podrán identificar las áreas que actualmente son susceptibles de inundarse.

6.7.6.1 Construcción de la lluvia de diseño

Existen diferentes metodologías para generar la lluvia de diseño correspondiente a un período de retorno T . A continuación, se describe brevemente una de las más habituales; no obstante, se recomienda consultar manuales o libros de hidrología donde estas y otras metodologías se expliquen con mayor detalle.

Los pasos para construir la lluvia de diseño con período de retorno T son los siguientes:

1. **Obtención de la curva IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) para la zona de estudio:** esta curva representa la relación entre las intensidades máximas medias esperables para cada duración de precipitación y para un período de retorno determinado. El proceso general es:
 - a) Seleccionar todas las precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano a la zona de estudio, con registros de un número considerable de años (mínimo 20) y un intervalo máximo de registro de 10 minutos.
 - b) Ordenar las precipitaciones y clasificarlas según diferentes intervalos de referencia (10, 15, 20, 25 minutos, etc.).
 - c) Para cada intervalo de referencia, calcular la serie de Intensidades Medias Máximas Anuales de cada año registrado.
 - d) A partir de una distribución de extremos, como la distribución de Gumbel, estimar para cada intervalo las Intensidades Máximas Medias Anuales correspondientes a los distintos períodos de retorno.

e) En base en estos datos, definir la familia de curvas IDF agrupando los puntos que correspondan al mismo período de retorno.

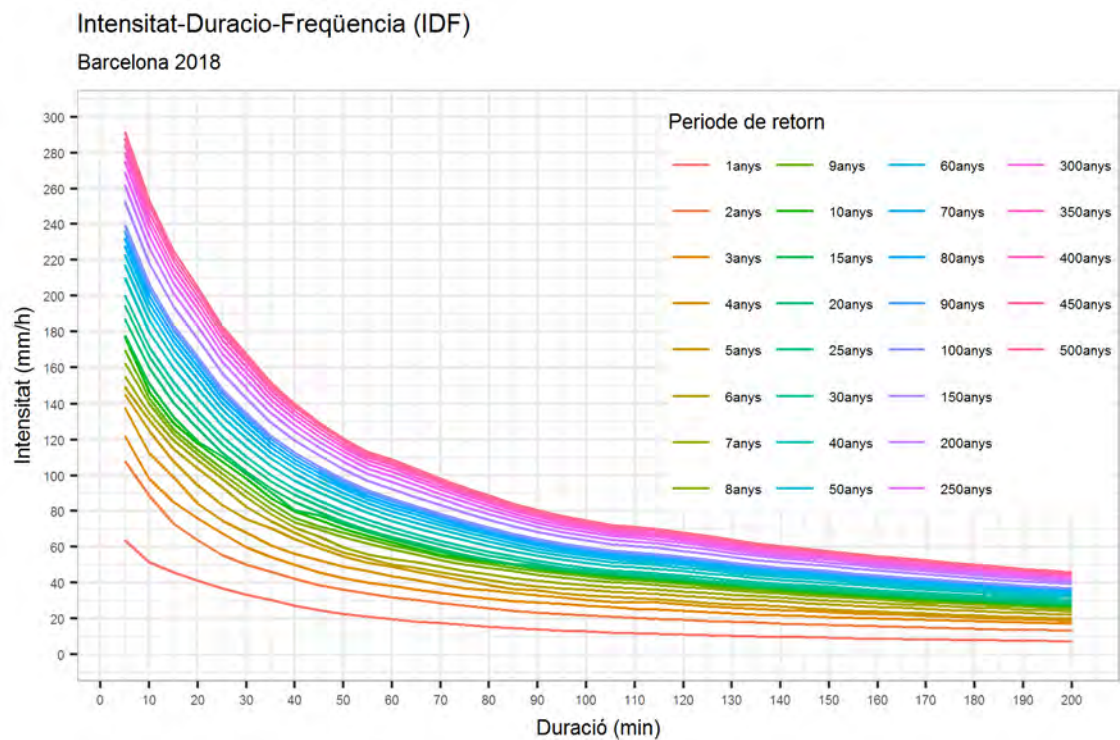


Figura 6.29 Ejemplo de curvas IDF en Barcelona. Fuente: PDISBA (BCASA-Ayuntamiento de Barcelona)

2. Construcción de la lluvia de diseño mediante el método de bloques alternados:

el proceso de cálculo es el siguiente:

- a) Seleccionar la curva IDF correspondiente al período de retorno elegido.
- b) Tomar las intensidades de lluvia para distintas duraciones $t, 2t, 3t, \dots, t, 2t, 3t, \dots$ y calcular la precipitación de cada intervalo multiplicando la intensidad por la duración.

c) Determinar la precipitación de cada bloque de la lluvia de diseño de la siguiente manera:

- $P_{\text{bloque1}} = I_t \cdot t \cdot P_{\text{bloque1}} = I_t \cdot t$
- $P_{\text{bloque2}} = I_{2t} \cdot 2t - P_{\text{bloque1}} = I_{2t} \cdot 2t - P_{\text{bloque1}}$

- $P_{\text{bloque3}} = I_{3t} \cdot 3t - P_{\text{bloque1}} - P_{\text{bloque2}}$
- ... y así sucesivamente.

d) Distribuir los bloques de manera alternada alrededor del bloque de mayor intensidad, uno a cada lado, o redistribuirlos en el tiempo de forma que la lluvia de diseño adopte una forma similar a los patrones de precipitación típicos de la zona.

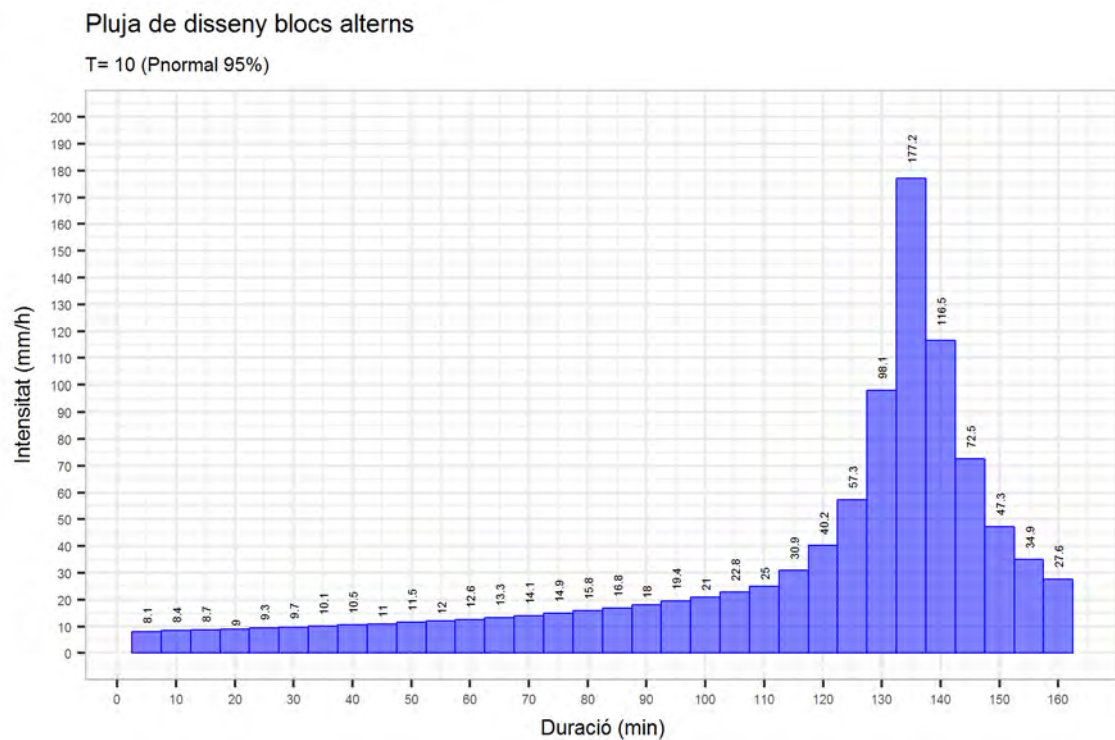


Figura 6.30 Ejemplo de lluvia de diseño en Barcelona calculada con el método de bloques alternados. Fuente: PDISBA (BCASA-Ayuntamiento de Barcelona)

6.7.6.2 Variación de la lluvia de diseño con el cambio climático

Los efectos del cambio climático sobre el ciclo hidrológico, debido a una posible intensificación futura de los episodios extremos de lluvia, deben tenerse en cuenta para prevenir problemas en los sistemas de drenaje urbano. Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) podrían verse alteradas por un previsible aumento de las lluvias intensas asociado al cambio climático.

A diferencia de lo que ocurre en las regiones de latitudes altas o medias del planeta, donde se ha registrado un incremento de la precipitación total, diversos estudios apuntan a una tendencia dominante de disminución durante las últimas décadas en el área mediterránea.

Pese a esta disminución en la precipitación total, se ha detectado un aumento en los episodios de lluvias extremas. Las simulaciones para el siglo XXI basadas en modelos climáticos también pronostican descensos importantes en la precipitación total en el área mediterránea, mientras que algunas proyecciones de modelos regionales señalan un posible incremento de los episodios torrenciales, con precipitaciones más cortas, pero de mayor intensidad.

Según el Quinto Informe de Evaluación sobre el Cambio Climático del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), en algunas áreas aumentará la frecuencia, la intensidad y/o la magnitud de las precipitaciones intensas. Sin embargo, debido a la elevada incertidumbre, se requieren estudios locales detallados.

La evaluación de la posible influencia del cambio climático en la intensidad de las lluvias extremas resulta especialmente relevante en el área mediterránea, sobre todo en entornos urbanos densamente poblados con sistemas de alcantarillado complejos, que suelen ser muy vulnerables a precipitaciones torrenciales.

Será preciso tener en cuenta los coeficientes asociados al cambio climático, definidos como la relación entre las intensidades máximas de precipitación previstas y las actuales, en función de ciertos periodos de retorno e intervalos de tiempo. Estos coeficientes suelen derivarse a partir de técnicas de *downscaling* estadístico, tanto espacial como temporal, aplicadas a series de lluvia simuladas para escenarios futuros. Dichas series proceden de modelos globales de circulación atmosférica, forzados con escenarios como los RCP 4.5 y 8.5, y contrastados previamente frente a un periodo histórico de control.

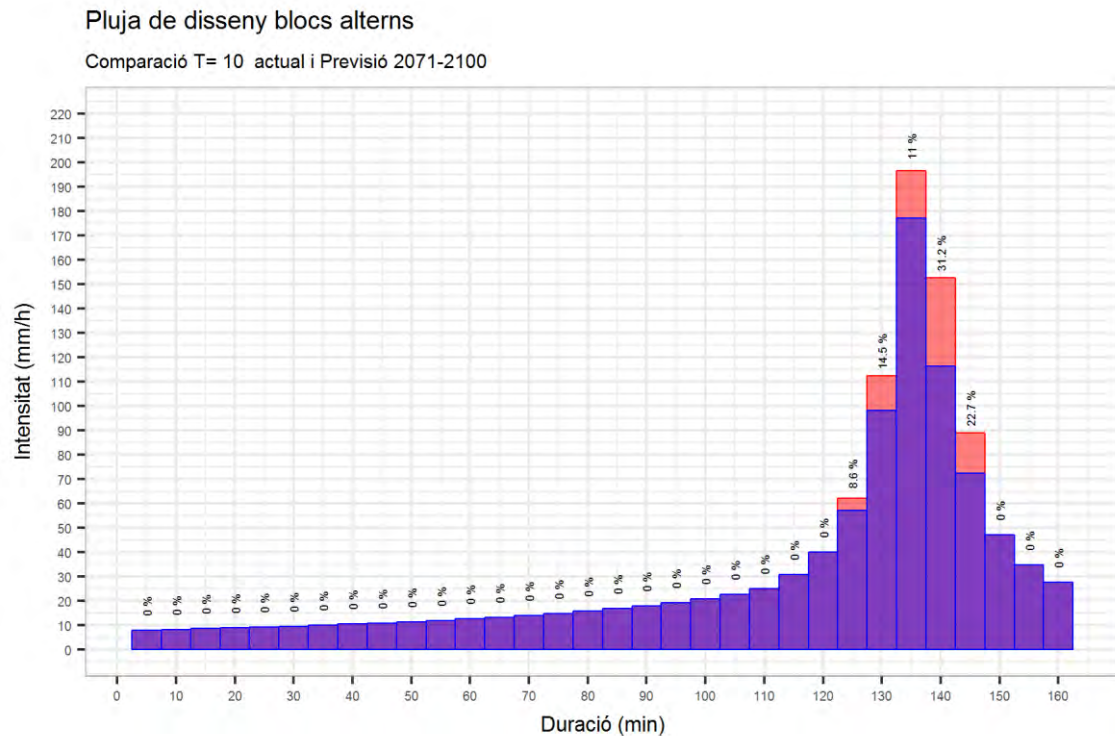


Figura 6.31 Comparación de la lluvia de diseño en Barcelona considerando el cambio climático. Fuente: PDISBA (BCASA-Ayuntamiento de Barcelona)

6.7.6.3 Hipótesis de cálculo

Es complicado dar recomendaciones generales en este apartado, ya que las hipótesis a plantear dependerán en gran medida de las características concretas del sistema de saneamiento que se esté estudiando. No obstante, la idea principal a la hora de establecer supuestos para el cálculo de la diagnosis debe ser siempre adoptar una posición conservadora, priorizando la seguridad en la estimación de los posibles puntos de inundación.

Este enfoque resulta especialmente importante al definir las condiciones de contorno del modelo. Por ejemplo, en los sistemas que vierten a un río, es necesario analizar si en situaciones de crecida los puntos de desagüe pueden quedar parcial o totalmente bloqueados. En tales casos, la hipótesis más prudente es considerar que el nivel del río coincide con el correspondiente al mismo período de retorno que se haya tomado para el sistema de saneamiento.

6.7.6.4 *Resultados de la diagnosis*

Con el modelo ya correctamente parametrizado, se simula la transformación lluvia–escorrentía para un episodio de precipitación con un período de retorno T. Los caudales generados se hacen circular a través del sistema de saneamiento, lo que permite identificar tanto los puntos donde la red resulta insuficiente (es decir, donde no tiene capacidad para evacuar el caudal y se producen levantamientos de tapa), como las zonas donde se producen inundaciones, que no siempre coinciden con dichos levantamientos, especialmente en áreas con fuertes pendientes superficiales.

En el PIGSS se deberá reflejar claramente en un plano de diagnosis el estado actual de funcionamiento del sistema, señalando al menos los puntos de levantamiento de tapas y las zonas inundables. De forma complementaria, también pueden representarse los tramos que trabajan en régimen de presión, los que funcionan a lámina libre y los caudales máximos en cada tramo.

6.7.7 **Cálculo de actuaciones (prognosis)**

La prognosis consiste en planificar las actuaciones necesarias para corregir tanto las deficiencias e inundaciones actuales como aquellas que puedan producirse en el futuro. Se trata de un proceso iterativo, en el que se evalúan distintas alternativas hasta seleccionar la solución más eficaz. Como lo que se plantea en el PIGSS es solamente una comprobación de que las medidas a implantar para la reducción de la contaminación por los DSS que se explicarán después, no incrementan las inundaciones detectadas con el modelo, no es necesario planificar actuaciones anti-inundaciones en el PIGSS, salvo que se decida apostar por soluciones que resuelvan a la vez las insuficiencias ante inundaciones y el impacto de los DSS en el medio receptor, como es el caso de los SUDS, o los tanques de tormenta, por ejemplo.

6.7.7.1 *Hipótesis de cálculo*

De manera análoga a lo realizado en tiempo seco, para comprobar las medidas a implantar para la reducción de la contaminación por los DSS frente a

inundaciones, será preciso adaptar el modelo de diagnóstico incorporando las condiciones futuras del sistema de saneamiento. Este ajuste resulta especialmente importante en relación con los desarrollos urbanísticos previstos, ya que suelen implicar un incremento de las superficies impermeables y, en consecuencia, un aumento de los caudales generados. Esto puede dar lugar tanto a la aparición de nuevas zonas inundables como al agravamiento de las ya existentes. Una vez más, el criterio debe ser conservador, quedándose siempre del lado de la seguridad.

La información sobre crecimiento urbanístico y aumento de población (si se considera que tiene incidencia en el riesgo de inundación) podrá obtenerse de los Planes de Ordenación Urbanística Municipal (POUM) o, en su defecto, mediante entrevistas con técnicos municipales, trabajando con un horizonte temporal de entre 20 y 30 años.

6.7.7.2 Resultado de la prognosis

Con el modelo ajustado a las condiciones futuras, se simula la transformación lluvia–escorrentía correspondiente a un episodio con periodo de retorno de T años, movilizandolos caudales generados a través del sistema de saneamiento y comprobando las actuaciones anti-DSS previstas.

Es fundamental, además, tener en cuenta las escorrentías superficiales que en la fase de diagnóstico no llegaban a entrar en la red, pero que igualmente pueden ocasionar problemas de inundación. Una opción conservadora es plantear que, en la fase de prognosis, toda el agua de escorrentía llegue efectivamente a la red, lo que obligaría a planificar el refuerzo de las estructuras de captación para hacerlo posible.

Al término de este proceso iterativo se obtiene un listado de actuaciones necesarias para resolver los problemas de inundación que puedan haber aparecido con las actuaciones anti-DSS planificadas, con sus características básicas y una estimación de costes, tanto de ejecución como de mantenimiento y explotación. Asimismo, será preciso priorizar dichas actuaciones, lo que puede requerir

simulaciones adicionales que permitan valorar las mejoras aportadas por intervenciones concretas o por escenarios intermedios a distintos horizontes temporales (por ejemplo, a 5 y 10 años vista).

6.8 Metodología para el cálculo de actuaciones anti-DSS

6.8.1 Definición de objetivos

Tal como se ha explicado en el apartado 4.2, el Real Decreto 665/2023, en su artículo 259 quinquies, para el cálculo de las actuaciones anti-DSS, los PIGSS deben incluir los objetivos de reducción de la contaminación de los vertidos por desbordamiento del sistema de saneamiento en episodios de lluvia, que permitan a partir de la situación actual establecer:

- Objetivos indicativos sobre la protección de las escorrentías provenientes de las aguas de lluvia para evitar su contaminación e incluso su mezcla con las aguas residuales domésticas, a través de, entre otras técnicas, la implantación de SUDS, que fomenten la infiltración y la renaturalización de los entornos urbanos.
- Objetivos indicativos sobre el porcentaje de agua residual urbana, incluyendo la escorrentía urbana, que el sistema de saneamiento es capaz de tratar en distintos escenarios de precipitación y la relación entre la carga contaminante generada en condiciones de tiempo seco y la carga vertida por los DSS.
- La eliminación progresiva de los vertidos no tratados del agua de escorrentía urbana recogida en sistemas de saneamiento separativo, a menos que pueda demostrarse que dichos vertidos no causan impactos negativos en la calidad de las aguas receptoras.

6.8.2 Objetivo de rendimiento hidráulico

6.8.2.1 *Planteamiento general*

En el apartado 4.3 se ha explicado una síntesis de la Norma técnica básica que resulta clave, entre otros aspectos, para definir el rendimiento hidráulico, como

principal objetivo requerido a los sistemas de saneamiento españoles para reducir el impacto de sus DSS al medio receptor.

En los apartados siguientes se explicará en detalle cómo calcular el rendimiento hidráulico prescrito por la normativa y con qué lluvias de diseño debe calcularse.

6.8.2.2 Definición del rendimiento hidráulico

En el apartado 4 del anexo XI del RD 665/2023 está muy bien definido el concepto de rendimiento hidráulico, que es clave para establecer el objetivo a cumplir por el sistema de saneamiento. A continuación, se transcribe su contenido.

Puesto que la actividad urbanizadora es una de las actuaciones antrópicas de mayor impacto sobre el DPH, las aguas de escorrentía originadas en los episodios de lluvia deben ser objeto de protección, evitando en la medida de lo posible su contaminación y primando el respeto al ciclo hidrológico natural a través del impulso de técnicas de infiltración y de drenaje urbano sostenible para su revalorización.

Para valorar la eficacia de las medidas implantadas en el sistema de saneamiento asociado a cada aglomeración urbana, a fin de reducir la contaminación por los VDSS en episodios de lluvia, se empleará un control mínimo exigible a través del indicador “rendimiento hidráulico del sistema de saneamiento”, tanto en sistemas unitarios como en sistemas separativos pluviales, pudiéndose definir conceptualmente como la cantidad de lluvia que es capaz de gestionarse adecuadamente en el conjunto de elementos de la aglomeración urbana, considerando además el volumen de las aguas residuales domésticas en tiempo seco, todo ello definido para una precipitación de cálculo o diseño.

Este rendimiento hidráulico se calcula como el cociente entre:

- La suma del volumen de precipitación que no genera escorrentía, fundamentalmente debido a la infiltración y que no se incorpora por lo tanto a las redes de alcantarillado y el volumen total gestionado por la EDAR del sistema de saneamiento de la aglomeración o aglomeraciones urbanas, con, al menos, un

tratamiento primario en sistemas de saneamiento unitario o con un pretratamiento en sistemas de saneamiento separativo.

– La suma del volumen total de la precipitación de cálculo y del volumen del agua residual doméstica en tiempo seco de la aglomeración o aglomeraciones urbanas, incluyendo las aguas industriales asociadas al sistema de saneamiento. A su vez se puede descomponer en el volumen de agua infiltrada más el volumen de escorrentía urbana generada en el episodio tipo de precipitación y el volumen del agua residual doméstica tratada en tiempo seco.

$$\eta_{HID} = \frac{V_{Infiltrado} + V_{Gestionado\ en\ la\ EDAR}}{V_{Precipitación} + V_{Agua\ residual\ doméstica}} = \frac{V_{Infiltrado} + V_{Gestionado\ en\ la\ EDAR}}{V_{Infiltrado} + V_{Escorrentia} + V_{Agua\ residual\ doméstica}}$$

De forma que, para su cálculo, se tendrán en cuenta las siguientes definiciones:

a) VPRE: Volumen de la precipitación. Es el volumen asociado a la precipitación de cálculo, obtenido a partir del producto entre la superficie de la cuenca objeto de estudio y del valor de precipitación areal de cálculo.

b) VINF: Volumen infiltrado. Es el volumen de precipitación que no genera escorrentía y que no se incorporará a la red de alcantarillado, fundamentalmente a través de la infiltración al terreno. Igualmente se incluirá en este factor otras pérdidas asociadas a la intercepción, evaporación u otras variables del ciclo hidrológico.

c) VEP: Volumen de la escorrentía urbana de origen pluvial para la precipitación de cálculo, descontado las pérdidas de agua debido a la infiltración y al resto de procesos hidrológicos considerados en la definición anterior.

d) VARD: Volumen de agua residual doméstica en tiempo seco. Es el volumen de agua residual doméstica de la aglomeración o aglomeraciones urbanas, incluyendo las aguas industriales asociadas al sistema de saneamiento, tratada por el sistema de saneamiento de la EDAR en tiempo seco. Este volumen se considerará nulo para los sistemas de saneamiento separativo.

e) VARU T: Volumen de la mezcla de agua residual urbana (mezcla del agua residual doméstica y de la escorrentía urbana) tratada adecuadamente en la EDAR durante

el episodio de precipitación, considerando como tal, al menos, el que ha recibido un tratamiento primario en sistemas de saneamiento unitario o un pretratamiento en sistemas de saneamiento separativo, debido a la capacidad adicional de la EDAR con relación al caudal ordinario asociado al tiempo seco.

f) VALM: Volumen de la mezcla de agua residual doméstica y de la escorrentía urbana que puede ser tratada adecuadamente en la EDAR debido a la capacidad de regulación y almacenamiento existente en el sistema de saneamiento, que permiten el tratamiento de las aguas una vez finalizado el episodio (colectores, EBAR, tanques de tormenta, elementos de almacenamiento en las EDAR y cualquier otro elemento que pueda emplearse para almacenar la escorrentía del episodio).

g) VTG: Volumen total de la mezcla de agua residual doméstica y escorrentía urbana gestionada en la EDAR y de la capacidad de almacenamiento anteriormente descrita.

h) VVDSS: Volumen de los vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento. Volumen que no puede ser tratado adecuadamente por las EDAR del sistema de saneamiento y es vertido al dominio público con los condicionantes establecidos en esta normativa.

i) VCIR: Volumen circulante total por el sistema de saneamiento, proveniente de la suma del agua residual doméstica y la escorrentía urbana de origen pluvial, y que a su vez se corresponderá con la suma del agua residual urbana tratada durante el episodio de precipitación, de la gestionada con posterioridad gracias a la capacidad de regulación del sistema y la vertida en los desbordamientos.

$$VPRE = V INF + V EP$$

$$VTOT = V PRE + V ARD$$

$$VTG = V ARU T + V ALM$$

$$VTOT = V TG + V VDSS + V INF$$

$$VEP = V REG + V VDSS$$

$$V_{CIR} = V_{TG} + V_{VDSS} = V_{ARUT} + V_{ALM} + V_{VDSS}$$

La figura siguiente representa los volúmenes anteriormente indicados y la relación entre ellos:

Entradas de agua al sistema		Elementos del sistema de gestión		
V_{TOT}	V_{ARD}	V_{CIR}	V_{ARUT}	V_{TG}
			V_{ALM}	
	V_{PRE}		V_{EP}	V_{VDSS}
		V_{INF}	V_{INF}	

Por lo tanto, en función de la tipología del sistema de saneamiento, el rendimiento hidráulico se calculará del siguiente modo:

$$\eta_{HID\ SS\ Unitario} = \frac{V_{TOT} - V_{VDSS}}{V_{TOT}} = \frac{V_{INF} + V_{TG}}{V_{INF} + V_{EP} + V_{ARD}} = \frac{V_{INF} + V_{ARUT} + V_{ALM}}{V_{INF} + V_{EP} + V_{ARD}}$$

$$= \frac{V_{INF} + V_{EP} + V_{ARD} - V_{VDSS}}{V_{INF} + V_{EP} + V_{ARD}}$$

$$\eta_{HID\ SS\ Separativo\ (V_{ARD}=0)} = \frac{V_{TOT} - V_{VDSS}}{V_{TOT}} = \frac{V_{INF} + V_{ALM}}{V_{INF} + V_{EP}} = \frac{V_{INF} + V_{EP} - V_{VDSS}}{V_{INF} + V_{EP}}$$

Donde los volúmenes necesarios se obtendrán a partir de las modelizaciones matemáticas del sistema de saneamiento.

Ahora bien, en un sistema de saneamiento asociado a una EDAR formado tanto por cuencas unitarias como separativas, deberá calcularse el rendimiento hidráulico del sistema en conjunto.

Tal como acabamos de ver, el rendimiento hidráulico del sistema de saneamiento se define como la cantidad de lluvia que puede gestionarse de forma adecuada en el conjunto de elementos de la aglomeración urbana, ya se trate de sistemas unitarios o de sistemas separativos.

Aunque esta definición y su formulación resultan adecuadas cuando el sistema de saneamiento es estrictamente unitario o separativo, no debe interpretarse que sea necesario calcular rendimientos hidráulicos por separado en aquellos sistemas

donde conviven cuencas unitarias y separativas. Estos sistemas, denominados mixtos, deben considerarse y evaluarse como un único sistema. Esto implica analizar las soluciones de tratamiento más adecuadas para cada tipología, pero calcular el rendimiento hidráulico de forma global, con un enfoque integral del problema.

Si bien es habitual encontrar sistemas separativos puros en urbanizaciones pequeñas, resulta poco probable que esta situación se dé en una ciudad de cierta envergadura. Lo más común son sistemas complejos donde conviven redes unitarias y separativas.

El esquema siguiente, tomado de las Recomendaciones del MITECO, sería un claro ejemplo de sistema complejo: una ciudad inicialmente dotada de red unitaria que, con el tiempo, ha ido incorporando sectores o zonas con redes separativas. Incluso algunas áreas antiguas con red unitaria, al encontrarse próximas a cauces fluviales, han sido reurbanizadas con redes separativas. Existen múltiples zonas con redes separativas distribuidas alrededor de la zona unitaria, pero todas acaban vertiendo finalmente a la misma EDAR.

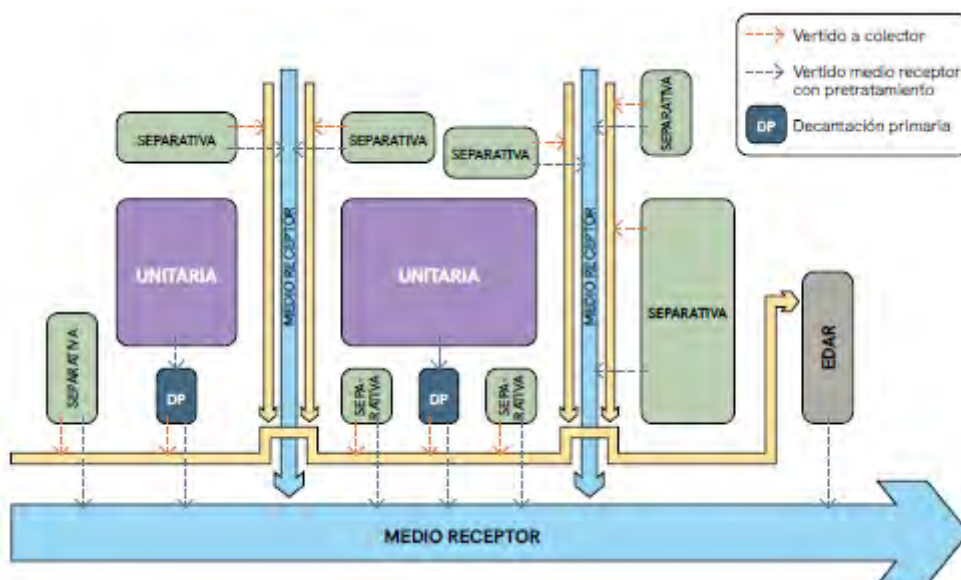


Figura 6.32 Esquema de funcionamiento de un sistema de saneamiento mixto. Fuente: Recomendaciones para la elaboración de planes integrales de gestión del sistema de saneamiento (MITECO, 2025)

Tal como remarcan las Recomendaciones del MITECO, los criterios a la hora de analizar las cuencas de aportación de los distintos sistemas mixtos son los siguientes:

- Si existe una red separativa en cabecera y su red de pluviales conecta a una red unitaria aguas abajo, el sistema de saneamiento es unitario.
- Si existe una red de pluviales en cabecera que pueda ser considerada como pluviales que **no contaminan significativamente el medio receptor** y tiene punto/s de vertido al medio receptor independiente/s del sistema unitario, se permitirá verter al medio receptor y estos volúmenes directos se descontarán a los VDSS de la red unitaria, teniéndose en cuenta para el rendimiento los volúmenes de lluvia y residuales de la cabecera.
- Si existe una red de pluviales en cabecera que pueda ser considerada como pluviales que **sí contaminan significativamente el medio receptor** y tiene punto/s de vertido al medio receptor independiente/s del sistema unitario, se permitirá verter al medio receptor si se tratan las aguas del separativo con un pretratamiento y estos volúmenes directos se descontarán a los VDSS de la red unitaria, teniéndose en cuenta para el rendimiento los volúmenes de lluvia y residuales de la cabecera. En caso de que no se traten, sí serán consideradas como VDSS junto con las unitarias. Independientemente de lo anterior, siempre se tendrán en cuenta para el rendimiento los volúmenes de lluvia y residuales de la cabecera.

En el caso más habitual en que el sistema sea mixto, se plantea un único cálculo de rendimiento hidráulico, diferenciándose en el numerador, en función del sistema de saneamiento, el correcto tratamiento de las aguas, tratamiento primario para el unitario y pretratamiento en las separativas.

La expresión del rendimiento hidráulico para estos sistemas mixtos sería la siguiente:

$$\eta_{\text{MIDSS MIXTO}} = \frac{V_{\text{TOT}} - V_{\text{VDSS}}}{V_{\text{TOT}}} = \frac{V_{\text{INF}} + V_{\text{Gestorizado}}}{V_{\text{Precipitación}} + V_{\text{ARD}}} = \frac{V_{\text{INF}} + V_{\text{EP}} + V_{\text{ARD}} - V_{\text{VDSS}}}{V_{\text{INF}} + V_{\text{EP}} + V_{\text{ARD}}}$$

Donde:

– $V_{\text{Gestionado}} = V_{\text{Gest SS unitario}} + V_{\text{Gest SS separativo}}$

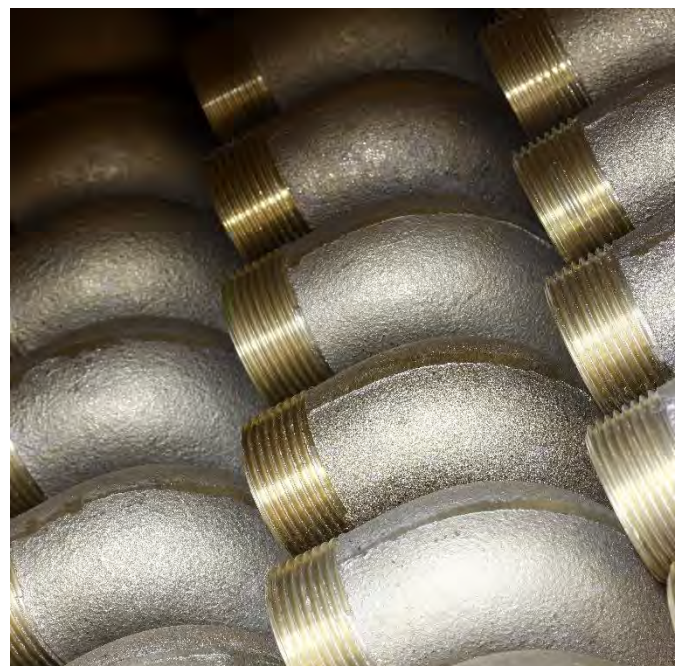
– $V_{\text{Gest SS unitario}}$ = Volumen de agua del sistema de saneamiento unitario gestionado adecuadamente, cuando las aguas han recibido, al menos, un tratamiento primario.

– $V_{\text{Gest SS separativo}}$ = Volumen de agua del sistema de saneamiento separativo gestionado adecuadamente, cuando las aguas han recibido, al menos, un pretratamiento.

6.8.2.3 Lluvias de diseño utilizadas para calcular el rendimiento hidráulico

A continuación, se recuerda qué indica el apartado 5.2 de la NTB dentro del RD 665/2023, en un tema fundamental como la elección de las lluvias de diseño que se han de utilizar para el cálculo del rendimiento hidráulico.

La concentración de la contaminación de los VDSS en episodios de lluvia alcanza niveles significativos durante los primeros momentos de las precipitaciones, debido a que se produce el lavado principal de los contaminantes existentes en las superficies, transportándolos a la red de saneamiento y, en el caso de los sistemas unitarios, además se produce la resuspensión de los residuos depositados en los colectores en los momentos de bajos caudales. Por todo ello, los picos de concentración de contaminantes de los VDSS no suelen estar asociados a episodios extremos de precipitación, sino que están más relacionados con lluvias habituales que sobrepasan el caudal de tratamiento primario de la EDAR o la capacidad máxima de diseño de tramos de colectores, para los sistemas de



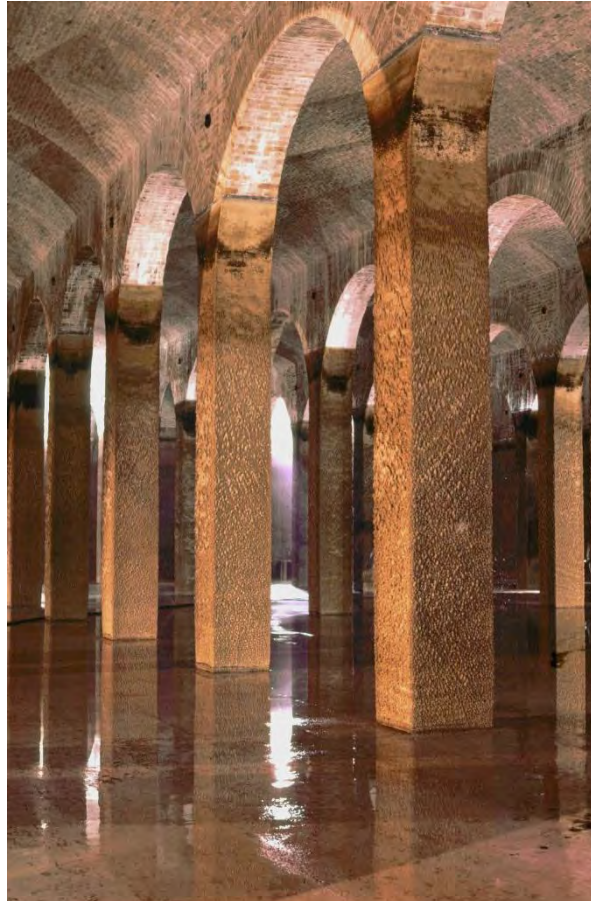
saneamiento unitario, o generen escorrentías urbanas en los sistemas de saneamiento separativo.

Por tal motivo, se establece como precipitación de cálculo indicativa para el análisis del rendimiento hidráulico del sistema de saneamiento la precipitación diaria en la serie de estudio no superaba el 80% de los días en que la precipitación es superior a 1 mm ($Pd,80\%$), y se obtendrá a partir de los datos reales y estudios pluviométricos existentes con series diarias obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), de los Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIH) de los organismos de cuenca y de otras fuentes de datos de precipitaciones existentes.

Este valor de $Pd,80\%$ se obtendrá a partir de lluvias reales mediante el siguiente procedimiento:

- a) En una primera fase, se seleccionarán las estaciones pluviométricas o pluviógrafos disponibles en el ámbito de estudio y el periodo de estudio, que deberá ser de, al menos, 10 años de duración. Posteriormente se establecerán, en el caso de que haya más de una estación pluviométrica disponible, las ponderaciones asociadas a cada estación para obtener la precipitación areal de cada cuenca objeto de estudio a través de los coeficientes de Thiessen u otras técnicas de interpolación.
- b) Para cada estación seleccionada, en cada año se ordenarán los valores de la precipitación de los días con lluvias del periodo de estudio seleccionado de menor a mayor (eliminando aquellos días con precipitación inferior o igual a 1 mm) y determinando el valor de precipitación no superaba el 80% de los días cada año y posteriormente se calculará la $Pd,80\%$ media de esta estación como la media de todos los años.
- c) El valor de $Pd,80\%$ finalmente a emplear será el valor medio de todas las estaciones seleccionadas aplicando los coeficientes de Thiessen u otras técnicas de interpolación estadísticas asociadas a cada cuenca objeto de estudio, de forma que se asegure que el valor final de precipitación refleje un volumen representativo de la lluvia en el entorno del sistema de saneamiento.

Una vez disponible la información cartográfica digital y, a partir de la información de la cuenca hidrográfica, se deberá implantar un modelo numérico que permita, a partir del volumen de precipitación obtenido en el apartado anterior (Pd,80%), realizar el siguiente proceso:



a) Se diseñarán, al menos, 10 episodios tipo de precipitación que se consideren representativos del régimen de precipitación existente y sobre los que se supondrá una duración del episodio que se

considere representativa del funcionamiento del sistema de saneamiento, con intervalos de precipitación como máximo quinceminutales, de forma que se pueda caracterizar el funcionamiento hidráulico del sistema de saneamiento para estos episodios tipo.

b) A partir de la simulación hidrológica e hidráulica de estos 10 episodios tipo, se obtendrá para cada uno de ellos:

1. El volumen asociado a la precipitación total en la cuenca, el volumen de escorrentía urbana de agua pluvial asociado (VEP) y el volumen de agua infiltrada (VINFI), que podrá englobar, en caso necesario, el volumen asociado a otros procesos hidrológicos que generen pérdidas de lluvia tales como la evaporación o la intercepción.

2. El volumen de agua gestionada por la EDAR (VTG) del sistema de saneamiento a partir de la suma de los volúmenes gestionados descritos anteriormente.

3. El volumen vertido por los desbordamientos del sistema de saneamiento en el episodio de lluvia (VVDSS), antes del pretratamiento en sistemas de saneamiento

separativo o antes del tratamiento primario en sistemas de saneamiento unitario, y con ello, el rendimiento hidráulico del sistema de saneamiento para cada episodio tipo se obtendrá aplicando la fórmula indicada anteriormente.

En este proceso, podrán descontarse de los balances los volúmenes asociados a aquellas superficies asociadas a sistemas separativos de escorrentía urbana u otras zonas que no causen impactos negativos significativos en la calidad de las aguas receptoras.

c) El rendimiento hidráulico del sistema de saneamiento será el valor medio de los obtenidos en las simulaciones de los diez episodios tipo o representativos seleccionados.

A todo lo prescrito, en las Recomendaciones del MITECO, se han incluido diversas consideraciones adicionales que conviene remarcar y que destacaremos a continuación.

Salvo excepción justificada, no se emplearán patrones de lluvia sintéticos, se emplearán los hietogramas de las lluvias diarias procedentes de pluviómetros de estaciones automáticas con datos diezminutales.

Salvo en casos puntuales en los que exista mucha diferencia en el régimen de precipitaciones entre los distintos pluviómetros del sistema de saneamiento y requiera un estudio de detalle, se recomienda seleccionar un único pluviómetro y seleccionar los episodios a partir de sus registros. Posteriormente, se aplicarán esos episodios a todas las cuencas del sistema.

En el caso de modelizaciones en continuo sí se recomienda la información registrada en cada uno de los pluviómetros.

Para el cálculo del rendimiento hidráulico se emplearán, al menos, 10 lluvias diarias procedentes de pluviómetros de estaciones totales que alcanzan la Pd,80%, cuya duración del episodio de lluvia podrá ser evaluada de dos formas distintas:

– Las 24 h del día donde el volumen de lluvia alcanza la Pd,80%, o

– El tiempo desde que comienza la lluvia de Pd,80% hasta el necesario para el vaciado de los elementos de laminación/retención diseñados para el cumplimiento del rendimiento hidráulico, simulando así la gestión del sistema hasta el tiempo seco.

De manera general, para seleccionar los 10 episodios, se utilizará una horquilla de +/- 5% de la Pd,80%, pudiéndose aumentar la horquilla a +/-10% en el caso de que no se alcance el número de 10 episodios de lluvia.

El RD 665/2023 permite, en el caso de disponer de información pluviométrica suficiente, simular 10 años en continuo para obtener el rendimiento hidráulico. En las presentes Recomendaciones se aconseja hacerlo así siempre que existan datos suficientes.

En este caso no sería necesario seleccionar los episodios de lluvia representativos, ya que todos los episodios están contemplados en la simulación y el rendimiento hidráulico final sería el de la simulación completa.

El decenio a modelizar será el de los 10 años más recientes, ya que son aquellos que mejor caracterizan la situación actual.

En los apartados 7.4.2, 7.4.3 y 7.4.4 de las Recomendaciones del MITECO, se incluyen los siguientes 3 ejemplos ilustrativos que pueden ser de gran ayuda para aclarar con detalle el cálculo de la Pd,80% y la selección de los 10 episodios tipo:

-Cálculo para la Precipitación de cálculo (Pd,80%) y selección de 10 episodios tipo

-Selección de 10 episodios tipo en la estación automática MENORCA/AEROPUERTO (990220617) (Isla de Menorca – Islas Baleares)

-Cálculo de la Pd,80% con más de 1 estación pluviométrica y selección de 10 episodios tipo

6.8.2.4 Otros requisitos básicos añadidos al cumplimiento del rendimiento hidráulico

Además del cumplimiento del umbral límite de control de rendimiento hidráulico del sistema de saneamiento, según la NTB en su apartado 7, se deben tomar todas

las medidas necesarias para evitar el deterioro y contaminación del DPH incluidas en el articulado del RD 665/2023 y, en especial:

- a) En tiempo seco no se admitirán VDSS.
- b) Como criterio general y salvo casos justificados, no se permitirán vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia cuando no estén justificados de acuerdo con las características del aguacero que las haya originado, en relación con los umbrales mínimos indicados en la NTB, conforme, en su caso, al contenido y objetivos establecidos en el plan integral de gestión del sistema de saneamiento regulado en el artículo 259 quinquies del RD 665/2023.
- c) No se admitirá la incorporación de aguas de escorrentía procedentes de zonas exteriores a la aglomeración urbana o de otro tipo de aguas que no sean las propias para las que se diseñaron, salvo en casos debidamente justificados.
- d) De forma generalizada se instalarán sistemas de retención de residuos sólidos gruesos y flotantes en el sistema de saneamiento para reducir la degradación visual o superficial en el DPH/DPMT. Se implantarán en el labio del aliviadero tamices/rejas con un ranurado/luz libre no superior a 10 mm, justificándose ante el organismo de cuenca la implantación de otro tipo de soluciones tal que no produzcan la entrada en carga del sistema integral de saneamiento. Deberán mantenerse completamente operativos después de cada episodio de lluvia, pudiéndose instalar sistemas de seguridad que eviten la obstrucción de estas soluciones, los cuales entrarán en funcionamiento cuando se produzca la colmatación y obstrucción del 30% de la superficie ocupada por los sistemas de retención de residuos sólidos gruesos y flotantes.
- e) Tras un vertido por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodio de lluvia y, en el caso de que éste produzca la acumulación de sólidos gruesos o flotantes y otros tipos de residuos asociados al vertido en el tramo de cauce situado en el entorno inmediato de influencia de dicho punto, el titular de la autorización de vertido será responsable de su retirada. La autorización de vertido y, en su caso, el PIGSS, establecerán los condicionantes y protocolos de actuación al objeto de retirar los residuos en tiempo y forma adecuados, justificando la disponibilidad de las autorizaciones pertinentes.

Además, la NTB en su apartado 7.2 establece los siguientes requisitos adicionales o menos restrictivos.

Cuando los organismos de cuenca, basándose en la frecuencia y duración de los VDSS, puedan establecer que estos vertidos sean una de las causas del incumplimiento de los objetivos ambientales de la masa de agua receptora, se podrán exigir medidas adicionales a las dispuestas en los apartados 6 y 7.1. En caso contrario, se podrán aplicar medidas menos restrictivas, siempre y cuando sean justificadas por el titular de la autorización de vertido.

En el artículo 7.1 de la NTB, como se acaba de ver en el apartado d), se indica que se instalarán sistemas de retención de residuos sólidos gruesos y flotantes, pero sin hacer referencia al caudal de diseño de estos sistemas. Es en las Recomendaciones del MITECO donde se da respuesta a esta indefinición, proponiéndose dos metodologías en su apartado 10.4.4:

1. Caudal obtenido mediante el empleo de hietogramas.

Podrá emplearse para el diseño de los tamices dos tipos de lluvias, a saber:

– Lluvia sintética de periodo de retorno 0,5 años. Consiste en emplear el patrón de lluvia sintético, utilizado para el dimensionamiento de los colectores de saneamiento de la aglomeración urbana, para un periodo de retorno $T = 0,5$.

– Lluvia de Pd,80%. Consiste en utilizar, como caudal de diseño, el caudal medio de los 10 episodios representativos del cálculo de la Pd,80% en el punto de desbordamiento.

2. Caudal variable en función del volumen desbordado.

Se trata de no imponer un caudal de diseño a estos elementos. El caudal de diseño seleccionado para cada punto de desbordamiento garantizará que la suma de los volúmenes tamizados cumple con los porcentajes justificativos de la instalación del tamiz en un 70, 60, 50, 40 o 30 % (ver Tabla 6.3). De esta forma, el diseño de los tamices se adaptará al volumen desbordado en cada punto.

Para el diseño de los tamices se tendrán en cuenta los condicionantes de diseño incluidos en la tabla 6.2 (Exigencias mínimas de equipamiento) del punto 10.2.

Los tamices deberán mantenerse completamente operativos después de cada episodio de lluvia, considerándose episodios independientes los de periodos de 24 h sin desbordamiento. En cualquier caso, será imprescindible que la obra civil y los sistemas de seguridad instalados permitan evacuar en lámina libre el caudal de diseño antinundaciones del colector (habitualmente en España entre T = 10 y T = 25 años), en el supuesto de colmatación total del tamiz, según se ha explicado antes. A cada uno de los caudales de tamizado de cálculo se le aplicará un coeficiente de mayoración en un 30% el citado caudal, atendiendo a la posible obstrucción del tamiz.

		Desbordamientos de Sistemas unitarios					Desbordamientos de Sistemas Separativos (*)				
		Equipos para la eliminación de sólidos gruesos y flotantes		Equipos para la medida de cantidad de agua desbordada		Equipos para la medida de la calidad del agua	Equipos para la eliminación de sólidos gruesos y flotantes		Equipos para la medida de cantidad de agua desbordada		Equipos para la medida de la calidad del agua
Tipo de sistema	Tamaño del Sistema	Instalación de tamices	Instalación de deflectoras	Número, tiempo y volumen	Número y tiempo	PH, conductividad y turbidez	Instalación de tamices	Instalación de deflectoras	Número, tiempo y volumen	Número y tiempo	PH, conductividad y turbidez
Con PIGSS	> 50.000 he	70%	30%	70%	n/a	70%	60%	40%	60%	n/a	40%
	10.000-50000 he	70%	30%	70%	n/a	70%	60%	40%	60%	n/a	40%
	1.000-10.000 he	50%	50%	50%	n/a	50%	40%	60%	40%	n/a	20%
	< 1000 he	30%	70%	30%	n/a	30%	n/a	100%	20%	n/a	20%
Sin PIGSS	10.000-50000 he	50%	50%	n/a	50%	30%	n/a	100%	n/a	40%	n/a
	1.000-10.000 he	30%	70%	n/a	30%	n/a	n/a	60%	n/a	20%	n/a
	< 1000 he	n/a	100%	n/a	n/a	n/a	n/a	40%	n/a	n/a	n/a

Tabla 6.2 Exigencias mínimas de equipamiento (reducción de sólidos gruesos y flotantes; monitorización). Fuente: Recomendaciones para la elaboración de planes integrales de gestión del sistema de saneamiento (MITECO,2025)

Sobre la tabla que se acaba de presentar, las Recomendaciones del MITECO realizan las siguientes aclaraciones:

- En los sistemas con obligación de redactar PIGSS, los porcentajes indicados hacen referencia al volumen de los VDSS calculado para el rendimiento hidráulico medio en la situación actual.

Ejemplo: supongamos una aglomeración urbana de 200.000 h-e, con un sistema unitario, cuyo volumen medio de los VDSS al medio receptor, obtenido de los 10 episodios de la Pd,80%, es de 140.000 m³. El número y tipología de equipos para la retención de sólidos gruesos y flotantes a disponer en los puntos de desbordamiento o PVDSS será tal que garantice el tamizado de, al menos, 98.000 m³ (70% de 140.000 m³) y que en los 42.000 m³ restantes (30% de 140.000 m³) se dispongan pantallas deflectoras.

- En los sistemas sin obligación de redactar PIGSS, los porcentajes indicados hacen referencia a la superficie de cuenca urbana de aportación de escorrentía al sistema de saneamiento.

Ejemplo: supongamos una aglomeración urbana de 10.000 h-e, con un sistema unitario, sin obligación de redactar un PIGSS, cuyas cuencas de aportación al sistema de saneamiento ascienden a un total de 38 hectáreas brutas. El número y tipología de los equipos de monitorización para el control cuantitativo de los VDSS a instalar en los puntos de desbordamiento o elementos más representativos de la red, tendrá que facilitar el número y tiempo de duración de los eventos (desbordamientos) que reciban, al menos, 19 ha brutas (50% de 38 ha).

- n/a: No aplica.
- (*): Aguas pluviales con nivel medio y **alto** de riesgo de contaminación.

La tabla también se podrá utilizar para decidir dónde realizar la monitorización para el control cuantitativo (cantidad) y cualitativo (calidad).

Después de un DSS, y en el caso de que este provoque la acumulación de sólidos gruesos, flotantes u otros tipos de residuos asociados al vertido en el tramo de cauce situado en el entorno inmediato de influencia de dicho punto, el titular de la autorización de vertido será responsable de su retirada. El PIGSS deberá establecer las condiciones y protocolos de actuación necesarios para llevar a cabo la retirada de los residuos en el tiempo y forma adecuados, garantizando además la disponibilidad de las autorizaciones correspondientes.

En el apartado 10.4.5 de las Recomendaciones del MITECO se desarrolla un ejemplo de esquema funcional de colocación de tamices en un gran aliviadero con tanque de tormenta asociado. Además, en el apartado 10.4.6 de las Recomendaciones del MITECO se explica un ejemplo interesante de diseño de tamices.

6.8.2.5 Tratamientos adecuados de los VDSS para el cálculo del rendimiento hidráulico

Tal como recogen las Recomendaciones del MITECO en su apartado 8.4, en el art. 259 ter.2 y en el Anexo XI, apartados 4 y 5.3 del RDPH y en la Orden AAA/2056/2014, de 27 de octubre, por la que se aprueban los modelos oficiales de solicitud de autorización y de declaración de vertido, se hace referencia a que las aguas de los vertidos por desbordamiento del sistema de saneamiento en episodios de lluvias serán consideradas como adecuadamente tratadas cuando, al menos, reciban un **tratamiento primario** en sistemas de saneamiento unitario o un **pretratamiento** en sistemas de saneamiento separativo.

Las Recomendaciones del MITECO, detallan a continuación, en qué consiste cada uno de los tratamientos para el cálculo del rendimiento hidráulico (η_{HID}):

Pretratamiento

Se considera que la escorrentía pluvial de un sistema de saneamiento separativo ha recibido un tratamiento adecuado cuando se eliminan flotantes, objetos gruesos, grasas e hidrocarburos. Esto podrá conseguirse cuando:

- Se trate la escorrentía pluvial mediante sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS) que sean capaces de gestionar $\geq Pd,80\%$ o eliminen, como mínimo, el 80% de la masa promedio anual de sólidos en suspensión (SS), dado que contaminantes como los hidrocarburos o los metales pesados tienden a adherirse a la fracción particulada de estos sólidos. Los SUDS a emplear serán adecuados al nivel de contaminación que se pretende gestionar, según la metodología de los índices de mitigación que se explicarán en el apartado 6.8.4.
- Se traten los sólidos en suspensión (SS) de la escorrentía pluvial, captando los contaminantes propios de las aguas de escorrentía, como son los hidrocarburos o los metales pesados, que tienden a adherirse a la fracción particulada de estos

sólidos. En una primera aproximación, se deberá garantizar la eliminación de partículas decantables iguales o mayores a 10 mm. El Organismo de Cuenca podrá solicitar otro tamaño de partículas decantables atendiendo a la naturaleza y características del vertido.

–Otro tipo de soluciones que consiga el mismo grado de eliminación anterior de los sólidos en suspensión y sus contaminantes asociados (tanques de tormenta, separadores hidrodinámicos, etc.). El Organismo de Cuenca podrá solicitar que se instalen las soluciones que considere más convenientes atendiendo a la naturaleza y características del vertido.

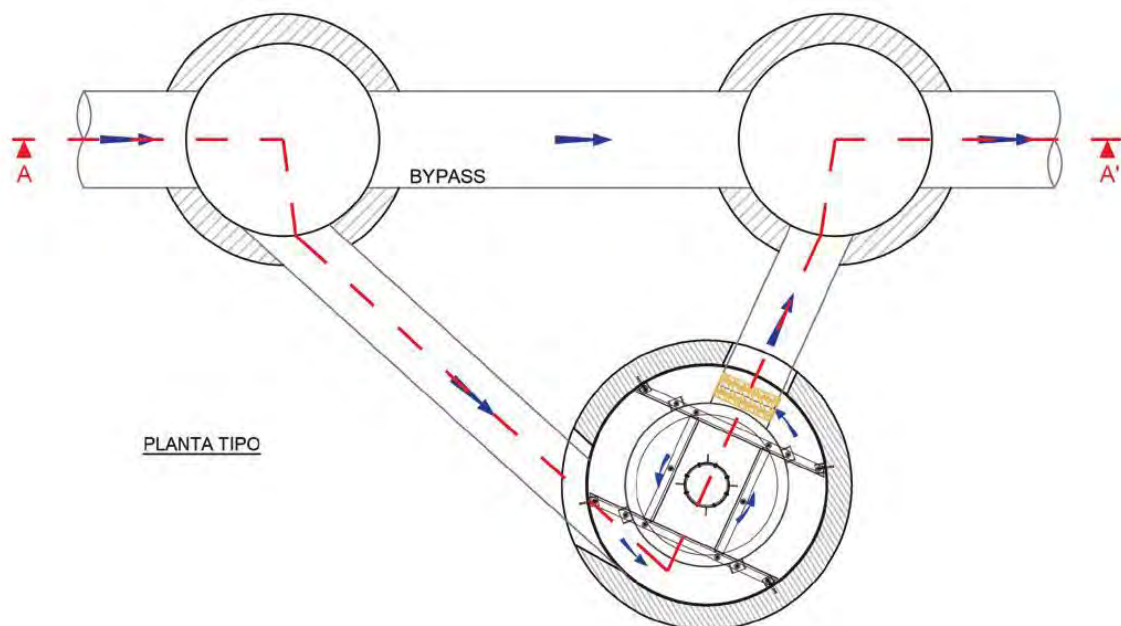


Figura 6.33 Separador hidrodinámico instalado en paralelo con la red del sistema de saneamiento separativo. Fuente: DRENATURA

Las aguas de escorrentía pluvial de un sistema de saneamiento separativo con un **nivel bajo de riesgo de contaminación**, tal como se verá en el apartado 6.8.4, pueden considerarse como volúmenes de agua que no causan impactos negativos significativos en la calidad de las aguas receptoras a los que se hace alusión en el Anexo XI.5.3 del RDPH.

Por el contrario, las aguas de escorrentía pluvial de un sistema de saneamiento separativo con un **nivel medio y alto de riesgo de contaminación**, en entornos

urbanos consolidados según se describirá a continuación y donde se justifique que los tratamientos anteriores suponen un coste desproporcionado (ver apartado 6.8.9.2), se podrá admitir, en una primera fase, la retención de los sólidos gruesos y flotantes mediante pantallas deflectoras, tamices, rejas o cestas, con una luz de paso \leq a 10 mm. No se considerarán las rejas de los imbornales. Además, en previsión de alcanzar un tratamiento adecuado de estas aguas, se indicará dentro de los siguientes puntos qué actuaciones se llevarán a cabo en fases posteriores para conseguir un tratamiento adecuado de la escorrentía pluvial con un nivel medio y alto de riesgo de contaminación en dichos entornos urbanos consolidados.

Se consideran aguas de escorrentía pluvial con un **nivel medio de riesgo de contaminación**:

- Tejados o cubiertas en zonas residenciales/sector terciario (servicios)/industriales, sin revestimientos de metal, con producción o manejo de mercancías o con una atmósfera contaminada.
- Zonas industriales sin sustancias/contaminantes peligrosos.
- Zonas de ocio o uso lúdico: mercados o ferias al aire libre, zonas comerciales o peatonales.
- Zonas de aparcamiento no residencial con una frecuencia media de renovación (Hospitales).
- Pistas/carreteras con tráfico bajo ($300 \leq \text{IMD vehículos/día} < 2.000$). Se espera esta IMD en:
 - Calle de un carril por sentido.
 - Zona residencial ($1.^\circ$ planta $<$ altura \leq $5.^\text{a}$ planta).
 - Zona comercial mediana ($50 \leq$ plazas de aparcamiento < 500).
 - Zona de aparcamiento residencial/comercial ($50 \leq$ plazas de aparcamiento < 200).
- Zonas residenciales con poco tráfico ($\text{IMD} < 2.000$ vehículos/día), incluyendo aparcamientos colectivos, incluso en áreas industriales en las que no se manejen sustancias contaminantes.
- Carreteras/Viales de capacidad:
 - Media ($\text{IMD} < 15.000$ vehículos/día).

- Baja (IMD < 2.000 vehículos/día) si el ambiente o el tipo de actividad en el área es contaminante. Se incluirán menores tasas de tráfico si hay un alto movimiento de sólidos no peligrosos (arenas).
- Aeródromos de baja intensidad de tráfico aéreo, sin instalaciones de lavado o repostaje.
- Áreas de producción agropecuaria con bajo nivel de contaminación orgánica y sin uso de otras sustancias contaminantes.
- Puertos deportivos (se tendrá que estudiar el tratamiento necesario en cada zona y someterlo a la aprobación de la autoridad competente).

Se consideran aguas de escorrentía pluvial con un **nivel alto de riesgo de contaminación**:

- Zonas de aparcamiento o tránsito peatonal en áreas comerciales o industriales con una alta densidad de tráfico (IMD >2.000 vehículos/día) o en ambientes con un alto nivel de contaminación en el suelo, debido a la propia actividad o a la ausencia de limpieza periódica.
- Zonas de aparcamiento con una frecuencia alta de renovación.
- Áreas con alto tráfico de vehículos (IMD >15.000 vehículos/día). Se espera esta IMD en:
 - Doble calzada.
 - Autovías o circunvalaciones urbanas.
- Espacios vinculados a aeródromos no incluidos en el párrafo anterior (nivel medio de riesgo de contaminación).
- Áreas industriales de acopio y tráfico en las que se manejen sustancias contaminantes.
- Zonas vinculadas a actividades e instalaciones industriales incluidas en el Anejo I del Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación (IPPC).
- Áreas vinculadas a plantas de tratamiento de aguas residuales y plantas de eliminación de desechos (por ejemplo, vertederos, plantas de transferencia, plantas de compostaje, etc.).

- Zonas de actividad agropecuaria en las que se maneje estiércol u otras sustancias contaminantes.
- Superficies que viertan a Zonas que hayan sido declaradas objeto de protección especial en virtud de norma específica sobre protección de aguas superficiales o subterráneas, o sobre conservación de hábitats y especies directamente dependientes del agua, de acuerdo con el artículo 99.bis del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Zonas portuarias (se tendrá que estudiar el tratamiento necesario en cada zona y someterlo a la aprobación de la autoridad competente): terminales portuarias, muelles públicos, metros lineales de atraque, superficie de almacenes, terminales de cruceros, etc.

En consecuencia, los volúmenes asociados a las escorrentías pluviales con un nivel bajo de riesgo de contaminación pueden considerarse como volúmenes de agua que no causan impactos negativos significativos en la calidad de las aguas receptoras a los que hace alusión el apartado 5.3.b), Anexo XI del RDPH y se considerarán como volúmenes correctamente gestionados por el sistema de saneamiento y, por ello, deberán ser tenidos en cuenta como tal en el cálculo del rendimiento hidráulico.

Para aquellos casos en los que la IMD de vehículos no sea un dato de fácil obtención, podrá emplearse la siguiente tabla simplificada:

IMD vehículos	Tipo de calle	Tipo de vía	Uso de la calle	Uso de la vía
< 300	Un solo carril		-Residencial de planta baja+primera -Zonas comerciales pequeñas -Aparcamientos residenciales y comerciales <50 vehículos	
<2.000	Un carril por sentido		-Residencial de hasta 5 plantas -Zonas comerciales medianas -Aparcamientos residenciales y comerciales <200 vehículos	
>2.000	Dos, o más carriles por sentido		-Residencial en altura (por encima de 5 plantas) -Grandes zonas comerciales -Aparcamientos residenciales comerciales > 200 vehículos	
<15.000		Calzada única		Carretera convencional o periurbana
>15.000		Doble calzada		Autovías o circunvalaciones urbanas

Tabla 6.3 IMD de diseño en función de las características de uso. Fuente: Recomendaciones para la elaboración de planes integrales de gestión del sistema de saneamiento (MITECO,2025)

Tratamiento primario

El tratamiento primario necesario para los desbordamientos de las redes unitarias en episodios de lluvia se llevará a cabo de acuerdo con el Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. El tratamiento primario consiste en (art. 2.g del R.D.L 11/1995):

“Tratamiento primario: El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o fisicoquímico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO₅ de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos, en un 20 por 100 antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos, en un 50 por 100”.

Si las infraestructuras del sistema de saneamiento (tanque de tormentas, etc.) consiguen alcanzar dichos niveles, podrán verter dichas aguas que se localizarán,

generalmente, en la lámina superior de las aguas del tanque de tormentas, siendo considerado volumen gestionado a efectos del cálculo del rendimiento hidráulico.

Es recomendable que en los tanques de tormentas se instalen sus aliviaderos al final del proceso de decantación y, además, cuenten con sistemas de limpieza automática (limpiadores auto basculantes, limpieza por vacío, clapetas de limpieza, eyectores giratorios, etc.).

6.8.3 Objetivo indicativo sobre la relación entre la carga contaminante generada en condiciones de tiempo seco y la carga vertida por los DSS (Directiva UE 2024/3019)

Como ya se ha explicado en el apartado 4.4, la Directiva (UE) 2024/3019 refleja la preocupación por la contaminación de las aguas procedentes de los DSS y por la contaminación que puede alcanzar a los medios receptores.

También se ha visto en el apartado 4.4 que las medidas más destacables relacionadas con el drenaje urbano que incorpora esta Directiva son la obligatoriedad de elaborar PIGSS y la implantación de objetivos de contaminación máxima en los desbordamientos de las aguas de tormenta.

Estos objetivos se fijarán mediante la imposición, por parte de los Estados miembros, de un límite en el cociente entre la carga contaminante vertida a través de los desbordamientos de las aguas de tormenta y la carga contaminante total en tiempo seco que llega a la EDAR de la aglomeración urbana. Para incentivar que los Estados miembros se tomen en serio los DSS, se establece un valor de referencia



de este indicador del **2%**. Los parámetros posibles a considerar serán DQO, DBO₅ y SS, y, si resulta relevante, también N y P. En cualquier caso, se trata de un valor indicativo que podrá ser definido por cada Estado miembro en el proceso de transposición nacional.

Sin embargo, de momento, la única obligación que hay en el RD 665/2023 es

la de calcular el rendimiento de la carga contaminante ($\eta_{\text{CARGA CONTAMINANTE}}$) que relacione la carga contaminante anual de los vertidos por alivios del sistema de saneamiento durante episodios de lluvia con respecto a la carga contaminante anual de las aguas residuales gestionadas en tiempo seco:

$$\eta_{\text{CARGA CONTAMINANTE}} = \frac{\text{Volumen VDSS (m}^3/\text{año)} \times \text{Carga (mg/l)}}{\text{Volumen Gestionado en tiempo seco (m}^3/\text{año)} \times \text{Carga (mg/l)}}$$

Para calcular este rendimiento las Recomendaciones del MITECO establecen las siguientes indicaciones:

1.-Estimación de las cargas contaminantes anuales de los VDSS liberadas en las aguas receptoras en caso de precipitaciones

Para obtener la carga total del sistema de saneamiento se empleará el cálculo a través de las mediciones de turbidez, conductividad y pH, mediante análisis en continuo o con muestras puntuales. Para poder asimilar estas variables al resto de las variables habituales en saneamiento (DBO₅, DQO, SS y, si es necesario por la figura de protección del cauce, N y P), se deberá realizar una campaña en el sistema de saneamiento (aliviaderos) en la que, al menos, se capture un porcentaje de agua desbordada representativa de la red, donde se analizarán los vertidos de una lluvia en la cercanía del Pd,80% para, posteriormente, y mediante trabajo estadístico, realizar la traslación de esos valores a diferentes lluvias. En el Anexo 2 de las Recomendaciones del MITECO se incluye una propuesta de metodología muy clara para estimar la carga contaminante.

2.-Estimación de las cargas contaminantes anuales de las aguas residuales gestionadas en tiempo seco

La toma de muestras en el punto de control destinada al control del cumplimiento de los objetivos ambientales en el medio receptor se realizará en condiciones hidrometeorológicas representativas del régimen medio de caudales para cada época del año, de acuerdo con los criterios regionales que establezca el organismo de cuenca.

No se considerarán representativas del régimen de caudal las muestras tomadas durante episodios de precipitación superiores a la del 80% de los días en las aglomeraciones urbanas situadas inmediatamente aguas arriba de la masa de agua objeto de muestreo [Anexo XI.7.4.c) del RDPH].

6.8.4 Objetivos indicativos sobre la protección de las escorrentías provenientes de las aguas de lluvia para evitar su contaminación e incluso su mezcla con las aguas residuales domésticas

Deberá plantearse en el PIGSS **maximizar la infiltración**, especialmente en las cuencas no urbanizadas, con el fin de proteger las escorrentías procedentes de las aguas de lluvia y evitar tanto su contaminación como su mezcla con las aguas residuales domésticas. Para ello se recurrirá, entre otras técnicas, a la implantación de **SUDS** que favorezcan la infiltración y la renaturalización de los entornos urbanos.

En el apartado 6.5.5.3 se han desarrollado con cierto detalle las principales SUDS utilizadas.

Adicionalmente, en el Anejo III de las Recomendaciones del MITECO se incluyen las nociones básicas necesarias para el diseño y la implantación de SUDS en las aglomeraciones urbanas, teniendo en cuenta los arts. 126.7 y 159 quinquies.3.c). 4º del RDPH, entre otros. Tal como se establece en este anexo, para que se pueda considerar que la escorrentía producida en el área drenada asociada a una determinada técnica SUDS, ha recibido un tratamiento adecuado, estos SUDS, además de ser de los tipos y características adecuados, como mínimo, deben diseñarse para tratar íntegramente la Pd,80% (cuyo valor se obtendrá mediante el procedimiento definido en el apartado 5.2 del Anexo XI del RDPH).

Tal como indican las Recomendaciones del MITECO, en ausencia del establecimiento por parte de la autoridad competente de una metodología de diseño de SUDS para el cumplimiento de los requisitos de calidad de las escorrentías, se empleará la metodología de los Índices de Mitigación,

desarrollada originalmente en el documento “The SuDS Manual” (Woods-Ballard and Kellagher, 2015).

Esta metodología establece unos índices de peligrosidad para cada uso del suelo, que deben compararse con los índices de mitigación de cada tipo de SUDS. La tipología de SUDS seleccionada será adecuada, desde el punto de vista de la calidad, si se cumple que la capacidad de mitigación de la técnica SUDS es igual o superior al índice de peligrosidad del uso del suelo de la cuenca asociada:

$$\text{Índice de mitigación (por SUDS en función del contaminante)} \geq \text{Índice de peligrosidad (en función del contaminante)}$$

Figura 6.34 Expresión metodología de los Índices de Mitigación. Fuente: Recomendaciones para la elaboración de planes integrales de gestión del sistema de saneamiento (MITECO, 2025).

Dado que, en ocasiones, una única técnica SUDS no logra el nivel de mitigación adecuado, se puede optar por la concatenación de SUDS de diferente tipología formando un tren de tratamiento que aumente la efectividad de la actuación. Para estos casos, los índices de mitigación se calcularán empleando la siguiente expresión:

$$\text{Índice de mitigación de contaminación de la cadena SUDS} = \text{Índice de mitigación de contaminación del SUDS 1} + \sum_{i=2}^n 0,5 \text{ Índice de mitigación de contaminación del SUDS } i$$

Figura 6.35 Expresión Índice de Mitigación de una cadena SUDS. Fuente: Recomendaciones para la elaboración de planes integrales de gestión del sistema de saneamiento (MITECO, 2025).

Como corolario, y tal como remarcan las Recomendaciones del MITECO en su apartado 4 del Anexo III:

Las aguas de escorrentía pluvial asociadas a los entornos urbanos deben ser objeto de protección en sí mismas, evitando en la medida de lo posible su contaminación y primando el respeto al ciclo hidrológico natural. Se priorizarán las medidas preventivas frente a las correctivas, actuando en origen con el empleo de técnicas de drenaje urbano sostenible e infraestructuras verdes, fomentando el tratamiento en origen de la escorrentía pluvial y su infiltración, además de fomentar el aprovechamiento de aguas pluviales y la reutilización de las aguas grises.

Esta metodología establece unos índices de peligrosidad para cada uso del suelo, que deben compararse con los índices de mitigación de cada tipo de SUDS. La tipología de SUDS seleccionada será adecuada, desde el punto de vista de la calidad, si se cumple que la capacidad de mitigación de la técnica SUDS es igual o superior al índice de peligrosidad del uso del suelo de la cuenca asociada.

El volumen infiltrado también incluirá el que, procedente de la escorrentía generada aguas arriba en un sistema separativo, se infiltre en un elemento integrado en el sistema aguas abajo, como puede ser una balsa de infiltración, si bien y, por economía, las infraestructuras verdes se instalarán, preferentemente, aguas arriba de la red de alcantarillado.

Se interpretará que el Volumen total gestionado incluirá no solo al gestionado en la EDAR, sino también al que ha sido gestionado adecuadamente en el sistema. En particular, el volumen de escorrentía producida en el área drenada asociada a una técnica SUDS, o una cadena de técnicas SUDS, que no se ha infiltrado, se considerará que ha sido gestionada adecuadamente, cuando estos SUDS, además de ser de los tipos y características adecuados atendiendo a criterios de gestión de la calidad de agua, como mínimo, han sido diseñados para tratar íntegramente la Pd,80% (cuyo valor se obtendrá mediante el procedimiento definido en el apartado 5.2 del Anexo XI del RDPH).

Dentro del apartado de las infraestructuras de regulación y almacenamiento, se listarán los SUDS que vayan a considerarse en el cálculo del rendimiento

hidráulico, indicando su ubicación, tipología, cuenca drenante asociada (área impermeable y uso del suelo) y volumen de almacenamiento disponible.

Del lado de la seguridad, es práctica habitual asimilar los coeficientes de escorrentía de los SUDS a los de las superficies que lo componen, (p.ej. 0,3 si se trata de un jardín de lluvia), y no suponer que es un entorno natural y asignarle un coeficiente de escorrentía inferior y, posteriormente, tener en cuenta su efecto de laminación-infiltración en el cálculo hidrológico-hidráulico dependiendo de su capacidad de almacenamiento, control de salida, permeabilidad, etc.”.

6.8.5 Objetivos de eliminación progresiva de los vertidos no tratados de aguas de escorrentía urbana recogida en sistemas separativos que causen impactos negativos en el medio receptor

Deberá también plantearse en el PIGSS una reducción progresiva de los vertidos directos de aguas de escorrentía urbana recogidas en sistemas separativos, salvo que se demuestre que no generan efectos adversos sobre la calidad de las aguas receptoras.

Cuando estos vertidos cuenten con un **sistema de pretratamiento**, podrán mantenerse en funcionamiento. Entre las soluciones aceptadas como pretratamiento se incluyen los **SUDS**, que permiten mejorar la calidad del agua antes de su descarga.

No obstante, se considerará que en determinados casos las aguas pluviales presentan un **riesgo bajo de contaminación**, por lo que podrán seguir vertiéndose sin necesidad de aplicar pretratamiento. Tal como indican las Recomendaciones del MITECO estas aguas pluviales corresponden a los siguientes casos:

- Tejedados o cubiertas en zonas residenciales o industriales con una atmósfera limpia sin revestimientos de metal.
- Caminos peatonales/viales sin tráfico relevante (carriles bici).
- Zonas de ocio o uso lúdico (Plazas, pistas deportivas).

- Zonas de aparcamiento o zonas impermeables en edificaciones unifamiliares.
- Zonas de aparcamiento o espacios comunes en Zonas residenciales de < de 50 viviendas.
- Zonas de aparcamiento no residencial con cambios poco frecuentes (escuelas, oficinas).
- Pistas/carreteras con tráfico muy débil (IMD < 300 vehículos/día):
 - Calle de un solo carril.
 - Zona residencial de planta baja o planta primera.
 - Zona comercial pequeña (< 50 plazas de aparcamiento).
 - Zonas de aparcamiento residencial/comercial de < 50 vehículos.

6.8.6 Creación de los modelos

Para poder diagnosticar la problemática de los DSS y planificar las actuaciones necesarias para conseguir los objetivos que se acaban de exponer, será necesario trabajar con modelos de la red de alcantarillado.

6.8.6.1 Modelo del alcantarillado

La base del modelo necesario para el estudio de medidas anti-DSS será el ya desarrollado para la comprobación anti-inundaciones de las actuaciones anti-DSS.

Dado que el objetivo de este modelo es **estimar los volúmenes vertidos al medio**, habrá que prestar especial atención a los siguientes aspectos:

1. La modelización del interceptor de aguas residuales y de las estructuras de desbordamiento del sistema de saneamiento, incluyendo la modelización de las aguas residuales en todo el sistema de saneamiento.
2. La modelización de la escorrentía pluvial, su incorporación a la red y el transporte posterior a través del sistema de saneamiento.

Los puntos 1 y 2 ya estarán adecuadamente modelizados y calibrados gracias a los trabajos realizados en los modelos para el cálculo de actuaciones en tiempo seco y contra inundaciones.

Además del modelo hidráulico, será necesario estimar las cargas contaminantes anuales de los VDSS liberadas en las aguas receptoras en caso de precipitaciones según se ha explicado en el apartado 6.8.3.

6.8.6.2 *Calibración de los modelos*

En esta etapa se partirá del modelo hidráulico en tiempo seco y en tiempo de lluvia ya calibrado en las fases anteriores del PIGSS.

6.8.7 Optimización

En los estudios anti-DSS, la optimización del modelo cobra mayor importancia por la necesidad de simular largas series pluviométricas. En el proceso iterativo de simular distintos escenarios para comprobar si se cumplen los objetivos, si los modelos no están suficientemente optimizados, los tiempos de cálculo pueden resultar excesivos.

Por ello, la optimización de modelos es especialmente recomendable en el caso del modelo de alcantarillado.

El primer paso, por tanto, será evaluar el tiempo de cálculo estimado de la simulación de la serie pluviométrica. Si el tiempo se considera razonable para trabajar con él, la fase de optimización podrá omitirse. En caso contrario, será necesario simplificar el modelo aplicando las metodologías descritas en el apartado 6.4.3.

Dado que el interés principal está en los caudales vertidos al medio receptor, la simplificación puede aplicarse sobre todo en las partes de la red situadas aguas arriba, lejos de los puntos de vertido. Asimismo, las zonas inundables que antes se simulaban con gran nivel de detalle ya no requieren tanta precisión y pueden simplificarse.

En cualquier caso, tras la optimización será imprescindible comparar los resultados del modelo simplificado con los del modelo detallado, para confirmar que los caudales y niveles obtenidos son equivalentes en los puntos principales.

6.8.8 Diagnósis

La diagnósis consiste en obtener el rendimiento hidráulico, a partir del análisis de los volúmenes de agua pluvial y residual, que el sistema es capaz de infiltrar o tratar en la EDAR respecto al total de agua pluvial y residual que se genera en el sistema de saneamiento, a partir de la modelización de la red de alcantarillado, bajo las lluvias de diseño explicadas en el apartado 6.8.2.3.

6.8.9 Cálculo de actuaciones (prognósis)

En la fase de prognósis se determinarán las actuaciones necesarias para cumplir el rendimiento hidráulico prescrito y el resto de requerimientos prescritos, como los caudales de diseño de las rejillas y tamices.

6.8.9.1 Cálculo de actuaciones anti-DSS

Si no se alcanzan los objetivos establecidos se inicia un proceso iterativo para identificar las medidas necesarias que garanticen su cumplimiento. Entre las posibles actuaciones destacan:

- Aumentar el caudal derivado hacia la EDAR.
- Incorporar capacidad adicional de almacenamiento mediante depósitos anti-DSS o tanques de tormenta.
- Ampliar la capacidad de tratamiento de la EDAR.
- Implantar SUDS.
- Reubicar puntos de vertido en zonas con menor impacto ambiental.

El incremento de caudales hacia la EDAR, asegurando que el sistema sea capaz de tratar al menos entre 2,4 y 5 veces el caudal medio de aguas residuales mediante tratamiento primario, debe considerarse una de las primeras medidas dentro de este proceso. Normalmente, estas actuaciones se materializan en la elevación de los labios de los aliviaderos o en la ampliación de la capacidad de las estaciones de bombeo. Se trata de soluciones de bajo coste y alta eficacia para reducir el impacto de los DSS en el medio receptor.

Cuando los problemas se concentran en episodios de lluvia, resulta más recomendable incorporar depósitos anti-DSS antes de plantear ampliaciones significativas en la EDAR, en los interceptores o en las estaciones de bombeo.

En esta fase, los modelos se ajustan para incorporar las mejoras previstas y se vuelve a evaluar su efecto en los DSS. Para reducir tiempos de cálculo, puede trabajarse con un subconjunto de episodios de lluvia representativos de la serie completa. No obstante, una vez identificadas las actuaciones que permiten alcanzar los objetivos, es imprescindible validar los resultados con toda la serie de precipitaciones.

6.8.9.2 Análisis coste-eficacia de las medidas y costes desproporcionados

Tal como establecen las Recomendaciones del MITECO en su apartado 10.6.1, las soluciones estudiadas deben contar con un análisis coste-beneficio o coste-eficacia que permita seleccionar la alternativa que mejor resultado obtiene sin incurrir en costes desproporcionados.

El análisis coste-eficacia se utiliza para evaluar la relación entre los costes y los beneficios de diferentes alternativas de inversión o intervención. Su objetivo es determinar qué opción proporciona el mejor resultado en relación con su coste, sin enfocarse directamente en la rentabilidad económica, sino también en la eficiencia del uso de los recursos y en los beneficios de tipo social y ambiental.

Tal como remarcan dichas Recomendaciones se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Necesidad de la actuación (normativa, obligación de redacción de PIGSS...)
- Objetivos que se quieren alcanzar.
- Alternativas consideradas.
- Costes asociados, tanto los de construcción como los de explotación y mantenimiento.
- Análisis multicriterio: beneficios sociales, de tiempo de implantación, ambientales, etc. y selección de la alternativa escogida

Adicionalmente se incluyen por su interés las consideraciones de las Recomendaciones de MITECO sobre la incursión en costes desproporcionados.

El concepto de coste desproporcionado en el diseño de infraestructuras se refiere a la situación en la que los costes asociados a la implementación de una medida superan significativamente los beneficios esperados, haciendo que la inversión no sea justificable desde un punto de vista económico, social o ambiental.

Este concepto es fundamental en la evaluación del impacto económico y social de los proyectos, ya que permite identificar cuándo una inversión adicional no genera un retorno proporcional en términos de utilidad pública, seguridad o sostenibilidad.

Para determinar si un coste es desproporcionado, se suelen considerar los siguientes aspectos:

- Ratio beneficio-coste.
- Impacto social y ambiental.
- Cumplimiento normativo.

Si se considera que los costes son desproporcionados, las opciones son diversas:

- Análisis de los modelos realizados y de las simplificaciones efectuadas. Ello podría conllevar volver a la fase de modelización.
- Modificar las medidas consideradas y plantear nuevas alternativas.
- Replantear los objetivos de la masa de agua receptora, analizando si se pueden rebajar los objetivos de vertido.

Para que los costes se puedan considerar desproporcionados y se autorice a rebajar los objetivos de vertido, en la aglomeración urbana debe justificarse adecuadamente una planificación de implantación de SUDS, de aprovechamiento de aguas pluviales, de reutilización de aguas grises o de ampliación de la capacidad de la EDAR (entre 3-5 Qm) que permitan reducir los requisitos.

En general, se puede considerar que, cuando la Pd,80% sea igual o superior a 20 mm y se haya implantado alguna de las medidas anteriores (SUDS, etc.), podría estudiarse si se incurre en costes desproporcionados.

6.9 Campaña de medidas para la calibración de los modelos

6.9.1 Introducción

Una campaña de medidas para la calibración de los modelos suele ser una tarea compleja y costosa, tanto en términos de esfuerzo como de presupuesto. Esto puede llevar, en algunos casos, a la tendencia a reducir su alcance o incluso prescindir de ellas. Sin embargo, es importante recalcar la relevancia de este trabajo, ya que los resultados de los modelos servirán de base para tomar decisiones sobre actuaciones con presupuestos muy superiores al coste de estas campañas. Por ello, es fundamental llevar a cabo campañas de calidad que permitan una correcta calibración de los modelos, garantizando así que las medidas planificadas en el PIGSS sean realmente eficaces para los objetivos con los que se diseñaron.

En los apartados siguientes se presentarán una serie de recomendaciones generales sobre las campañas mínimas necesarias para llevar a cabo una calibración básica de los modelos descritos anteriormente. No obstante, conviene adaptar estas recomendaciones tanto a los requerimientos específicos de los modelos que se vayan a aplicar en el PIGSS, como a las condiciones locales de la zona de estudio.

6.9.2 Recomendaciones generales

6.9.2.1 *Planificación de las campañas a realizar*

Como se ha señalado, las campañas de medida para la calibración de los modelos resultan bastante costosas, por lo que para optimizar los recursos disponibles es fundamental planificarlas adecuadamente.

Existen diversas áreas que requieren coordinación antes y durante la campaña:

- **Requerimientos de los modelos**

En general, se necesita información de caudales y calidad del sistema de saneamiento, tanto en tiempo seco como durante episodios de lluvia.

La definición exacta de los puntos de muestreo, los parámetros a registrar, el número de días y de episodios necesarios, debe establecerse conjuntamente entre el modelizador (usuario final de los datos) y el propietario/gestor del sistema, que conoce las mejores ubicaciones desde el punto de vista de accesibilidad, seguridad o posibles incidencias.

Uno de los primeros pasos es analizar los datos ya existentes que puedan aprovecharse en el desarrollo del PIGSS, como los recogidos en las EDAR (entrada y salida).

• **Equipo técnico de instalación de sensores y toma de muestras**

El equipo técnico debe encargarse de suministrar, instalar y desplegar los equipos, así como de realizar los muestreos in situ.

• **Protocolos de coordinación y planificación temporal**

Para coordinar todas estas tareas es imprescindible definir protocolos claros que especifiquen: ubicaciones de equipos y puntos de muestreo, parámetros a medir, conservación y transporte de muestras, condiciones climáticas que activan la campaña, etc.

La elección de la época del año en que se desarrollará la campaña también es clave, priorizando los periodos en los que sea más probable registrar los episodios de lluvia de interés.

Finalmente, se debe recopilar toda la información previa disponible, destacando los datos de sensores instalados en campañas anteriores en cumplimiento del RD

1290/2012, que pueden aportar conclusiones útiles para planificar y calibrar modelos.



6.9.2.2 Consideraciones sobre la ubicación de la monitorización

En los apartados siguientes se presentarán consideraciones específicas para campañas en el sistema de saneamiento. Como criterios generales es fundamental que los puntos de muestreo seleccionados cumplan los siguientes requisitos:

- **Accesibilidad:** el acceso puede ser necesario las 24 horas del día, los 7 días de la semana, por lo que deben evitarse localizaciones de difícil entrada, ya sea en terrenos privados o en zonas con gran intensidad de tráfico.
- **Seguridad:** condiciones de seguridad adecuadas para la realización de los trabajos (p. ej., acceso a espacios confinados).
- **Protección de la instalación:** garantizar que los equipos queden protegidos frente a daños accidentales o actos vandálicos.
- **Representatividad:** el punto de muestreo debe reflejar de manera fiable las características de los caudales circulantes. Idealmente, debería situarse aguas abajo de zonas donde exista una mezcla homogénea de caudales.
- **Requisitos técnicos:** cumplir con la profundidad mínima de flujo y demás condiciones necesarias para el correcto funcionamiento de los sensores.

6.9.2.3 *Parámetros a analizar*

Tal como se ha explicado en el apartado 6.8.3 para obtener la carga total del sistema de saneamiento deberá medirse la turbidez, conductividad y pH, mediante análisis en continuo o con muestras puntuales. Para poder asimilar estas variables al resto de las variables habituales en saneamiento (DBO₅, DQO, SS y, si es necesario por la figura de protección del cauce, N y P), se deberá realizar una campaña en el sistema de saneamiento (aliviaderos) en la que, al menos, se capture un porcentaje de agua desbordada representativa de la red, donde se analizarán los vertidos de una lluvia en la cercanía del Pd,80% para, posteriormente, y mediante trabajo estadístico, realizar la traslación de esos valores a diferentes lluvias.

Además, para estimar las cargas contaminantes anuales de las aguas residuales gestionadas en tiempo seco, será necesaria una toma de muestras en el punto de control habitual de entrada a la EDAR.

Tal como se ha indicado, no se considerarán representativas del régimen de caudal las muestras tomadas durante episodios de precipitación superiores a la del 80% de los días en las aglomeraciones urbanas situadas inmediatamente aguas arriba de la masa de agua objeto de muestreo [Anexo XI.7.4.c) del RDPH].

6.9.2.4 *Equipos*

Tal como indica el apartado 8.2 de la NTB del RD 665/2023, deberán instalarse medidores en continuo o muestras puntuales representativas del vertido durante los episodios de precipitación recogidas por tomamuestras automáticos, midiendo al menos pH, conductividad y turbidez. Los tomamuestras permiten programar con antelación la recogida de muestras y garantizar su correcta conservación hasta su traslado al laboratorio para su análisis.

6.9.3 Campañas de medidas en el sistema de saneamiento

6.9.3.1 *Tiempo seco*

Se realizarán, al menos, tres campañas en tiempo seco (dos en días laborables y una en fin de semana). En aquellos sistemas donde existan variaciones

significativas entre diferentes épocas del año (verano/invierno), se valorará la conveniencia de llevar a cabo campañas adicionales.

La duración de cada campaña será de 24 horas, registrando datos en continuo siempre que sea posible o, en su defecto, tomando muestras cada 2 horas para su posterior análisis en laboratorio.

En cuanto al número y ubicación de los puntos de muestreo, resultan esenciales tanto el criterio del modelizador como el conocimiento detallado del sistema. No obstante, como mínimo se establecerá un punto de muestreo por sistema, que podrá ubicarse en la EDAR. En sistemas que integren municipios con características muy heterogéneas (residencial/industrial; grandes/pequeños, etc.), deberá habilitarse un punto de muestreo por municipio, situado antes de su conexión con el interceptor, en la ubicación que mejor represente el conjunto del saneamiento de dicho municipio.

6.9.3.2 Tiempo de lluvia

Se requiere como mínimo registrar datos de 3 episodios de lluvia válidos para la calibración. La dificultad radica en determinar qué episodios de lluvia pueden considerarse válidos. De forma genérica, los requisitos de estos episodios serían:

- La lluvia debe ser suficiente, de manera que las pérdidas iniciales no sean significativas respecto al volumen de escorrentía.
- Los caudales en los puntos de medida deben ser suficientes para asegurar que los datos registrados son válidos.
- Los caudales deben ser suficientes para garantizar que los distintos elementos que se quieren evaluar han estado operativos (por ejemplo, si se quiere comprobar el funcionamiento de los aliviaderos del saneamiento en tiempo de lluvia).
- La lluvia no debe presentar picos excesivos que dificulten el proceso de calibrado.

De manera orientativa, estos criterios se pueden interpretar así:

- La lluvia total del episodio debe ser mayor a 5 mm.
- Las duraciones de los tres episodios deben ser diferentes: idealmente, uno con duración aproximada a la mitad del tiempo de concentración (T_c) del sistema, otro igual a T_c y un tercero el doble de T_c .
- La intensidad de lluvia debe ser mayor a 10 mm/h durante al menos 5 minutos.
- El período entre episodios debe ser suficiente para permitir que el sistema vuelva a su situación normal de operación en tiempo seco.

Los datos pluviométricos son imprescindibles. Generalmente se requieren dos pluviómetros por sistema, dependiendo del área de la cuenca y su topografía, lo que permite comparar la pluviometría entre ambos sensores y tener un respaldo en caso de fallo de uno de ellos. Se recomienda ubicar los pluviómetros dentro de la zona urbana, evitando puntos donde la medición pueda verse afectada por edificios o árboles cercanos. La frecuencia de registro de la intensidad de lluvia debe ser máximo cada 5 minutos.

El número mínimo de puntos de muestreo en el sistema de saneamiento será uno por municipio, ubicado en el colector más grande antes de su conexión con el interceptor. Además de los parámetros previamente mencionados, conviene registrar también los vertidos al medio receptor. En municipios de gran extensión, se deberá elegir un punto de monitorización que esté en la misma cuenca que el pluviómetro o próximo a ella.

6.10 Plan de participación pública

6.10.1 Introducción

Con el fin de informar a la ciudadanía sobre las medidas planificadas en el PIGSS, se plantea un proceso participativo con los siguientes objetivos:

- Cumplir con la legalidad
- Introducir la visión de los participantes en la toma de decisiones

- Implicar, informar y sensibilizar a la ciudadanía
- Democratizar y aplicar transparencia

6.10.2 Prospección de agentes relevantes

Se plantea convocar a todos los actores relevantes de cada municipio:

- Los ciudadanos/as (a título individual)
- Las entidades y asociaciones del municipio
- Los agentes económicos: empresarios, comerciantes, etc.
- Los representantes políticos municipales
- Los profesionales de las áreas de las administraciones municipales más afectadas por los PIGSS

6.10.3 Estrategia de participación del público

Una vez identificados los actores relevantes, se debe desplegar una estrategia de comunicación destinada a conseguir dos objetivos clave:

- Hacer llegar una invitación para formar parte del proceso.
- Proporcionar la información necesaria para que las personas participantes conozcan el formato, los objetivos y también los límites del proceso participativo que se quiere iniciar.

De entrada, por tanto, se deben diseñar estrategias comunicativas segmentadas y focalizadas; es decir, pensadas para los perfiles y colectivos específicos a los que van dirigidas.

Además de la capacidad de llegar a los diversos perfiles individuales y/o colectivos de participantes, también es fundamental trasladarles la información básica e

imprescindible para que participen con conocimiento de causa y en condiciones de igualdad.

Se plantea iniciar el proceso de participación de los actores relevantes 3 meses antes de la fecha prevista de entrega del PIGSS.

6.10.4 Fases de participación del público

6.10.4.1 *Acciones preliminares*

Se plantearán las siguientes acciones:

- Coordinación del grupo impulsor del proceso participativo.
- Preparación de la documentación.
- Constitución de la Comisión de Seguimiento.
- Definición del calendario: 3 meses en total.

6.10.4.2 *Información*

Se dará impulso y difusión del proceso con las siguientes acciones:

- Publicación en las páginas web de todos los ayuntamientos de la aglomeración urbana.
- Información sobre la planificación del alcantarillado.

6.10.4.3 *Debate*

Se realizará una sesión presencial con los agentes relevantes de todos los ayuntamientos de la misma aglomeración urbana al mismo tiempo, con el fin de promover el diálogo, recoger aportaciones y propuestas, responsabilizar conjuntamente a la ciudadanía y fomentar buenas prácticas en el uso del saneamiento.

6.10.4.4 *Retorno*

Se publicará un Informe del proceso, con los resultados, propuestas y aportaciones.

6.10.4.5 Seguimiento

Se planteará cómo realizar el seguimiento a lo largo del tiempo de las medidas planificadas en el PIGSS.

6.10.5 Comisión de seguimiento

Se creará una Comisión de Seguimiento con las siguientes funciones:

- Opinar sobre los instrumentos y la metodología de debate propuestos, sugiriendo modificaciones.
- Hacer el seguimiento del funcionamiento y la eficacia de los instrumentos de debate y recomendar mejoras.
- Emitir informes sobre las enmiendas presentadas por los participantes en las sesiones de trabajo.
- Conocer y debatir el informe de resultados del proceso, añadiendo sugerencias o mejoras.

6.10.6 Mecanismos para conseguir la participación real

Es importante:

- En primer lugar, promover un diálogo de calidad, que implique:
 - Explicar sobre qué queremos (y sobre qué no queremos) hablar.
 - Propiciar el diálogo y escuchar lo que se expresa.
 - Responder a quienes han participado y hacer visible el impacto del diálogo generado previamente.
- En segundo lugar, definir claramente las fases del proceso de participación, tal como se explicó anteriormente.

- En tercer lugar, definir de manera precisa el rol que deben jugar en el proceso participativo tres actores clave: la ciudadanía, los políticos y los profesionales de la Administración.

6.10.7 Acciones de educación ambiental

A continuación, se exponen las acciones de educación ambiental que proponen las Recomendaciones del MITECO.

6.10.7.1 *Concienciación ciudadana*

El adecuado funcionamiento de los sistemas de alcantarillado es fundamental para la prevención de la contaminación y la protección de los recursos hídricos. Para lograrlo, es necesario implementar una serie de medidas preventivas que garanticen su eficiencia y minimicen los impactos negativos en el medio ambiente.

Una de las principales acciones consiste en evitar el vertido de sustancias indeseadas en la red de alcantarillado. El control de residuos industriales y domésticos es esencial para prevenir la contaminación del agua y la degradación de la infraestructura.

Por otra parte, es importante educar en evitar verter basuras en las calles, que acabarán en la red, incrementando las necesidades de tratamiento y los riesgos de contaminación.

La concienciación de la población es clave para que el PIGSS se implemente con éxito. A veces, la resistencia al cambio proviene de la falta de información o del miedo a costes y molestias durante las obras, por lo que una labor divulgativa de los beneficios económicos, ambientales y sociales de las medidas es esencial.



Figura 6.36 Campaña “Nuestro río empieza aquí”, para sensibilizar sobre el buen uso de la red de saneamiento. Fuente: Ayuntamiento de Leganés

6.10.7.2 Campaña sobre el vertido de sólidos no biodegradables a la red

Es necesario indicar que el vertido de toallitas higiénicas y otros residuos en los sistemas de saneamiento es un problema grave en España, generando impactos económicos y medioambientales significativos. La acumulación de estos desechos en la red de alcantarillado provoca:

- Atascos.
- Paradas y fallos en las estaciones de bombeo de aguas residuales (EBAR).
- Sobrecostes en el mantenimiento de las infraestructuras de depuración.
- VDSS en tiempo seco.



Figura 6.37 Retirada de toallitas higiénicas que provocan atascos en el sistema de saneamiento. Fuente: EMASESA

Además, una parte de estos residuos acaba en ríos y mares, contribuyendo a la contaminación del entorno natural. Por esta razón, se considera de importancia fomentar la concienciación social en la población, para lograr reducir lo máximo posible los vertidos de estos elementos altamente contaminantes a los cauces.



Figura 6.38 Arrastres de desechos en las márgenes de los ríos. Fuente: Proyecto RIMAAS. Reducción del Impacto en Masas de Agua por Alivios de Saneamiento (EMASESA).

Para abordar el problema del vertido de toallitas higiénicas en los sistemas de saneamiento y sus efectos en los cauces, se recomienda incluir en el PIGSS una campaña de concienciación basada en un enfoque estratégico que permita maximizar el impacto de los mensajes.

–En primer lugar, se propone llevar a cabo una **segmentación del público objetivo**, identificando los distintos perfiles de usuarios que contribuyen al problema. Esta segmentación permitirá desarrollar **mensajes específicos y personalizados para cada grupo**, incluyendo hogares, establecimientos comerciales, el sector hotelero

y otros actores relevantes. La diferenciación de los mensajes garantizará una mayor efectividad en la recepción de la información y en la modificación de hábitos.

– A continuación, se plantea el promover el **desarrollo de material divulgativo** con el fin de sensibilizar a la población sobre las consecuencias del vertido inadecuado de toallitas húmedas. Este material incluirá carteles informativos que serán instalados en baños públicos y privados, así como vídeos explicativos que detallarán el impacto ambiental y económico del problema. Igualmente, se distribuirán folletos en puntos estratégicos, tales como centros educativos, comercios y espacios de alto tránsito, con información clara y recomendaciones para una correcta eliminación de estos residuos.

– La **difusión del mensaje** deberá verse reforzada mediante la colaboración con **medios de comunicación y redes sociales**, aprovechando su alcance para aumentar la visibilidad de la campaña.

Se pueden desarrollar **contenidos digitales** en distintos formatos (infografías, vídeos, testimonios, reportajes) para generar un mayor impacto y fomentar la interacción con la audiencia. Asimismo, se puede incentivar el uso de hashtags y retos virales que permitan ampliar el alcance del mensaje en plataformas digitales.



Figura 6.39 Campañas de concienciación ciudadana. Fuente: Canal de Isabel II SA, MP.

7 Propuesta de índice y descripción de los documentos de un PIGSS

A continuación, se presenta una propuesta de índice del PIGSS y se describe el detalle de su contenido, de manera que el documento final redactado pueda dar respuestas a lo indicado en el art.259 quinquies.3 del RDPH y a las directrices de las Recomendaciones del MITECO. Estas Recomendaciones proponen el siguiente contenido:

1. Documento: versión/autores.
2. Plazo de vigencia.
3. Identificación y responsabilidades.
4. Descripción y caracterización del sistema de saneamiento:
 - Capacidad de almacenamiento.
 - Capacidad de tratamiento de aguas residuales en caso de precipitaciones.
 - Diagnóstico del estado de las infraestructuras. Estado de obsolescencia.
 - Capacidad de transporte en episodios de lluvia.
 - Análisis dinámico de los flujos de aguas residuales en caso de precipitaciones:
 - Modelos hidrológicos-hidráulicos que tengan en cuenta las proyecciones climáticas más recientes.
 - Estimación de las cargas contaminantes liberadas en las aguas receptoras en caso de precipitaciones
5. Objetivos de reducción de la contaminación de los VDSS:
 - Objetivos indicativos sobre la protección de la escorrentía.

- Objetivos indicativos sobre el % de agua residual urbana (incluyendo la escorrentía urbana), que el sistema de saneamiento es capaz de tratar en distintos escenarios de precipitación (rendimiento hidráulico).
 - Análisis de la carga contaminante.
 - Eliminación progresiva de los VDSS no tratados en sistemas de saneamiento separativo.
6. Medidas para alcanzar los objetivos de reducción de la contaminación de los VDSS:
- Identificación y responsabilidades de los agentes implicados.
 - Medidas preventivas (actuaciones en origen):
 - Fomento de la retención natural del agua.
 - Fomento de la recogida y aprovechamiento de aguas pluviales y de aguas grises.
 - Medidas de aumento de los espacios verdes o de limitación de las superficies impermeables.
 - Otras medidas preventivas.
 - Medidas de operación y monitorización:
 - Medidas de operación, inspección, mantenimiento, renovación de infraestructuras y preparación ante un episodio de lluvias.
 - Sistemas de monitorización de los VDSS para estimar los caudales, tiempo, volúmenes y contaminantes asociados.
 - Medidas para optimizar el uso de las infraestructuras existentes.
 - Otras medidas adicionales, priorizando los SUDS:
 - Adecuación de infraestructuras (arquetas sinfónicas; Red unitaria; Cámaras y pozos de registro; Aliviaderos; PVDSS).
 - Elementos de retención de sólidos gruesos y flotantes.

- Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).
- Campañas de concienciación ciudadana.

7. Cronograma de ejecución de las actuaciones:

- Cronograma del sistema de monitorización de los VDSS.
- Cronograma del resto de medidas.

8. Presupuesto:

- Justificación de coste desproporcionado.

9. Anexos:

- Planos.
- Presupuesto.

A continuación, se propone un índice, tomado de las Recomendaciones de la ACA, que engloba el contenido recomendado por las Recomendaciones del MITECO, planteando una mejora en su estructuración.

- Memoria.
- Anexo 1 Medidas de inspección de la red de saneamiento.
- Anexo 2 Medidas de limpieza de la red de saneamiento.
- Anexo 3 Medidas de mantenimiento del sistema de saneamiento.
- Anexo 4 Medidas de operación del sistema de saneamiento.
- Anexo 5 Diagnóstico del estado del sistema de saneamiento.
- Anexo 6 Medidas de renovación de la red.
- Anexo 7 Medidas de preparación ante un episodio de lluvia.
- Anexo 8 Sistema de monitorización de los vertidos por DSS.
- Anexo 9 Lluvias de diseño en escenario actual y de cambio climático.
- Anexo 10 Análisis del sistema de saneamiento para el transporte y tratamiento de las aguas residuales.
- Anexo 11 Análisis del sistema de saneamiento contra inundaciones.

- Anexo 12 Análisis del sistema de saneamiento contra desbordamientos del sistema de saneamiento en tiempo de lluvia.
- Anexo 13 Plan de participación pública.
- Anexo 14 Programa de vigilancia y evaluación.
- Planos.
- Presupuesto, cronograma y financiación.
- Resumen del PIGSS.

7.1 Memoria

En este apartado se resumirán los aspectos más importantes del Plan, es decir:

Objetivo del PIGSS

Antecedentes

Se hace una breve descripción de los Planes Directores anteriores, los últimos proyectos y actuaciones importantes relacionadas con la red de saneamiento, etc. Así se define la información de partida de la que se dispone al inicio del Plan.

Justificación de la redacción del Plan

Es una descripción de los motivos por los que se redacta el Plan y de las principales problemáticas que afectan al saneamiento. El principal motivo será la reducción del impacto ambiental del sistema de saneamiento en el medio receptor, pero pueden existir otros como son:

- La existencia de inundaciones periódicas que se quieren reducir.
- La aplicación de nuevos requisitos legislativos que obligan a replantear la red de saneamiento y proponer nuevas actuaciones para cumplirlos.
- Grandes cambios urbanísticos.
- Necesidad de renovar la red de saneamiento, etc.

Descripción del sistema de saneamiento actual

Para conocer el funcionamiento de la red de saneamiento, el primer paso es caracterizar la totalidad de los elementos que la conforman y por eso es necesario

hacer un levantamiento de la red por una empresa especializada de manera que se tomen datos de los pozos de registro (cotas, dimensiones, materiales, etc.), conducciones (secciones, materiales, estado de conservación), conexiones de acometidas, imbornales y elementos de captación de pluviales, y elementos singulares de la red como son aliviaderos, estaciones de bombeo, cámaras, tabiques, y otros elementos importantes que afecten al comportamiento del saneamiento. Igualmente se deberá recoger información del funcionamiento de la EDAR con el fin de caracterizar el funcionamiento normal del saneamiento en tiempo seco.

Será especialmente importante recoger la información de los puntos de desbordamiento al medio receptor de los sistemas de saneamiento.

Condicionantes y criterios adoptados en el Plan

Se enumeran las hipótesis realizadas en el Plan, los objetivos de protección y los condicionantes que afectan a su aplicación.

Los objetivos a definir en este apartado son:

1. Objetivo higienista en tiempo seco: se debe asegurar que a largo plazo la red de saneamiento tendrá suficiente capacidad para transportar y tratar el 100 % de las aguas residuales generadas, teniendo en cuenta los cambios urbanísticos y los usos de suelo, el posible crecimiento de la población y, sobre todo, para aquellos municipios turísticos, los cambios de población entre verano e invierno.
2. Objetivo anti-contaminación en tiempo de lluvia o anti-DSS, que se define en el apartado 6.8.

Además, aprovechando los modelos y los estudios que se deben realizar para cumplir los objetivos anteriores, se deberá comprobar que las actuaciones anti-DSS no incrementan las inundaciones. Habrá que definir qué protección se quiere dar a largo plazo frente a las inundaciones mediante la elección del período de retorno de protección, es decir, se decide de media cada cuánto se está dispuesto

a sufrir problemas de inundaciones. Los valores habituales de protección suelen ser de 10 años.

Metodología

Descripción de la metodología utilizada para el desarrollo del PIGSS que incluye el proceso de recogida de información, creación del modelo matemático de comportamiento de la red, calibración del mismo, realización de diagnosis, propuesta de actuaciones, etc.

Diagnóstico del estado de la red

Descripción del estado técnico y operativo de la red, teniendo en cuenta su estado de obsolescencia, a partir de una inspección con cámara de TV, eventualmente complementada con inspección con cámara pértiga, en el caso de red no visitable, y una inspección con brigadas in situ o con drones en el caso de red visitable.

Diagnóstico del funcionamiento de la red referente a:

- Tiempo seco.
- Tiempo de lluvia ordinaria: impacto de los DSS en el medio receptor.
- Tiempo de lluvia intensa, comprobando que las actuaciones anti-DSS no incrementan inundaciones.

A partir de los datos obtenidos en el levantamiento de la red, se crea un modelo matemático calibrado con datos reales, que permita diagnosticar el funcionamiento de la misma.

Este diagnóstico se debe hacer para los 2 objetivos definidos:

- Comprobar que actualmente en tiempo seco y según la población actual se transportan y tratan el 100 % de las aguas residuales y de no ser así, identificar los motivos. Identificar las aguas blancas (freáticas entre otras) que se infiltran al alcantarillado aumentando los costes de explotación y reduciendo la capacidad de la EDAR de tratar las aguas de lluvia. También habrá que identificar las infiltraciones y exfiltraciones de la red de saneamiento. Las infiltraciones de aguas blancas (freático) aumentan los

costes de depuración, reduciendo la capacidad de la EDAR de tratar las aguas pluviales. Las exfiltraciones provocan la contaminación progresiva del freático.

- Comprobar si se cumple el objetivo de protección medioambiental frente a los DSS en tiempo de lluvia definido y de no ser así, identificar los motivos.

Como se ha comentado anteriormente, también se deberá comprobar que las actuaciones anti-DSS no incrementan las inundaciones en los municipios del sistema objeto del PIGSS, y en este caso en el diagnóstico también se comprueba que la red actual funciona correctamente para la lluvia de período de retorno definido y de no ser así, se identifican las insuficiencias existentes que provocan inundaciones.

Prognosis de las actuaciones propuestas: descripción y justificación

- Actuaciones de operación, inspección, mantenimiento, renovación y monitorización.
- Actuaciones en tiempo seco.
- Actuaciones anti-DSS.
- Actuaciones de comprobación de no incremento de inundaciones con las actuaciones anti-DSS.

Considerando las previsiones de crecimiento de la población y de área urbanizada, se describen las actuaciones necesarias que se deben realizar en la red existente para cumplir los objetivos previamente definidos.

Se sigue el mismo procedimiento que en el diagnóstico, pero con los parámetros de población y área urbanizada estimados futuros. Con las nuevas premisas se verifican los dos objetivos definidos: funcionamiento en tiempo seco y objetivo de protección ambiental frente a los DSS. Se identifican diferentes actuaciones posibles y se comprueba que se alcanzan los objetivos.

Además, al incluir la comprobación anti-inundaciones dentro del PIGSS, en este apartado también se describirán las propuestas de actuaciones que garanticen que

no se producirán inundaciones por la lluvia de período de retorno escogido cuando se construyan las actuaciones anti-DSS.

En cualquier caso, las propuestas de actuaciones estarán claramente diferenciadas según si son para garantizar el correcto funcionamiento y tratamiento de las aguas en tiempo seco, para reducir la contaminación en tiempo de lluvia o para evitar inundaciones.

Presupuesto, cronograma y financiación de las actuaciones

En este apartado se hace una valoración económica aproximada de las actuaciones propuestas, de los costes de explotación asociados y se definirá el organismo responsable de su ejecución y el de su explotación. Igual que en el apartado de propuesta de actuaciones.

También se incluyen los siguientes elementos:

- Cronograma con fases de ejecución de estas actuaciones en función de las prioridades establecidas.
- Plan de financiación para ejecutar las obras en los plazos deseados, incluyendo, si es necesario, una propuesta de estructura tarifaria.

El presupuesto, cronograma y el plan de financiación descritos, se harán de forma claramente diferenciada según la tipología de actuaciones: de tiempo seco, tiempo de lluvia o anti-inundaciones.

Plan de participación pública

Habrà que plantear dentro del PIGSS la estrategia de participación del público que se detallará en un anexo.

Programa de vigilancia y evaluación

Todos los planes deben tener un marco de vigilancia y evaluación que se definirá en un anexo.

Actualización del plan

Es fundamental mantener siempre vivo el PIGSS, por eso habrá que actualizarlo cada 5 años, vinculándolo a la renovación de la autorización de vertido del sistema de saneamiento.

7.2 Anexo 1 Medidas de inspección de la red de saneamiento

Incluirá el programa de inspección de la red de saneamiento elaborado según lo que se ha explicado en el apartado 6.5.3.1.

En caso de que ya se disponga de un contrato de limpieza del alcantarillado u otro similar, que respete estos condicionantes, en este anexo solo habrá que incluir el Pliego de condiciones técnicas particulares del concurso correspondiente. En caso de que no se disponga de este contrato que cumpla los condicionantes, en este anexo se deberán incluir las bases del futuro Pliego que impulsará este concurso, que debería estar adjudicado antes de que se cumplan 3 años desde la fecha de entrega del PIGSS.

7.3 Anexo 2 Medidas de limpieza de la red de saneamiento

Incluirá los programas de limpieza correctiva y preventiva de todos los elementos de la red, idealmente apoyados en indicadores de su estado de limpieza, que se pueden elaborar a partir de las características de la red y la información histórica recogida en inspecciones previas.

En caso de que ya se disponga de un contrato de limpieza que respete estos condicionantes, en este anexo solo habrá que incluir el Pliego de condiciones técnicas particulares del concurso correspondiente. En caso de que no se disponga de este contrato que cumpla los condicionantes, en este anexo se deberán incluir las bases del futuro Pliego/s que impulsará este concurso, que debería estar adjudicado antes de que se cumplan 3 años desde la fecha de entrega del PIGSS.

7.4 Anexo 3 Medidas de mantenimiento del sistema de saneamiento

Incluirá los programas de mantenimiento correctivo y preventivo de todos los elementos reguladores del funcionamiento de la red, como estaciones de bombeo, compuertas, rejillas, válvulas o depósitos de retención entre otros, idealmente

apoyados en indicadores de su estado de mantenimiento, que se pueden elaborar a partir de sensores en tiempo real o la información histórica recogida en inspecciones previas.

En caso de que ya se disponga de un contrato que respete estos condicionantes, en este anexo solo habrá que incluir el Pliego de condiciones técnicas particulares del concurso correspondiente. En caso de que no se disponga de este contrato que cumpla los condicionantes, en este anexo se deberán incluir las bases del futuro Pliego/s que impulsarán este concurso, que debería estar adjudicado antes de que se cumplan 3 años desde la fecha de entrega del PIGSS.

7.5 Anexo 4 Medidas de operación del sistema de saneamiento

Incluirá los programas de operación de todos los elementos reguladores del funcionamiento de la red, como estaciones de bombeo, compuertas, rejillas, válvulas o depósitos de retención entre otros, así como el programa de operación de la EDAR y sus colectores interceptores de aguas residuales, integrándolo con el del alcantarillado municipal, idealmente apoyados en indicadores de su funcionamiento, obtenido a partir de sensores en tiempo real.

En caso de que ya se disponga de un contrato que respete estos condicionantes, en este anexo solo habrá que incluir el Pliego de condiciones técnicas particulares del concurso correspondiente. En caso de que no se disponga de este contrato que cumpla los condicionantes, en este anexo se deberán incluir las bases del futuro Pliego/s que impulsará este concurso, que debería estar adjudicado antes de que se cumplan 3 años desde la fecha de entrega del PIGSS.

7.6 Anexo 5 Diagnóstico del estado del sistema de saneamiento

Incluirá un diagnóstico del estado de las infraestructuras, atendiendo a su estado de obsolescencia y a su estado técnico y operativo, a partir de la inspección hecha con cámara de TV, eventualmente complementada con inspección con cámara pértiga, para el caso de red no visitable, y la inspección directa con personal de campo o con drones en el caso de red visitable. Se incluirán tanto los informes de las inspecciones por cámara de TV en cada tramo de alcantarilla no visitable o

colector de saneamiento en alta, como los informes de las visitas in-situ o con drones de los colectores visitables.

Se clasificará el estado estructural y operativo de la red de saneamiento, atendiendo a los criterios expuestos en el apartado 6.3.

7.7 Anexo 6 Medidas de renovación de la red

A partir del diagnóstico anterior, a efectos del cumplimiento del RD 665/2023, se planteará un programa de actuaciones de renovación en 3 años que priorice las actuaciones en los tramos de la red que se encuentren en estado muy grave, con riesgo de fallo inminente.

7.8 Anexo 7 Medidas de preparación ante un episodio de lluvias

Aquí se plantearán diversas medidas para ayudar a que el sistema esté más preparado ante un episodio de lluvia, y sus DSS impacten menos en los medios receptores, siguiendo lo que se ha explicado en el apartado 6.5.3.5.

7.9 Anexo 8 Sistema de monitorización de los vertidos por DSS

Este anexo incluirá todos los nuevos sensores que será necesario instalar antes de 3 años, como máximo, desde la fecha de entrega del PIGSS, para cumplir lo que se ha explicado en el apartado 6.5.3.6.

7.10 Anexo 9 Lluvias de diseño en el escenario actual y el de cambio climático

En este anexo se incluirá el estudio pluviométrico de detalle realizado, por un lado, para elaborar la lluvia de diseño, en escenario actual y futuro con cambio climático, para poder realizar el diagnóstico y la prognosis anti-inundaciones, y por otro lado, para crear o escoger la serie de lluvias necesaria para el estudio de las medidas anti-DSS.

7.11 Anexo 10 Análisis del sistema de saneamiento para el transporte y tratamiento de las aguas residuales

En este anexo se detallarán las tareas realizadas en el análisis del sistema de saneamiento en tiempo seco. En concreto, se detallarán:

- Antecedentes históricos del sistema
- Información de base recopilada: levantamiento de la red, proyectos antiguos, Planes regionales de saneamiento, POUM, campañas de muestreo, etc.
- Descripción de la creación del modelo en tiempo seco:
 - Software utilizado
 - Hipótesis consideradas (crecimientos urbanísticos, población, dotación, perfiles diarios, etc.)
 - Descripción del modelo realizado
 - Resultados de la calibración y validación del modelo en tiempo seco
- Resultados del diagnóstico
- Resultados de la prognosis considerando las actuaciones en tiempo seco
- Cálculo del presupuesto de las actuaciones con una explicación de los criterios seguidos para su realización

7.12 Anexo 11 Análisis del sistema de saneamiento para comprobar las inundaciones derivadas de la implementación de las medidas para la reducción de la contaminación por los DSS

En este anexo se detallarán las tareas realizadas, cuando se opte por ello, en el análisis del sistema de saneamiento en tiempo de lluvia para la comprobación de que las actuaciones anti-DSS no incrementan inundaciones. En concreto, se detallarán:

- Antecedentes históricos de inundaciones y problemáticas relacionadas.
- Información de base recopilada (pluviometría de la zona, campañas de muestreo, cuencas, etc.).
- Definición del objetivo de protección (período de retorno para el cual se quieren evitar inundaciones).

- Justificación de la lluvia de cálculo (datos de partida, obtención de las curvas IDF y cálculo de la lluvia de diseño).
- Análisis del cambio climático en la pluviometría de la zona. Aplicación de los coeficientes de cambio climático a la lluvia de diseño.
- Descripción de la creación del modelo para el cálculo de inundaciones:
 - Software utilizado y métodos de cálculo.
 - Hipótesis consideradas (tipologías de terreno, pérdidas consideradas, condiciones de contorno, etc.)
 - Descripción del modelo realizado (definición de las subcuencas, caminos preferenciales de escorrentía superficial, elementos singulares del sistema, etc.)
 - Resultados de la calibración y validación del modelo en tiempo de lluvia
- Resultados del diagnóstico (descripción de las zonas de inundación actuales y de sus causas).
- Resultados de la prognosis considerando las actuaciones en tiempo de lluvia que eviten las inundaciones con las actuaciones anti-DSS planteadas, para el objetivo de protección definido, en escenario actual y con cambio climático.
- Cálculo del presupuesto de las actuaciones con una explicación de los criterios seguidos para su realización.

7.13 Anexo 12 Análisis del sistema de saneamiento contra desbordamientos del sistema de saneamiento en tiempo de lluvia

En este anexo se detallarán las tareas realizadas en el análisis de los desbordamientos del sistema de saneamiento en tiempo de lluvia y de su impacto en el medio receptor para el cálculo de las actuaciones que los reduzcan. En concreto, se detallarán:

- Antecedentes históricos de problemas de contaminación del medio receptor e impactos del saneamiento en el medio receptor.
- Información de base recopilada (campañas de monitorización realizadas, pluviometría de la zona considerada para el estudio, etc.).
- Definición de los objetivos de protección y metodología utilizada para el cálculo.
- Justificación de la serie pluviométrica utilizada en el cálculo (10 episodios de lluvia representativos o serie histórica de 10 años).
- Descripción de la creación de los modelos para el cálculo de actuaciones anti-DSS:
 - Software utilizado y métodos de cálculo.
 - Hipótesis consideradas (simplificaciones consideradas, etc.).
 - Descripción de los modelos realizados (de alcantarillado y de depuradora).
 - Resultados de las calibraciones realizadas en tiempo seco y en tiempo de lluvia para los diferentes modelos.
- Resultados del diagnóstico.
- Resultados de la situación futura con las actuaciones en tiempo seco y anti-inundaciones realizadas.
- Resultados de la prognosis considerando las actuaciones anti-DSS para el objetivo de protección definido.
- Condicionantes y protocolos de actuación para que el titular de la autorización de vertido retire los residuos en tiempo y forma adecuados, justificando la disponibilidad de las autorizaciones pertinentes.

7.14 Anexo 13 Plan de participación pública

Será necesario plantear dentro del PIGSS la estrategia de participación del público, sus fases, la prospección de agentes relevantes y los mecanismos para garantizar

la participación real, orientado a conseguir un plan consensuado y respetuoso con los intereses de la ciudadanía. El plan de participación puede requerir acciones de educación ambiental o de formación de colectivos directamente vinculados con las acciones del plan. En el apartado 6.10 se han propuesto unas recomendaciones sobre cómo realizar este Plan de participación pública.

7.15 Anexo 14 Programa de vigilancia y evaluación

Todos los planes deben tener un marco de vigilancia y evaluación. Su definición debe ser previa al desarrollo de los trabajos y debe basarse en una serie de indicadores vinculados a los objetivos del Plan. Los indicadores deberán ser representativos y cuantificables.

Se debe plantear un sistema de vigilancia que permita la evaluación de las variables que permitan evaluar los indicadores, los cuales deben ser analizados con periodicidad, para comprobar si las acciones impulsadas en el marco del plan están contribuyendo a la consecución de los objetivos y evidenciar las posibles desviaciones que deban ser corregidas.

El Plan debe definir quiénes serán los encargados de hacer el seguimiento de su desarrollo. Idealmente, los grupos de opinión que hayan formado parte del proceso de participación pública deberían estar representados.

7.16 Planos

Es la plasmación gráfica del PIGSS que debe permitir entender más fácilmente todos sus apartados. Como mínimo, los planos de un PIGSS serán:

- Situación general del ámbito.
- Ubicación de sensores para la calibración y campañas de monitorización realizadas.
- Sistema de monitorización de la red.
- Diagnóstico del estado de la red de saneamiento.
- Actuaciones de renovación de la red.

- Actuaciones en tiempo seco:
 - Plano general del sistema, elementos principales y cuencas de residuales.
 - Diagnóstico del funcionamiento del sistema.
 - Actuaciones previstas en tiempo seco y presupuesto asociado.
 - Prognosis del funcionamiento del sistema.

- Actuaciones anti-inundaciones:
 - Plano general del sistema, elementos principales y cuencas pluviales.
 - Diagnóstico del funcionamiento del sistema para la lluvia de diseño, marcando zonas inundables.
 - Actuaciones previstas para evitar inundaciones con las actuaciones anti-DSS planificadas y presupuesto asociado.
 - Prognosis del funcionamiento del sistema.

- Actuaciones anti-DSS:
 - Plano general del sistema de saneamiento y medio receptor, elementos y puntos principales de desbordamiento al medio receptor.
 - Diagnóstico del funcionamiento del sistema, marcando los resultados de emisiones por cada punto de descarga e impacto en los puntos de control del medio receptor.
 - Resultados de la situación futura con las actuaciones en tiempo seco y anti-inundaciones realizadas, marcando los resultados de emisiones en cada punto de desbordamiento.
 - Actuaciones previstas para alcanzar los objetivos de protección anti-DSS y presupuesto asociado.

- Prognosis con las actuaciones anti-DSS, marcando los resultados de emisiones en cada punto de desbordamiento al medio receptor.

7.17 Presupuesto, cronograma y financiación

En este documento se recopilará el presupuesto de las actuaciones previstas en tiempo seco, anti-DSS, y comprobación anti-inundaciones, incluyendo no solo su proyecto y ejecución, sino también su mantenimiento y operación (o explotación). Además, se realizará un cronograma priorizando estas actuaciones y la planificación sobre la financiación prevista de las actuaciones, tanto a nivel de ejecución, como de mantenimiento y operación, identificando claramente a los responsables de cada parte.

En cualquier caso, sin duda, el marco financiero actual para el saneamiento, a nivel nacional, regional y local, deberá ser reformulado y ampliado en los próximos años para poder acometer la financiación de la ejecución, mantenimiento y operación de todas las actuaciones.

7.18 Resumen del PIGSS

Este documento será un breve resumen del PIGSS, haciendo hincapié en la parte de las actuaciones anti-DSS. Así, este resumen contendrá:

- Actuaciones en tiempo seco y en tiempo de lluvia:
 - Listado y planos de las actuaciones previstas y presupuesto
- Actuaciones anti-DSS:
 - Definición de la metodología y objetivos
 - Campañas de monitorización realizadas
 - Descripción del software de modelización utilizado
 - Resultados de las calibraciones de los modelos
 - Resultados del diagnóstico y la prognosis
 - Listado y planos de las actuaciones previstas y presupuesto
- Descripción del cronograma y financiación de las actuaciones.

Este resumen, excluyendo planos y listados de actuaciones, tendrá una extensión máxima de 20 páginas.

8 Referencias

- Agencia Catalana del Agua (2024). *Guía para la redacción de los PIGSS en el Distrito de Cuenca Fluvial de Cataluña.*
- Ajuntament de Barcelona (2020). *Guía Técnica para el diseño de SUDS en Barcelona.*
- BCASA-Ajuntament de Barcelona (2019). Pla Director Integral de Sanejament de la ciutat de Barcelona (PDISBA)
- Cedex (2009). *Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano.*
- De la Fuente, L., Perales, S., Rico, M., Andrés, I., Marco, J. B. (2021) *Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València. Cicle Integral de l'Aigua. Ajuntament de València.*
- Directiva (UE) 2024/3019 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de noviembre de 2024 sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (versión refundida).
- EMA Gijón (2024). *Manual Técnico de Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) y su Implementación en el Municipio de Gijón.*
- Lastra, A., Malgrat, P., Mena, A. (2024) *Nueva Regulación de los Desbordamientos del Saneamiento en la Modificación del RDPH. XXXVII Congreso de AEAS. Castellón.*
- Llopart, A., Cabot, J., Ruiz, R. (2013) *Instalaciones de Pre-tratamiento en Puntos de Alivio de Redes de Alcantarillado al Medio Receptor. XXXII Congreso de AEAS. San Sebastián.*
- Mena, A. (2023) *Regulación de los desbordamientos de las redes de saneamiento en el nuevo Reglamento de Dominio Público Hidráulico y en la nueva Directiva. Jornada Técnica ¿Hacia dónde camina la gestión de nuestras aguas residuales? Lo que más nos preocupa. SMAGUA 2023.Zaragoza.*
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2025). *Recomendaciones para la elaboración de Planes Integrales de Gestión del Sistema de Saneamiento*

- NHBC Foundation (2010). *A simple guide to Sustainable Drainage Systems for housings*.
- Orden AAA/2056/2014, 27 de octubre, por la que se aprueban los modelos oficiales de solicitud y de declaración de vertido.
- Real Decreto 665/2023, de 18 de julio, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- Woods Ballart, B., Kellagher, R. (2015). *The SUDS manual*. CIRIA.