

RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES INTEGRALES DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO

REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO
R.D. 849/1986 R.D. – 665/2023



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Recomendaciones para la elaboración de planes integrales de gestión del sistema de saneamiento

**REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO
HIDRÁULICO**

R.D. 849/1986 – R.D. 665/2023

Junio de 2025

Título:

*Recomendaciones para la elaboración de Planes Integrales de Gestión del Sistema de Saneamiento –
Reglamento del Dominio Público Hidráulico – R.D. 849/1986 – R.D. 665/2023*
Edición 2025

Dirección y coordinación:

Francisco Javier Sánchez Martínez
Paloma Crespo Iniesta
Cristina González Ruano

Elaboración:

Christine Andrés Moreno CUBIT TECNOLOGÍA E INFRAESTRUCTURAS, S.L.
Ana Isabel Llorens Berzosa TRAGSATEC

Con la colaboración de:

Ángel Mena Miranda EMASESA
Antonio Lastra de la Rubia Canal de Isabel II
Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS) Comisión IV Drenaje Urbano
Sara Perales Momparler Green Blue Management S.L. (Grupo TYPESA)
Las funcionarias y funcionarios de las Confederaciones Hidrográficas

Fotografía de cubierta:

Imagen derecha: Punto de vertido del desbordamiento del sistema de saneamiento asociado a una Infraestructura de Regulación de Aguas Residuales (IRAR), Tanque de Tormentas, al DPH. España.

Imagen izquierda arriba: Cubierta ecológica que crea lugares estanciales y de convivencia. Estación de Ferrocarril y Autobuses de Logroño (España). Años 2012-2013. Fuente: LIF 2002, S.A.

Imagen izquierda abajo: Retención de sólidos gruesos y flotantes mediante la instalación de 7 cestas TecnoGrabber®. Aspe (Alicante). Río Tarafa. Fuente: Tecnoconverting.



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Edita:

© SUBSECRETARÍA
Gabinete Técnico

© De los textos e imágenes: sus autores

NIPO (papel en castellano): 665-25-012-6
NIPO (en línea en castellano): 665-25-013-1
Depósito Legal: M-7297-2025

Imprime: Grupo TRAGSA
Papel con gestión forestal certificada

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2. OBJETIVO DE ESTAS RECOMENDACIONES | 6 |
| 3. MARCO LEGAL EN LOS QUE SE INTEGRAN LOS PIGSS | 10 |
| 3.1. Marco legal europeo..... | 11 |
| 3.2. Normativa Nacional..... | 12 |
| 3.3. Planes Hidrológicos de cuenca..... | 13 |
| 3.4. Normativa Autonómica..... | 13 |
| 3.5. Otras figuras legales..... | 13 |
| 3.6. Marco legal local..... | 13 |
| 3.7. Normativa Internacional | 13 |
| 4. RESUMEN METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN DE LOS PIGSS | 16 |
| 5. FUENTES DE INFORMACIÓN | 20 |
| 5.1. Información de la autorización de vertido..... | 21 |
| 5.2. Cartografía básica: Lidar IGN | 22 |
| 5.3. Información pluviométrica: pluviómetros y pluviógrafos (AEMET/SAIH)..... | 23 |
| 5.3.1. AEMET (Agencia Estatal de Meteorología) | 24 |
| 5.3.2. SAIH (Sistemas Automáticos de Información Hidrológica)..... | 25 |
| 5.4. Información usos del suelo | 25 |
| 5.4.1. Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España: SIOSE | 26 |
| 5.4.2. Corine Land Cover..... | 26 |
| 5.5. Cartografía de inundabilidad de cauces SNCZI: DPH, ZFP, ZZII | 28 |
| 5.6. Cartografía del DPMT..... | 29 |
| 6. CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE SANEAMIENTO | 32 |
| 6.1. Zonificación de la red de saneamiento | 33 |
| 6.2. Caracterización de la red de saneamiento | 35 |
| 6.3. Necesidad de levantamiento de la red de saneamiento | 38 |
| 6.3.1. Levantamiento planimétrico | 39 |
| 6.3.2. Levantamiento altimétrico..... | 39 |
| 6.3.3. Caracterización del interior de la red..... | 40 |
| 6.4. Estado de obsolescencia..... | 41 |
| 7. ANÁLISIS HIDRO METEOROLÓGICO | 44 |
| 7.1. Análisis de la cuenca hidrográfica de cada sectorización del PIGSS..... | 45 |
| 7.2. Precipitación de cálculo (Pd,80%): metodología de cálculo..... | 46 |
| 7.3. Ejemplo de cálculo de la Pd,80% en base a los datos de la estación automática MENORCA/AEROPUERTO (990220617) (Isla de Menorca – Islas Baleares)..... | 47 |
| 7.3.1. Se toma el 1.º de los 10 años: AÑO 2011 | 49 |
| 7.3.2. Se toma el resto de los 10 años (2012 al 2021)..... | 53 |
| 7.4. Diseño y selección de 10 episodios tipo..... | 53 |
| 7.4.1. Modelización en continuo | 54 |
| 7.4.2. Ejemplo: Cálculo para la Precipitación de cálculo (Pd,80%) y selección de 10 episodios tipo | 54 |
| 7.4.3. Ejemplo: Selección de 10 episodios tipo en la estación automática MENORCA/AEROPUERTO (990220617) (Isla de Menorca – Islas Baleares) | 57 |
| 7.4.4. Ejemplo: Cálculo de la Pd,80% con más de 1 estación pluviométrica y selección de 10 episodios tipo | 59 |
| 7.5. Modelización del sistema | 64 |
| 7.5.1. Proceso de modelización..... | 64 |
| 7.5.2. Tipo de modelos disponibles | 65 |
| 7.5.3. Calibración..... | 66 |

| | |
|--|-----------|
| 8. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO | 68 |
| 8.1. Obtención de los parámetros de rendimiento hidráulico a partir de las modelizaciones | 69 |
| 8.2. Cálculo simplificado | 70 |
| 8.3. Cálculo completo a partir de modelización | 71 |
| 8.3.1. Cálculo completo de sistemas diferenciados | 71 |
| 8.3.2. Sistemas mixtos | 72 |
| 8.3.3. Modelización de SUDS | 73 |
| 8.3.4. Análisis específico de sistemas separativos | 74 |
| 8.4. Tratamientos adecuados de los VDSS para el cálculo del rendimiento hidráulico | 78 |
| 8.4.1. Pretratamiento | 78 |
| 8.4.2. Tratamiento primario | 80 |
| 9. CÁLCULO DE LA CARGA CONTAMINANTE: MODELOS DE CALIDAD DE AGUA | 82 |
| 9.1. Estimación de las cargas contaminantes anuales de los VDSS liberadas en las aguas receptoras en caso de precipitaciones | 83 |
| 9.2. Estimación de las cargas contaminantes anuales de las aguas residuales gestionadas en tiempo seco | 83 |
| 9.3. Valor del indicador η CARGA CONTAMINANTE | 84 |
| 10. MEDIDAS PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS INDICATIVOS | 86 |
| 10.1. Medidas preventivas (actuaciones en origen) | 87 |
| 10.2. Medidas de operación y monitorización | 92 |
| 10.2.1. Programa de inspección y limpieza correctiva y preventiva de la red de saneamiento | 92 |
| 10.2.2. Monitorización de los VDSS | 93 |
| 10.2.3. Elementos de monitorización | 100 |
| 10.3. Medidas para optimizar el uso de las infraestructuras existentes | 100 |
| 10.3.1. Tratamientos adecuados para el cálculo del rendimiento hidráulico | 102 |
| 10.4. Otras medidas adicionales, priorizando los SUDS | 102 |
| 10.4.1. Adecuación de infraestructuras (arquetas sifónicas; Red unitaria; Cámaras y pozos de registro; Aliviaderos; PVDSS) | 102 |
| 10.4.2. Catálogo de medidas correctoras de la red de saneamiento | 104 |
| 10.4.3. Elementos de retención de sólidos gruesos y flotantes, y monitorización de los VDSS | 109 |
| 10.4.4. Diseño de tamices | 111 |
| 10.4.5. Ejemplo de esquema funcional de colocación de tamices en un gran aliviadero con tanque de tormenta asociado | 112 |
| 10.4.6. Ejemplo de diseño de tamices | 113 |
| 10.4.7. Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) | 116 |
| 10.4.8. Concienciación ciudadana | 126 |
| 10.4.9. Campaña sobre el vertido de sólidos no biodegradables a la red | 126 |
| 10.5. Gestión de residuos | 128 |
| 10.5.1. Gestión centralizada | 128 |
| 10.5.2. Gestión localizada | 129 |
| 10.6. Análisis coste-eficacia de actuaciones y costes desproporcionados | 130 |
| 10.6.1. Análisis coste-eficacia/coste-beneficio | 130 |
| 10.6.2. Incursión en costes desproporcionados | 130 |

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. METODOLOGÍA PARA SIMULAR Y CALIBRAR UNA RED DE ALCANTARILLADO EN TÉRMINOS DE CANTIDAD (control volumétrico)

ANEXO 2. PROPUESTA METODOLÓGICA DE CÁLCULO DE LA RATIO ENTRE LA CARGA CONTAMINANTE VERTIDA EN DESBORDAMIENTOS DE SISTEMAS UNITARIOS Y, LA CARGA CONTAMINANTE TOTAL DE LAS AGUAS RESIDUALES ANUALES REGISTRADAS EN TIEMPO SECO

ANEXO 3. ASPECTOS TÉCNICOS DE APLICACIÓN DE LOS SUDS PARA EL CUMPLIMIENTO DEL RDPH

ANEXO 4. EJEMPLOS DE MEDIDAS IMPLANTADAS EN AGLOMERACIONES URBANAS PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS INDICATIVOS (η_{HID}): Medidas preventivas (actuaciones en origen); Medidas de operación y monitorización; Medidas para optimizar el uso de las infraestructuras existentes; Otras medidas adicionales, priorizando los SUDS [art. 259 quinquies.3.c) del RDPH]

ANEXO 5. NORMATIVA INTERNACIONAL

ANEXO 6. ESTRUCTURA DEL INFORME ANUAL CON LAS MEDIDAS REALIZADAS Y LOS RESULTADOS DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE LOS VERTIDOS POR DESBORDAMIENTOS [arts. 251.2.c) y 259 quinquies.5 del RDPH]

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. CUENCAS INTERCOMUNITARIAS: Según Resoluciones de los Organismo de cuenca del año 2024, hay 364 Aglomeraciones urbanas que deben elaborar los PIGSS | 8 |
| Ilustración 2. Reglamento del Dominio Público Hidráulico | 12 |
| Ilustración 3. Metodología general de redacción de los PIGSS. Fuente: elaboración propia. | 17 |
| Ilustración 4. Contaminación asociada a un punto de vertido por desbordamiento del sistema de saneamiento (PDSS) en episodios de lluvia en Ría urbana. Fuente: MITECO..... | 18 |
| Ilustración 5. Productos de descarga disponibles en la web del CNIG..... | 23 |
| Ilustración 6. Ejemplo de valores que se pueden observar en la web de la AEMET..... | 34 |
| Ilustración 7. SAIH CH Segura. Fuente: SAIH de la C.H del Segura..... | 25 |
| Ilustración 8. Centro de descargas del CNIG. SIOSE. Ejemplo de tipología de fichero de descarga | 26 |
| Ilustración 9. Ejemplo de visualización del Corine Land Cover en la página de Copernicus..... | 27 |
| Ilustración 10. Centro de descargas del CNIG. CORINE. Ejemplo de tipología de fichero de descarga..... | 27 |
| Ilustración 11. Mapa de Peligrosidad T=100 años. Río Sil en Ponferrada. Fuente: SNCZI..... | 28 |
| Ilustración 12. Visor SITEbro de la Confederación Hidrográfica del Ebro..... | 29 |
| Ilustración 13. Visor del Dominio Público Marítimo Terrestre (Murcia)..... | 30 |
| Ilustración 14. Representación GIS de un sistema de saneamiento separativo. Fuente: EMASESA..... | 33 |
| Ilustración 15. Representación de modelos hidrodinámicos de saneamiento. Fuente: EMASESA..... | 33 |
| Ilustración 16. Ejemplos de red separativa en nueva zona residencial, con escorrentía pluvial vertiendo al medio receptor y aguas residuales conectadas a la red unitaria principal. Fuente: Canal de Isabel II S.A.M.P..... | 34 |
| Ilustración 17. Imbornal. Fuente: Canal de Isabel II S.A.M.P..... | 35 |
| Ilustración 18. Obra de incorporación a cauce a la salida de aliviadero. Fuente: Canal de Isabel II S.A.M.P..... | 36 |
| Ilustración 19. Detalle de muretes de alivio en desbordamientos de sistemas de saneamiento unitario. Fuente: EMASESA. | 37 |
| Ilustración 20. Caseta y cámara de bombas del bombeo del aliviadero Pinzales 1 (Gijón). Fuente: Empresa Municipal de Aguas de Gijón, S.A.U..... | 37 |
| Ilustración 21. Inventario de la red de alcantarillado: conjunto de tareas para determinar la estructura y las características específicas de una red. Fuente: SOCADE. | 39 |
| Ilustración 22. Inventario de la red de alcantarillado: conjunto de tareas para determinar la estructura y las características específicas de una red. Fuente: SOCADE. | 40 |
| Ilustración 23. Inspección mediante dron autónomo en el colector Laminador Gavia Alta. Madrid. Fuente: Canal de Isabel II S.A.M.P..... | 40 |
| Ilustración 24. Infiltración en un pozo de registro (aguas parásitas). Fuente: HidroStank..... | 41 |
| Ilustración 25. Hay que evitar la entrada de aguas limpias al sistema de saneamiento, promoviendo su desconexión fluvial. Fuente: SUDS S.L - Atlantis..... | 42 |
| Ilustración 26. Estaciones pluviométricas de AEMET. Fuente: AEMET..... | 46 |
| Ilustración 27. Cuenca de estudio y Polígonos de Thiessen..... | 55 |
| Ilustración 28. Selección de 10 eventos tipo [X: horas; Y: Precipitación (mm)]. | 56 |
| Ilustración 29. Cuenca afectada por las estaciones pluviométricas Pluv_01 y Pluv_02..... | 60 |
| Ilustración 30. Esquema de modelización. Fuente: Elaboración propia..... | 65 |
| Ilustración 31. Ejemplo de mala calibración. Comparativa modelo-realidad en nodo RES203423 (calle Padre García) en Sevilla Fuente: EMASESA..... | 66 |
| Ilustración 32. Ejemplo de buena calibración. Comparativa modelo-realidad en calle Marqués de Parada en Sevilla. Fuente: EMASESA..... | 67 |
| Ilustración 33. Ejemplo de buena calibración. Comparativa modelo-realidad en calle Ramón Carande en Sevilla. Fuente: EMASESA..... | 67 |
| Ilustración 34. Esquema de funcionamiento de un sistema de saneamiento mixto. Fuente: Elaboración propia..... | 72 |
| Ilustración 35. Ejemplo de red unitaria simplificada. Núcleo de Colmenar de Oreja (Madrid). Fuente: Canal de Isabel II S.A.M.P..... | 73 |
| Ilustración 36. Ejemplo de modelo hidrológico-hidráulico de detalle de una cadena de SUDS (cunetas vegetadas, jardines de lluvia, conductos, elementos de rebose, etc.), desarrollado con el software InfoDrainage de AutoDesk. Fuente: Green Blue Management S.L. (Grupo TYPSA) | 74 |
| Ilustración 37. Espacios donde las aguas de escorrentía pluvial tendrán un nivel bajo de riesgo de contaminación al medio receptor (camino peatonal o vial sin tráfico relevante). Pamplona. Fuente: HidroStank..... | 77 |
| Ilustración 38. Cubierta vegetada (SUDS) en el Centro de Día de Benaguasil (Valencia). Año 2014. Fuente: Green Blue Management S.L. (Grupo TYPSA) | 78 |
| Ilustración 39. Separador Hidrodinámico Downstream Defender®. Fuente: Hydro International..... | 79 |
| Ilustración 40. Instalación del separador hidrodinámico Downstream Defender® en línea con la red del sistema de saneamiento separativo. Instalación más habitual. Fuente: Hydro International..... | 79 |
| Ilustración 41. Limpiador basculante en un tanque de tormenta tubular / prefabricado modular (AmiStorm Tank). Fuente: HidroStank..... | 80 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 42. Sonda multiparamétrica (Nivel; Temperatura; PH; Redox; Conductividad; Oxígeno disuelto; Turbidez) instalada en un aliviadero del sistema de saneamiento. Fuente: CleanWater, Microcom y Dosatronic Iberia. | 83 |
| Ilustración 43. Control volumétrico de los VDSS: El sensor de nivel (36XiW) mide los niveles de agua, el software KELLER Logger calcula el volumen del VDSS con la fórmula de Poleni y crea un informe sobre los VDSS. Fuente: CATSENSORS..... | 84 |
| Ilustración 44. Escorrentía pluvial urbana generada en un episodio de lluvia. Madrid. 12/10/2024. Fuente: MITECO..... | 88 |
| Ilustración 45. Entrada de escorrentía pluvial urbana al sistema de saneamiento a través de imbornales. Fuente: MITECO..... | 88 |
| Ilustración 46. Paisaje de retención hídrica que consigue suelos más permeables, captando, reteniendo e infiltrando la escorrentía pluvial. Contribuyen a la conservación del agua, la prevención de inundaciones, la recarga de acuíferos y el apoyo a los ecosistemas locales. Fuente: SUSTRAIAK HABITAT DESIGN..... | 89 |
| Ilustración 47. Comparativa entre el volumen de escorrentía pluvial generado en una superficie impermeable, frente al volumen de escorrentía pluvial generado en una superficie vegetada en el mismo episodio de lluvia. Fuente: Perales-Momparler y Valls-Benavides, 2013. SUDS. Paisea nº 024: Espacios del Agua. Paisea revista s.l. ISSN 1887-2557..... | 89 |
| Ilustración 48. Tipos y orígenes de las aguas grises. Fuente: UNE-EN 16941-2. Septiembre 2021. Sistemas <i>in situ</i> de agua no potable. Parte 2: Sistemas para la utilización de aguas grises tratadas..... | 89 |
| Ilustración 49. Reutilización de aguas grises y pluviales en el Reial Club de Tennis Barcelona 1899, para el riego de jardines y pistas de tenis. Barcelona (Barcelona). 2023. Fuente: RCTB-1899 y ACO. | 92 |
| Ilustración 50. Fresadora con cámara de inspección para el sistema de saneamiento. Cortesía de Hidrostank..... | 92 |
| Ilustración 51. Retirada de toallitas higiénicas que provocan atascos en el sistema de saneamiento (acción correctiva). Fuente: EMASESA..... | 93 |
| Ilustración 52. Limpieza de ribera tras un VDSS (acción correctiva). Fuente: EMASESA..... | 93 |
| Ilustración 53. Centro de control. Fuente: Facsa..... | 94 |
| Ilustración 54. Monitorización del sistema de saneamiento de Castellón para el control cuantitativo de los vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia. Fuente: Ayuntamiento de Castellón..... | 94 |
| Ilustración 55. Monitorización de los VDSS: Detección, control cuantitativo (limnómetro ultrasónico o radar) y control cualitativo (sonda multiparamétrica con sistema de limpieza mediante cepillo) de los VDSS. Fuente: Mejoras Energéticas, S.A..... | 95 |
| Ilustración 56. Caudalímetro con tecnología Radar: Conjunto de sensor de nivel por ultrasonidos (US) sin contacto + Sensor de velocidad Radar VRad-i sin contacto + Registrador de Datos SOFREL LT-US (Data logger). Se puede calcular el caudal a partir de la fórmula Caudal = Velocidad x Área mojada. Fuente: LACROIX SOFREL..... | 96 |
| Ilustración 57. Monitorización de los eventos (VDSS), instalado en la tapa de composite (para zonas de poca cobertura) de un pozo de registro. Fuente: Hidrostank..... | 97 |
| Ilustración 58. Clapetas antirretorno alargadas. Fuente: CleanWater..... | 98 |
| Ilustración 59. GUÍA METODOLÓGICA PARA LA MEDICIÓN DE VARIABLES HIDROMETEOROLÓGICAS, INSTRUMENTACIÓN Y TIPOLOGÍA DE LAS NUEVAS ESTACIONES DE AFORO del MITECO..... | 99 |
| Ilustración 60. Manual técnico para la selección de equipos del MITECO..... | 100 |
| Ilustración 61. Funcionamiento del Tanque de Tormentas Plaza de Italia, equipado con pantallas deflectoras, dos tamices Tipo PAS y un limpiador basculante. El Sardinero (Santander - Cantabria). Fuente: Hidrostank..... | 101 |
| Ilustración 62. Tanques de tormenta tubulares / Tanques de tormenta prefabricados modulares (AmiStorm Tank) en Poliéster Reforzado de Fibra de Vidrio (PRFV), para construir desde pequeños depósitos a grandes tanques de retención. Fuente: AMITECH SPAIN, S.A. e Hidrostank..... | 101 |
| Ilustración 63. Tanque de tormentas sedimentador o compacto, por efecto vórtice, en tiempo seco (izquierda) y funcionando en un episodio de lluvia (derecha) creándose el efecto ciclón. Construidos en hormigón armado <i>in situ</i> . Alemania. Fuente: CleanWater..... | 101 |
| Ilustración 64. Adecuación de infraestructuras. Arqueta sifónica. Fuente: EMASESA..... | 102 |
| Ilustración 65. Adecuación de infraestructuras. Ejemplo de arquetas sifónicas como medida de retención de sólidos gruesos y flotantes en origen del sistema de saneamiento. Gestión localizada de residuos. Fuente: EMASESA..... | 103 |
| Ilustración 66. Adecuación de infraestructuras. Cámaras de interconexión en grandes colectores. Fuente: EMASESA..... | 103 |
| Ilustración 67. Adecuación de infraestructuras en aliviadero Avda. de la Libertad. Sevilla. Fuente: EMASESA..... | 103 |
| Ilustración 68. Adecuación de infraestructuras en los PVDSS. Fuente: EMASESA..... | 104 |
| Ilustración 69. Canal de entrada y cámara de retención aliviadero Pilon 1 Roces (Gijón). Fuente: Empresa Municipal de Aguas de Gijón, S.A.U..... | 105 |
| Ilustración 70. Pantalla deflectora y aliviaderos flexibles. Aliviadero N-IV La Motilla. Sevilla. Fuente: EMASESA..... | 105 |
| Ilustración 71. Tamiz vertical de aliviadero de limpieza automática tipo Peine (5 m3/s). Aliviadero Emilio Lemos – Ranilla. Fuente: EMASESA..... | 105 |
| Ilustración 72. Evolución del funcionamiento de un tamiz de aliviadero de limpieza automática tipo PAS (con energía y orificios con un diámetro Ø nominal de 6 mm) y pantalla deflectora de flotantes, durante un episodio de lluvia e instalados en un sistema de saneamiento unitario. Tras el episodio el tamiz vuelve a estar operativo y limpio. Alemania. Fuente: Hidrostank..... | 106 |
| Ilustración 73. Ejemplo de reja equipada con sonda radar. Fuente: Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia..... | 106 |
| Ilustración 74. Funcionamiento de un Tamiz de aliviadero de limpieza automática tipo PEINE con sistema de limpieza lateral. Fuente: Hidrostank..... | 106 |
| Ilustración 75. Ejemplo rotating. Fuente: Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia..... | 107 |
| Ilustración 76. Ejemplo de rototamiz. Fuente: Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia..... | 107 |
| Ilustración 77. Reja en el aliviadero Felipe González. Dos Hermanas (Sevilla). Fuente: EMASESA..... | 107 |
| Ilustración 78. Sistema de retención de sólidos gruesos y flotantes mediante cesta inoxidable perforada, con rebose superior para que no entre en carga el sistema de saneamiento (Gis 168: Próximo a la Avda. Tren de los Panaderos). Alcalá de Guadaíra (Sevilla). Fuente: EMASESA..... | 108 |

| | |
|---|-----|
| Ilustración 79. Vertido por desbordamientos del sistema de saneamiento en un episodio de lluvia y retención de sólidos gruesos y flotantes mediante 8 cestas TecnoGrabber®. 17/10/2024. Navarcles (Barcelona). Fuente: Tecnoconverting..... | 108 |
| Ilustración 80. Sistemas de retención de sólidos gruesos y flotantes en el aliviadero Felipe González. Limpieza manual. Dos Hermanas (Sevilla). Fuente: EMASESA..... | 108 |
| Ilustración 81. Metodología de alivio y tratamiento de aguas residuales y pluviales para un periodo de retorno de 10 años (T=10)..... | 112 |
| Ilustración 82. Influencia de usos del suelo en la capacidad de infiltración. Fuente: elaboración propia..... | 116 |
| Ilustración 83. Ciudad esponja. Fuente: SUDS S.L - Atlantis..... | 117 |
| Ilustración 84. Área de biorretención (SUDS A1) en el Campus de Tudela de la Universidad Pública de Navarra (UPNA). Fuente: Universidad Politécnica de Navarra (UPNA) (Tudela) y Navarra de Infraestructuras Locales S.A (NILSA). Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC LIFE 16 IPC/ES/000001..... | 117 |
| Ilustración 85. Representación de las concentraciones de DQO, SST (sólidos en suspensión totales) y Zn en la escorrentía a la entrada (in) y a la salida (out) del SUDS A1 ubicado en el Campus de Tudela de la Universidad Pública de Navarra (UPNA), tras un vertido experimental. Fuente Libro de Actas de las VII Jornadas de Ingeniería del Agua: (JIA 2023) (https://repositorio.upct.es/handle/10317/13723 , págs. 650-661). Proyecto de Investigación 0011-1365-2021-000081 financiado por el Gobierno de Navarra y la European Regional Development Fund. Universidad Politécnica de Navarra (UPNA) (Tudela) y Navarra de Infraestructuras Locales S.A (NILSA)..... | 118 |
| Ilustración 86. Representación gráfica del caudal de salida del SUDS A1 (Campus de Tudela de la UPNA) al A2 (tren de tratamiento) en el episodio de lluvia del día 01/06/2021; y resultados del análisis de la reducción de contaminación en la escorrentía de un aparcamiento, tras haber sido tratada en el SUDS A1. Proyecto de Investigación 0011-1365-2021-000081 financiado por el Gobierno de Navarra y la European Regional Development Fund. Fuente: Universidad Politécnica de Navarra (UPNA) (Tudela) y Navarra de Infraestructuras Locales S.A (NILSA)..... | 118 |
| Ilustración 87. Funciones principales (P) y secundarias (S) de cada tipo de SUDS. Fuente: «Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València». Junio 2021..... | 119 |
| Ilustración 88. La escorrentía pluvial, previamente gestionada y filtrada en un SUDS, en este caso, un Parterre inundable (Área de biorretención), puede ser almacenada en un depósito construido con celdas o cajas drenantes. Fuente: SUDS S.L - Atlantis..... | 120 |
| Ilustración 89. Instalación de pavimento permeable (SUDS) en un entorno urbano consolidado. Barrio Corell en Almassora (Castellón). Año 2022. Fuente: Eiffage Construcción..... | 120 |
| Ilustración 90. Cubierta vegetada (SUDS) en el Colegio de Educación Primaria (CEP) Gosalbes Vera. Xàtiva (Valencia). Año 2013. Fuente: Green Blue Management S.L. (Grupo TYPSA)..... | 121 |
| Ilustración 91. Pavimentos permeables (o drenantes). Pieza que crea una superficie de césped a la vez que soporta las cargas de vehículos. Fuente: Breinco..... | 121 |
| Ilustración 92. SUDS: Parterre inundable en un entorno urbano consolidado. La escorrentía pluvial entra por superficie a la zona verde deprimida y, sólo ante grandes eventos de lluvia, rebosa a los imbornales del sistema de saneamiento. Barrio del Cabanyal (Valencia). Año 2024. Fuente: «Ciclo Integral del Agua» del «Ayuntamiento de Valencia»..... | 122 |
| Ilustración 93. Paso peatonal permeable. Instalado en la calle Virgen del Río (Pamplona). Año 2020. Fuente: Hidrostack..... | 122 |
| Ilustración 94. Esquema de un dren filtrante. Fuente: Adaptado de NHBC Foundation (2010). «Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València». Junio 2021..... | 123 |
| Ilustración 95. Zanja de infiltración en el aparcamiento de una nave logística en Riba-roja de Túria (Valencia). Año 2018. Fuente: Green Blue Management S.L. (Grupo TYPSA)..... | 123 |
| Ilustración 96. Esquema de una cuneta vegetada. Fuente: Adaptado de New Jersey Department of Environmental Protection Division of Watershed Management (2021). «Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València». Junio 2021..... | 124 |
| Ilustración 97. Esquema de un alcorque estructural. Fuente: Adaptado de The North Carolina Department of Environmental Quality (NCDEQ) (2020). «Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València». Junio 2021..... | 124 |
| Ilustración 98. Esquema de una balsa de infiltración. Fuente: Adaptado de New Jersey Department of Environmental Protection Division of Watershed Management (2021). «Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València». Junio 2021..... | 124 |
| Ilustración 99. Estanque de retención en Parque del Anillo de los Juegos Mediterráneos. Tarragona. Año 2018 (izquierda) y 2024 (derecha). Fuente: Green Blue Management S.L. (Grupo TYPSA)..... | 125 |
| Ilustración 100. Campaña «Nuestro río empieza aquí», para sensibilizar sobre el buen uso de la red de saneamiento. Fuente: Ayuntamiento de Leganés (Madrid)..... | 126 |
| Ilustración 101. Retirada de toallitas higiénicas que provocan atascos en el sistema de saneamiento (acción correctiva). Fuente: EMASESA..... | 127 |
| Ilustración 102. Arrastres de deshechos en las márgenes de los ríos. Fuente: Proyecto RIMAAS. Reducción del Impacto en Masas de Agua por Alivios de Saneamiento (EMASESA)..... | 127 |
| Ilustración 103. Campañas de concienciación ciudadana. Fuente: Canal de Isabel II SA, MP..... | 128 |
| Ilustración 104. Arquetas que reconducen los sólidos gruesos y flotantes al colector en el entorno de los PVDSS, para la centralización de la recogida de los residuos en la EDAR o en puntos centralizados. Proyecto de acondicionamiento y mejora de la red de saneamiento en el Parque de Infanta Elena y calles Demófilo, Avda. de las Ciencias y Avda. de Emilio Lemos. Sevilla. Fuente: EMASESA..... | 129 |
| Ilustración 105. Tamiz en espiral instalado en el aliviadero Río Seco del sistema de saneamiento de Castellón. Malla de paso de 10 mm, 2,10 m de largo y 0,5 m de diámetro. El tornillo sin fin dispone de unas escobillas que retiran los sólidos de la malla de paso y los conduce a otra arqueta independiente. En dicha arqueta se retiran los sólidos mediante camión cuba. Cortesía del Ayuntamiento de Castellón..... | 129 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Rendimiento hidráulico indicativo en el RDPH..... | 3 |
| Tabla 2. Datos estructurales necesarios de la red para elaborar un PIGSS. | 38 |
| Tabla 3. Clasificación del estado de obsolescencia y prioridades de actuación. Fuente: manual Sewer Risk Management (UK)..... | 42 |
| Tabla 4. IMD de diseño en función de las características de uso..... | 77 |
| Tabla 5. Exigencias mínimas de equipamiento (reducción de sólidos gruesos y flotantes; monitorización)..... | 110 |

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- **art.:** Artículo.
- **BOE:** Boletín Oficial del Estado.
- **DPH:** Dominio Público Hidráulico.
- **DPMT:** Dominio Público Marítimo Terrestre.
- **DSS:** Desbordamiento del sistema de saneamiento en episodios de lluvias. Son los desbordamientos de aguas residuales urbanas no tratadas procedentes de colectores de un sistema de saneamiento en episodios de lluvia, cuyo destino es el medio receptor.
- **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.
- **OOCC:** Organismos de cuenca.
- **Pág.:** Página.
- **p. ej.:** Por ejemplo.
- **PIGSS:** Plan integral de gestión del sistema de saneamiento.
- **PVDSS:** Punto de vertido por desbordamientos del sistema de saneamiento al medio receptor.
- **R.D.:** Real Decreto.
- **R.D.L.:** Real Decreto Ley.
- **R.D.Lvo.:** Real Decreto Legislativo.
- **RDPH:** Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- **SUDS:** Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.
- **VDSS:** Vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento. Son los producidos al dominio público hidráulico en episodios de lluvia que proceden de los sistemas de saneamiento, unitario o separativo pluvial.

Prólogo

El agua requiere una gestión cuidadosa en todas sus fases, desde la captación hasta su devolución al medio natural. En este ciclo, la adecuada gestión del saneamiento urbano adquiere un papel central para garantizar la protección del medio ambiente, la salud pública y la sostenibilidad de nuestros sistemas hídricos. En este contexto, los Planes Integrados de Gestión del Sistema de Saneamiento (PIGSS) se configuran como una herramienta clave para responder a los nuevos retos que plantea la gestión del agua en el siglo XXI, en el que el régimen hidrológico está cambiando y haciéndose más extremo.

La reciente revisión de la Directiva de Aguas Residuales Urbanas de la Unión Europea introduce importantes novedades y exigencias que afectan directamente a la planificación, gestión y supervisión de los sistemas de saneamiento. Estas nuevas obligaciones han sido incorporadas al ordenamiento jurídico español a través del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que establece de forma clara la necesidad de elaborar estos planes integrados con un enfoque técnico, territorial y ambientalmente riguroso.

Los PIGSS no deben considerarse meros documentos administrativos, sino instrumentos estratégicos que permiten conocer, evaluar y planificar todos los elementos del sistema de saneamiento, desde la recogida y transporte de aguas residuales hasta su tratamiento y vertido, incluyendo aspectos tan relevantes como la gestión de los vertidos por desbordamientos por tiempo en episodios de lluvia.

La elaboración de estos planes requiere información precisa y actualizada, coordinación institucional, participación de los agentes implicados y una visión integradora del ciclo urbano del agua. Además, deben estar alineados con la planificación hidrológica y con los objetivos ambientales establecidos para las masas de agua, especialmente en lo que respecta a la reducción de la contaminación difusa y puntual.

Esta publicación pretende dar un apoyo práctico para todas las administraciones competentes, operadores y profesionales del sector en la implantación de estos planes. Su objetivo es facilitar la redacción de planes eficaces, homogéneos y adaptados a las particularidades de cada ámbito territorial, al tiempo que se impulsa la mejora continua en la gestión del saneamiento en España.

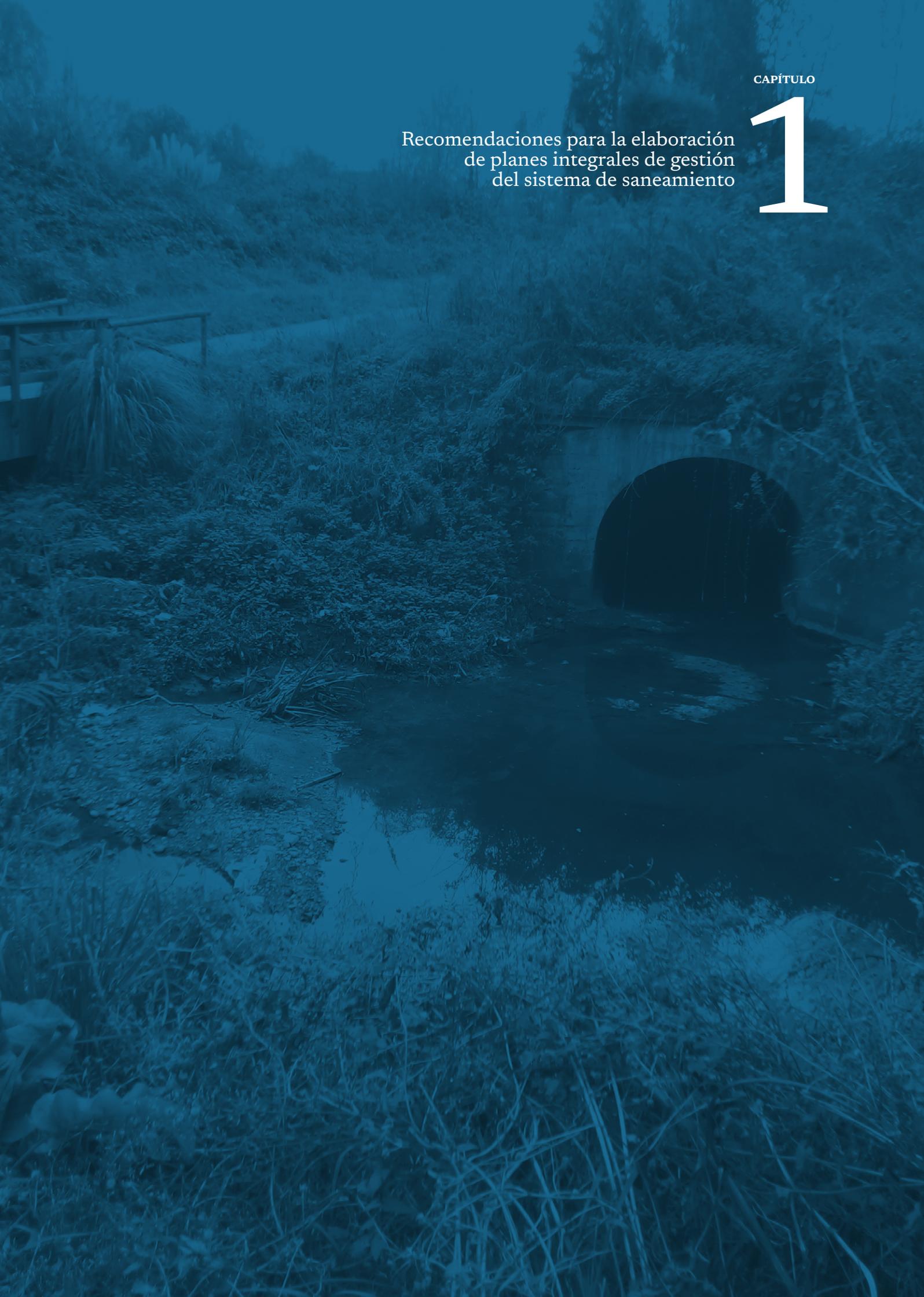
Con más de un siglo de experiencia en la gestión del agua, España se encuentra ante una nueva etapa marcada por la digitalización, la transparencia y la sostenibilidad. En esta tarea, los PIGSS constituyen un paso firme hacia un modelo de gestión más resiliente, eficiente y respetuoso con el medio ambiente, que garantice la calidad de nuestras aguas y la salud de nuestras ciudades para las generaciones presentes y futuras.

María Dolores Pascual Vallés
Directora General del Agua

CAPÍTULO

1

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento



Introducción

La calidad del agua de los cauces y de los ríos es una preocupación constante tanto en la Ley de Aguas como en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH) y, además, viene respaldada por Directivas europeas, en particular la Directiva (UE) 2024/3019 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de noviembre de 2024, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas y la Directiva Marco Europea del Agua (DMA), denominada Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

El Reglamento del Dominio Público Hidráulico regula, entre otras cosas, los vertidos a DPH y fue modificado en el año 2012 mediante el Real Decreto 1290/2012, de 7 de septiembre, para incorporar la obligación de controlar y limitar la contaminación de los vertidos por desbordamientos de los sistemas de saneamiento en episodios de lluvia (VDSS) e inventariar los puntos de desbordamiento de las aguas de escorrentía (PVDSS), además de indicar la necesidad de elaborar unas normas técnicas en las que se especificasen y desarrollasen los procedimientos de diseño de las obras e instalaciones para la gestión de la escorrentía pluvial, y que se utilizarían en el condicionado de las autorizaciones de vertido.

Por dicho motivo, en el BOE del 31 de agosto de 2023 fue publicado el Real Decreto 665/2023, que ha modificado de una manera significativa el RDPH en relación con los VDSS y, en su Anexo XI se ha desarrollado la «Norma técnica básica para el control de los vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia», que establece ciertas condiciones para las autorizaciones de vertido que cuenten con VDSS.

El art. 259 quinquies del RDPH impone la obligación de elaborar el documento denominado «Plan integral de gestión del sistema de saneamiento» (PIGSS) a las siguientes aglomeraciones urbanas (AAUU):

- a. Vertidos procedentes de aglomeraciones urbanas de ≥ 50.000 h-e.
- b. Vertidos procedentes de aglomeraciones urbanas de ≥ 10.000 h-e y $<$ de 50.000 h-e, 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, entre otras.
- c. Otros vertidos que, por su especial incidencia en el medio receptor, sean seleccionados motivadamente por el organismo de cuenca.

además de alcanzar su rendimiento hidráulico indicativo (η_{HID}) (Anexo XI.6), lo que supone un nuevo enfoque en la gestión de los VDSS:

| Vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia, procedentes de: | Rendimiento hidráulico indicativo η_{HID} |
|---|---|
| Aglomeraciones urbanas incluidas en los supuestos del artículo 259 quinquies 2.a). | $\geq 0,60$. |
| Aglomeraciones urbanas incluidas en los supuestos del artículo 259 quinquies 2.b). | $\geq 0,50$. |
| Otras aglomeraciones urbanas (artículo 259 quinquies.2.c). | A juicio del organismo de cuenca, considerando como orientación, 10 m ³ de volumen de almacenamiento por cada hectárea de superficie impermeable en la cuenca. |

Tabla 1. Rendimiento hidráulico indicativo en el RDPH.

Mediante los PIGSS se conocerá la situación actual del sistema de saneamiento de cada aglomeración urbana, tras lo cual se podrán llevar a cabo modelizaciones de los flujos de aguas residuales en episodios de lluvia, analizando las cargas contaminantes liberadas en las masas de agua receptoras. Tras esto, se podrán marcar unos **objetivos indicativos a alcanzar** para reducir la contaminación de los VDSS, en relación con:

- Evitar la contaminación de la escorrentía pluvial mediante la implantación de soluciones basadas en la naturaleza que fomenten su tratamiento e infiltración, y se evite su entrada a la red de alcantarillado.
- El rendimiento hidráulico indicativo de la AAUU que se debe alcanzar (η_{HID}).
- Conocer la carga contaminante generada en condiciones de tiempo seco y en episodios de lluvia.
- La eliminación progresiva de los VDSS no tratados en sistemas de saneamiento separativo.

Para alcanzar dichos objetivos las aglomeraciones urbanas adoptarán ciertas medidas, siempre acompañadas de la identificación de los agentes implicados y de sus responsabilidades en la implantación del PIGSS:

- **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 en las aglomeraciones urbanas
- **Medidas de operación**, inspección, mantenimiento, renovación de infraestructuras y preparación ante episodios de lluvias, así como un **sistema de monitorización** de los VDSS con elementos de control que permitan estimar los caudales, tiempo, volúmenes y contaminantes asociados.
- Medidas para **optimizar el uso de las infraestructuras existentes** con el objetivo de garantizar que la escorrentía urbana es recogida y tratada, minimizando el vertido del agua residual urbana no tratada en masas de agua.
- **Otras medidas adicionales**, priorizando los **sistemas urbanos de drenaje sostenible**, tales como cubiertas ecológicas, jardines verticales, pavimentos permeables, jardines de lluvia, sumideros filtrantes y canales permeables, favoreciendo así la biodiversidad.

Además, se imponen unos plazos para la ejecución de las actuaciones donde la monitorización de los VDSS deberá implantarse durante los tres primeros años de vigencia del PIGSS y, el resto de las medidas, hasta los diez años o en el periodo que se establezca en la autorización de vertido.

Hay que tener en cuenta que, los Organismos de cuenca podrán exigir medidas adicionales cuando estos vertidos (VDSS) puedan ser una de las causas del incumplimiento de los objetivos ambientales de la masa de agua receptora (art. 259 ter.2 del RDPH) y tomar las medidas que sean necesarias para evitar el deterioro y contaminación del DPH (Anexo XI.7.1).

Finalmente, en el R.D. 665/2023 también se modifica 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, para adaptarla a esta nueva regulación.

CAPÍTULO

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento

2



Objetivo de estas recomendaciones

Estas recomendaciones pretenden orientar a los titulares de autorizaciones de vertido que deban elaborar un PIGSS y con el objetivo de asegurar el buen estado de las masas de agua receptoras de los VDSS.

Se dirige, por tanto, a los titulares de autorizaciones de vertido 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.**

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.»

y que están incluidos en el Inventario de las aglomeraciones urbanas que deben elaborar los PIGSS.

El listado de aglomeraciones que deben redactar un PIGSS se puede consultar en la página oficial del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). ([Agglomeraciones urbanas con obligatoriedad de elaborar un PIGSS](#)).

| Cuencas INTERcomunitarias | Fecha de la Resolución | ≥50.000 h-e (ANEXO I) | | | ≥10.000 y <50.000 h-e (ANEXO II) | | | <10.000 h-e y otros (ANEXO III) | | |
|--------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------------|----------------------------------|------------------|-------------------------------------|---------------------------------|----------------|-------------------------------------|
| | | N.º de AAUU | N.º de h-e | N.º de PVDSS inventariados en el SS | N.º de AAUU | N.º de h-e | N.º de PVDSS inventariados en el SS | N.º de AAUU | N.º de h-e | N.º de PVDSS inventariados en el SS |
| CH del Miño-Sil | 24/09/2024 | 4 | 403.800 | 100 | 2 | 24.471 | 10 | 1 | 3.980 | 7 |
| CH del Cantábrico (Occidental) | 08/10/2024 | 9 | 1.512.266 | 254 | 11 | 242.283 | 87 | 4 | 67.358 | 54 |
| CH del Cantábrico (Oriental) | 08/10/2024 | 5 | 1.990.194 | 58 | 5 | 108.175 | 13 | 5 | 29.131 | 25 |
| CH del Duero | 19/09/2024 | 11 | 2.678.031 | 330 | 5 | 115.899 | 47 | 2 | 13.561 | 8 |
| CH del Ebro | 19/09/2024 | 16 | 3.360.264 | 445 | 8 | 180.200 | 65 | | | |
| CH del Tajo | 18/10/2024 | 40 | 9.449.225 | 514 | 25 | 458.822 | 167 | 1 | 7.836 | 3 |
| CH del Júcar | 27/10/2024 | 34 | 4.638.442 | 605 | 32 | 831.711 | 368 | 2 | 14.693 | 17 |
| CH del Guadiana | 20/09/2024 | 13 | 1.993.365 | 147 | 17 | 361.537 | 81 | | | |
| CH del Guadalquivir | 18/09/2024 | 15 | 3.925.266 | 513 | 41 | 993.176 | 155 | 2 | 11.223 | 3 |
| CH del Segura | 01/10/2024 | 16 | 1.964.975 | 299 | 36 | 751.665 | 176 | 2 | 6.224 | 7 |
| TOTAL: | | 163 | 31.915.828 | 3.265 | 182 | 4.067.939 | 1.169 | 19 | 154.006 | 124 |

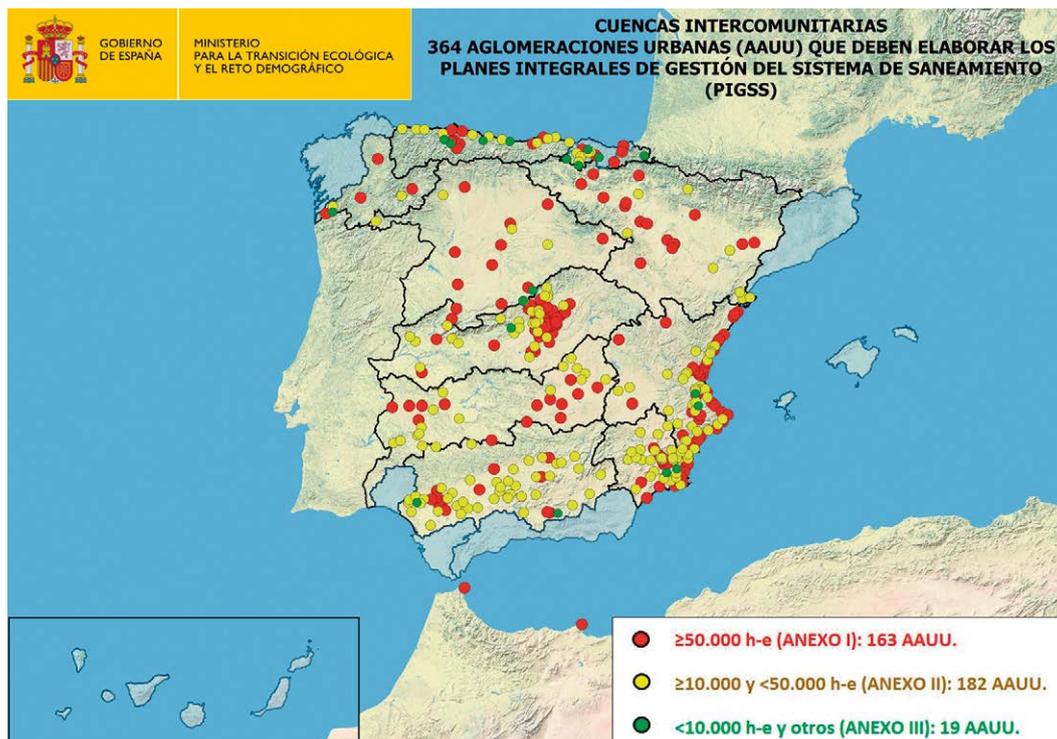


Ilustración 1. CUENCAS INTERCOMUNITARIAS: Según Resoluciones de los Organismo de cuenca del año 2024, hay 364 Aglomeraciones urbanas que deben elaborar los PIGSS.

Este documento se divide en diferentes apartados que abarcan todos los aspectos a incorporar en el PIGSS:

- El punto 3 pretende aportar un marco legal que permita conocer la normativa que pueda ser de aplicación.
- El punto 4 resume el proceso de elaboración de los PIGSS e incluye una propuesta de índice de acuerdo con el artículo 259 quinquies del RDPH.
- El punto 5 aporta un marco documental, con las posibles fuentes de información de base en los trabajos de redacción del PIGSS.
- El punto 6 detalla el procedimiento para caracterizar la red, información básica y esencial en la elaboración de los PIGSS.
- Los puntos 7, 8 y 9 definen los estudios técnicos de detalle para caracterizar hidráulicamente y, desde el punto de vista de la calidad, el sistema que se debe modelizar, tanto en la situación actual como futura, con la incorporación de alternativas.
- El punto 10 define las posibles medidas que se pueden tener en cuenta para dar cumplimiento a los requisitos legales y, que deben ser modelizadas en los estudios de alternativas.

Con este documento se pretende dar respuesta a las dudas sobre el contenido de los PIGSS, así como información útil sobre las fuentes de información posibles para acometer el trabajo.

CAPÍTULO

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento

3



Marco legal en los que se integran los PIGSS

El marco legal principal en el que se integran los PIGSS pretende garantizar la adecuada gestión del agua de lluvia, de la escorrentía pluvial y de la calidad de los recursos hídricos, para asegurar la protección del medio ambiente y la salud pública. Estos planes se enmarcan en un conjunto de normas y regulaciones tanto a nivel europeo como nacional, que aseguran la sostenibilidad y eficacia del saneamiento de los núcleos urbanos:

3.1. Marco legal europeo

El marco supranacional que regula las actividades objeto de los PIGSS se concentra en dos grandes directivas europeas:

- Directiva Marco del Agua (DMA), denominada Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, con el fin de alcanzar un buen estado ecológico y químico de las masas de agua en Europa. La trasposición de la Directiva 2000/60/CE en España se realizó mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social que incluye, en su art. 129, la modificación del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por la que se incorpora al derecho español la Directiva 2000/60/CE, estableciendo un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Directiva (UE) 2024/3019 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de noviembre de 2024, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Esta Directiva regula en el artículo 5 los Planes integrados de gestión de aguas residuales urbanas y desarrolla su contenido en el Anexo V. De acuerdo con lo establecido en la Directiva, la Comisión deberá adoptar, a más tardar el 2 de enero de 2028, actos de ejecución con el fin de especificar las metodologías para identificar las medidas que deben adoptarse para alcanzar los objetivos de reducción de la contaminación causada por los vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento, así como para determinar los indicadores alternativos que verifiquen si se alcanza el objetivo indicativo de reducción de la contaminación.

El RD 665/2023, de 18 de julio, por el que se modifica el Reglamento de Dominio Público Hidráulico incorpora muchas de las obligaciones establecidas en la Directiva en este ámbito, aunque será necesaria su transposición al ordenamiento jurídico nacional para cumplir con los objetivos establecidos en la misma. El artículo 259 quinquies.2 establece que deben elaborar planes integrales de gestión (PIGSS):

- a. Vertidos procedentes de aglomeraciones urbanas de 50.000 o más habitantes equivalentes.
- 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 plazo para presentar los PIGSS para las aglomeraciones urbanas recogidas en el artículo 259 quinquies.2 a) es el 20 de septiembre de 2026 y, para las recogidas en el artículo 259 quinquies.2 b) y c) es el 20 de septiembre de 2027.

3.2. Normativa Nacional

La normativa estatal es el marco legal principal por el que se regulan los vertidos por desbordamientos de los sistemas de saneamiento en episodios de lluvia. Este marco está representado por los siguientes documentos normativos:

- Ley de Aguas (Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas) que regula el dominio público hidráulico y las competencias en materia de gestión y planificación de los recursos hídricos. Establece los principios de sostenibilidad y racionalidad en el uso de los recursos, así como la responsabilidad de los municipios en la gestión de los sistemas de saneamiento.
- **Real Decreto 849/1986 (Reglamento del Dominio Público Hidráulico) que desarrolla la Ley de Aguas y regula el aprovechamiento y control de las aguas públicas (RDPH).** Establece requisitos para el vertido de aguas residuales y la explotación de depuradoras, además de regular la obligación de contar con autorizaciones y cumplir con normas específicas de vertido. El RDPH es el marco de referencia principal de los PIGSS de acuerdo al siguiente articulado del «TÍTULO III De la protección del dominio público hidráulico y de la calidad de las aguas continentales», «CAPÍTULO II De los vertidos», en su «Sección 4.ª bis. Vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia y planes integrales de gestión de los sistemas de saneamiento»:
 - Artículo 259 ter: Desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia.
 - Artículo 259 quater. Requisitos de los vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia.
 - Artículo 259 quinquies. Plan integral de gestión del sistema de saneamiento.

y al ANEXO XI Norma técnica básica para el control de los vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia.

- 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.

Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos Preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

Publicado en: [«BOE» núm. 103, de 30/04/1986.](#)
Entrada en vigor: 30/04/1986
Departamento: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo
Referencia: [BOE-A-1986-10638](#)
Permalink ELI: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1986/04/11/849/con>

Seleccionar redacción: Última actualización publicada el 23/10/2024

 PDF  ePUB

Ilustración 2. Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1986-10638>

3.3. Planes Hidrológicos de cuenca

Los Planes Hidrológicos de la cuenca en que se sitúa la aglomeración urbana objeto de la redacción del PIGGS incluyen, entre sus contenidos, los Objetivos Medioambientales y las figuras de protección de las masas de agua que son el medio receptor de los vertidos.

3.4. Normativa Autonómica

Cada comunidad autónoma en España puede desarrollar su propia normativa en materia de gestión de aguas residuales y saneamiento, adaptando los objetivos generales del marco legal nacional y europeo a su contexto local. Además, la comunidad autónoma puede desarrollar un plan específico de saneamiento y depuración que se coordine con los planes nacionales y europeos.

Asimismo, deberá considerarse de aplicación aquella normativa autonómica relativa al diseño y explotación de los sistemas de saneamiento.

3.5. Otras figuras legales

- Orden TED/1191/2024, de 24 de octubre, por la que se regulan los sistemas electrónicos de control de los volúmenes de agua utilizados por los aprovechamientos de agua, los retornos y los vertidos al dominio público hidráulico.
- Régimen jurídico de entidades colaboradoras.
- Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño.
- UNE-EN 752 de fecha 10-2018. Sistemas de desagües y de alcantarillado exteriores a edificios. Gestión del sistema de alcantarillado en la que aparecen los períodos de retorno de diseño.
- UNE-EN 13508-2:2003+A1 de fecha 10-2012. Examen y evaluación de los sistemas de desagüe y de alcantarillado en el exterior de edificios. Parte 2: Sistemas de codificación de inspecciones visuales.
- UNE-EN 16941-1 de fecha 03-2019. Sistemas *in situ* de agua no potable. Parte 1: Sistemas para la utilización de agua de lluvia.
- UNE-EN 16941-2 de fecha 09-2021. Sistemas *in situ* de agua no potable. Parte 2: Sistemas para la utilización de aguas grises tratadas.

3.6. Marco legal local

La reglamentación a nivel local puede ser muy variable en función del tamaño del núcleo urbano. De forma habitual, se dispondrá de la información urbanística (Plan General de Ordenación Urbana), pero se puede también disponer de ordenanzas de alcantarillado, o de un Plan director del sistema de saneamiento.

3.7. Normativa Internacional

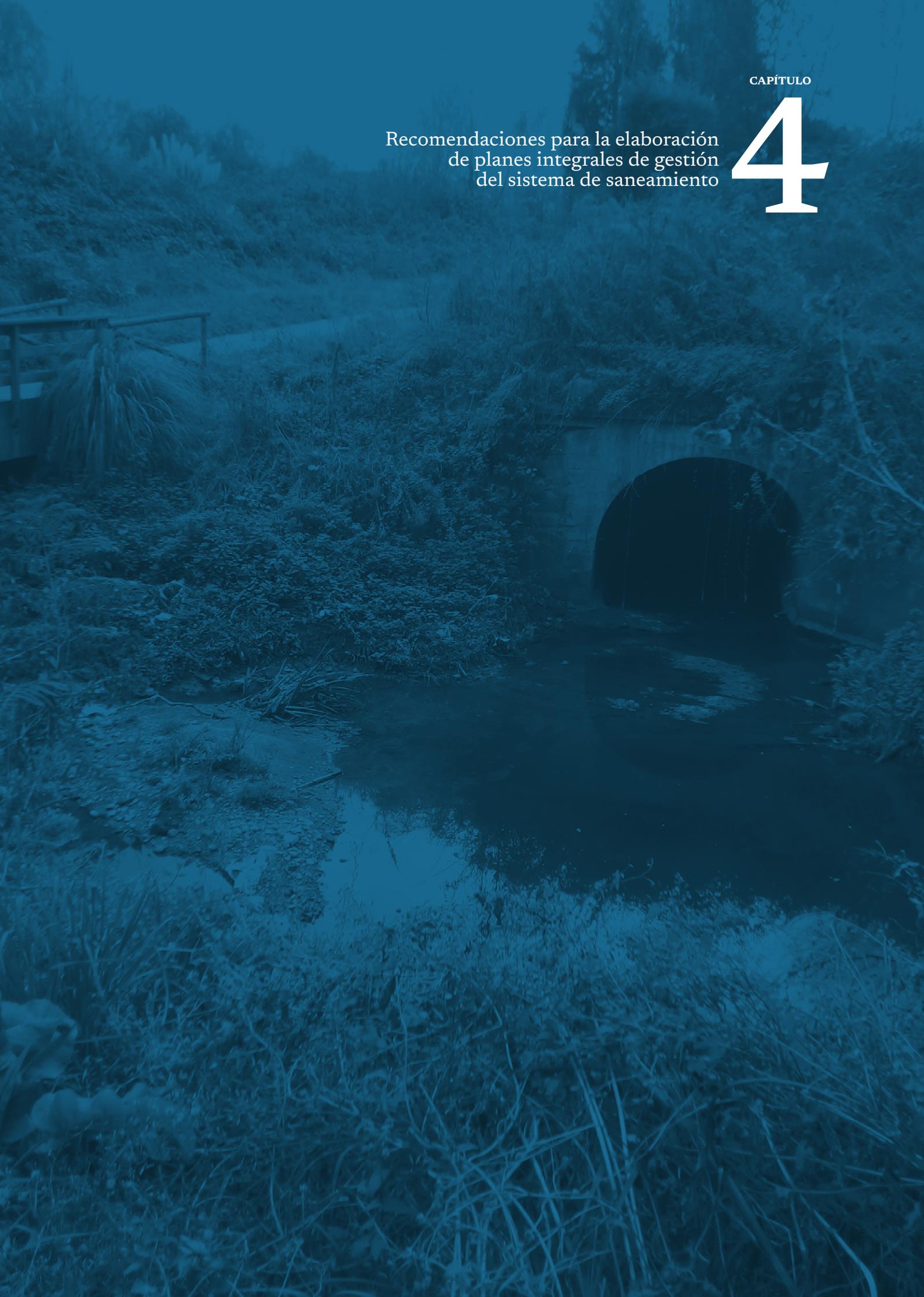
A continuación, se indican guías de redacción de PIGSS en otros países y, su desarrollo, se localiza en el Anexo 6:

1. Alemania. Normativa DWA-A 166. Estructuras de tratamiento y retención de agua de lluvia: diseño estructural y equipamiento. Noviembre 2013.
2. Francia. Elementos para el desarrollo de un Plan Maestro de Gestión de Aguas Pluviales adaptado al contexto local. Febrero 2011.
3. Francia. Guía para la elaboración de un plan de gestión de aguas pluviales. Asociación Regional para el Estudio y Mejoramiento de Suelos. Departamento de Sena Marítimo. Mayo 2006.
4. Canadá. Guía de gestión del agua de lluvia. Estrategias de planificación, principios de diseño y mejores prácticas de gestión de redes de drenaje en zonas urbanas.

CAPÍTULO

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento

4



Resumen metodología de elaboración de los PIGSS

La elaboración de un PIGSS exige la realización de diversas labores de recopilación de información, de trabajos técnicos complejos de modelización y un conocimiento profundo de las tipologías de medidas existentes para mejorar el rendimiento del sistema. En el cuadro siguiente se resume el proceso de trabajos necesarios para la redacción de un PIGSS completo.

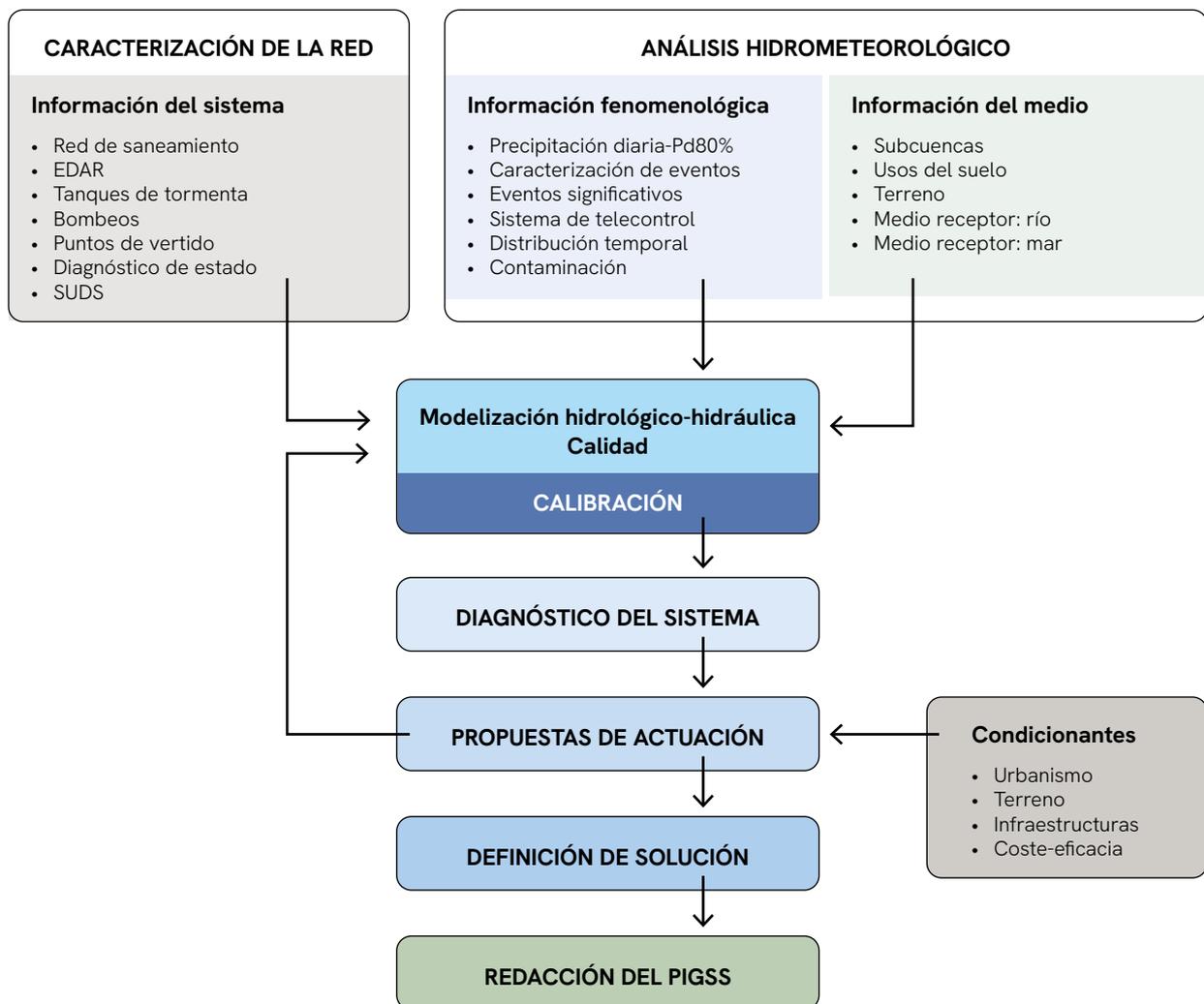


Ilustración 3. Metodología general de redacción de los PIGSS. Fuente: elaboración propia.

El documento final redactado deberá dar respuestas a lo indicado en el art. 259 quinquies.3 del RDPH. El índice que se propone a continuación permite cumplir con todos los requisitos legales, dando lugar a un documento completo y justificado.

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.
 - Posibilidad de emplear modelos de calidad del agua para una medida indirecta en los desbordamientos/VDSS no monitorizados.
 - 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.



Ilustración 4. Contaminación asociada a un punto de vertido por desbordamiento del sistema de saneamiento (PDSS) en episodios de lluvia en Ría urbana. Fuente: MITECO.

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 sifónicas; 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.

CAPÍTULO

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento

5



Fuentes de información

5.1. Información de la autorización de vertido

El titular de la autorización de vertido será, por regla general, el responsable de la EDAR.

La autorización de vertido es el documento que autoriza los vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia y del efluente de los vertidos procedentes de estaciones de depuración de aguas residuales al medio receptor, para cumplir con la normativa ambiental y, por tanto, incluye los datos básicos para elaborar el PIGSS.

Es un documento básico de partida para la redacción del PIGSS.

La información incluye los siguientes apartados:

1. Datos del titular:

- Nombre de la empresa, institución o persona responsable.
- Dirección y ubicación del establecimiento.
- Identificación fiscal o número de registro.

2. Información del vertido:

- Descripción de las aguas residuales (domésticas, industriales, mixtas).
- Origen del vertido (procesos productivos, sanitarios, etc.).
- Volumen de vertido permitido (diario, mensual o anual).
- Frecuencia del vertido por desbordamiento.

3. Características del medio receptor:

- Identificación del lugar de vertido (cauce de río, mar, alcantarillado, etc.).
- Condiciones del medio receptor, como su capacidad de carga.

4. Parámetros de calidad:

- Límites máximos permitidos para contaminantes específicos (pH, sólidos suspendidos, demanda biológica de oxígeno - DBO, demanda química de oxígeno - DQO, metales pesados, entre otros).
- Normas técnicas aplicables al tipo de vertido.

5. Requisitos y obligaciones:

- Instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, si es necesario.
- Monitoreo periódico de los parámetros del vertido.
- Envío de reportes periódicos a la autoridad competente.
- Mantenimiento de registros de las operaciones de tratamiento y monitoreo.

6. Condiciones de la autorización:

- Vigencia de la orden de vertido (plazo en el que estará activa).
- Condiciones para su renovación o modificación.
- Infracciones y sanciones por incumplimiento del condicionado establecido.

7. Firmas y validación:

- Firma de las autoridades ambientales competentes.
- Sello oficial de la entidad que emite la autorización.

La finalidad de esta autorización de vertido es garantizar que los vertidos no afecten negativamente al medio ambiente, a la salud pública o a los ecosistemas asociados.

Si existiesen distintos titulares en el sistema de saneamiento y no se constituyera una comunidad de usuarios de vertidos, recaería en el titular de la autorización del vertido de la EDAR la obligación de reportar al Organismo de cuenca la información de los VDSS y las medidas a aplicar en el sistema de saneamiento.

Hay que tener en cuenta que, los artículos 230 y 246.2.b) del RDPH proponen la constitución de las Comunidades de usuarios de vertidos, si bien, el Organismo de cuenca puede imponer justificadamente su constitución en cumplimiento del propio art. 230 del RDPH y del art. 90 del Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA), facilitando de esta manera el trabajo de la redacción del PIGSS.

5.2. Cartografía básica: Lidar IGN

La información cartográfica de base en los estudios puede ser obtenida ad hoc para la redacción del PIGSS, u obtener la información oficial generada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), el cual ofrece acceso gratuito a datos LiDAR y Modelos Digitales del Terreno (MDT) a través del Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).

El proyecto PNOA-LiDAR ha realizado varias coberturas del territorio español:

- Primera cobertura (2008-2015): Nubes de puntos LiDAR con una densidad de 0,5 puntos/m².
- Segunda cobertura (2015-2021): Nubes de puntos LiDAR con una densidad de 1 punto/m².
- Tercera cobertura (2022-2025): Nubes de puntos LiDAR con una densidad de 5 puntos/m².

Estos datos están disponibles en formato LAZ (compresión de ficheros LAS) y se pueden descargar en bloques de 2x2 km o 1x1 km, según la cobertura.

Además de los datos LiDAR, el IGN pone a disposición del público, diferentes MDT generados a partir de los datos LiDAR con distintos pasos de malla:

- MDT02: Paso de malla de 2 metros.
- MDT05: Paso de malla de 5 metros.
- MDT25: Paso de malla de 25 metros.
- MDT200: Paso de malla de 200 metros.

Estos modelos representan la superficie del terreno sin elementos como vegetación o edificaciones y están disponibles en formato ASCII matriz ESRI (.asc).

Asimismo, también están disponibles para descarga los modelos digitales de superficies de vegetación y edificaciones.

Si bien esta información es oficial y de calidad, en algunas circunstancias puede ser necesario complementarla con levantamientos específicos locales.

La información anterior se puede descargar libremente seleccionando los productos LiDAR y MDT necesarios y definiendo el área de interés en la siguiente dirección:

<https://pnoa.ign.es/pnoa-lidar/productos-a-descarga>

En la web del CNIG se pueden descargar, asimismo, otro tipo de información cartográfica, como las ortofotografías actuales e históricas.

 **Nube de puntos (LiDAR)**

Colección de puntos que incluyen sus coordenadas tridimensionales, así como otros parámetros adicionales. Los puntos se encuentran clasificados en diferentes categorías, asignándolos a diferentes clases que definen el tipo de objeto que refleja el pulso láser (edificios, vegetación, suelo...).
Cada año cubre una superficie diferente del territorio nacional (ver las superficies voladas cada año en <https://pnoa.ign.es/web/portal/pnoa-lidar/estado-del-proyecto>).

LIDAR 1ª Cobertura (2008-2015)



Descripción: Ficheros digitales de nubes de puntos 3D obtenidos con LIDAR y de ámbito nacional coloreados con color verdadero (RGB) o con infrarrojo (IRC).
Formato: Fichero LAZ (formato de compresión de ficheros LAS).

[i](#) [📍](#)
Ver producto Buscar en mapa

LIDAR 2ª Cobertura (2015-2021)



Descripción: Ficheros digitales de nubes de puntos 3D obtenidos con LIDAR y de ámbito nacional coloreados con color verdadero (RGB) o con infrarrojo (IRC).
Formato: Fichero LAZ (formato de compresión de ficheros LAS).

[i](#) [📍](#)
Ver producto Buscar en mapa

LIDAR 3ª Cobertura (2022-2025)



Descripción: Ficheros digitales de nubes de puntos 3D obtenidos con LIDAR y de ámbito nacional coloreados con 4 bandas (RGBI).
Formato: Fichero LAZ (formato de compresión de ficheros LAS).

 **Modelos digitales del terreno**

Representación de la variable elevación del terreno a partir de la nube de puntos Lidar utilizando únicamente la clase 2-suelo.

Modelo Digital del Terreno - MDT02



Descripción: Modelo digital del terreno 2ª Cobertura (2015-Actualidad) con paso de malla de 2 metros. Cobertura por completar.
Formato: COG (Cloud Optimized GeoTIFF).

[i](#) [📍](#)
Ver producto Buscar en mapa

Modelo Digital del Terreno - MDT05



Descripción: Modelo digital del terreno 1ª Cobertura con paso de malla de 5 metros.
Formato: COG (Cloud Optimized GeoTIFF).

[i](#) [📍](#)
Ver producto Buscar en mapa

Modelo Digital del Terreno - MDT25 1ª cobertura



Descripción: Modelo digital del terreno 1ª Cobertura con paso de malla de 25 metros.
Formato: COG (Cloud Optimized GeoTIFF).

[i](#) [📍](#)
Ver producto Buscar en mapa

Modelo Digital del Terreno - MDT25 2ª cobertura



Descripción: Modelo digital del terreno 2ª Cobertura con paso de malla de 25 metros.
Formato: COG (Cloud Optimized GeoTIFF).

[i](#) [📍](#)
Ver producto Buscar en mapa

Ilustración 5. Productos de descarga disponibles en la web del CNIG.

5.3. Información pluviométrica: pluviómetros y pluviógrafos (AEMET/SAIH)

La obtención de datos pluviométricos puede realizarse a través de dos fuentes principales: la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y los Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIH).

5.3.1. AEMET (Agencia Estatal de Meteorología)

AEMET ofrece datos meteorológicos a través de su portal web y su API.

- Portal web: acceso a través de www.aemet.es en la sección de «Climatología» o «Datos observados». Se pueden consultar datos históricos de precipitación y otros parámetros meteorológicos.

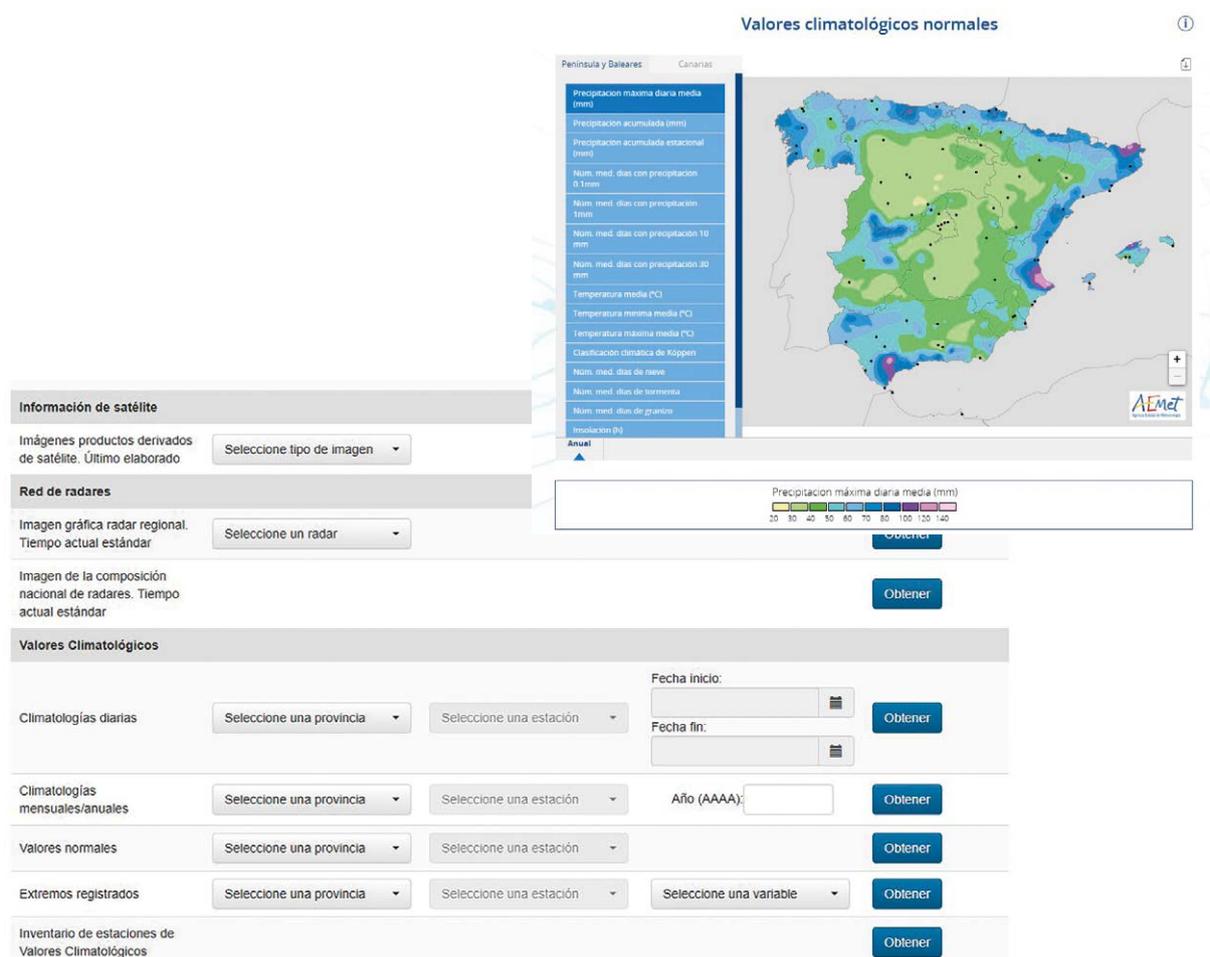


Ilustración 6. Ejemplo de valores que se pueden observar en la web de la AEMET.

AEMET ofrece datos meteorológicos a través de su portal web y su API.

- Portal web: acceso a través de www.aemet.es en la sección de «Climatología» o «Datos observados». Se pueden consultar datos históricos de precipitación y otros parámetros meteorológicos.
- API de AEMET: es necesario registrarse en el portal de datos abiertos de AEMET y Obtener una clave de acceso (API Key). Utiliza endpoints como los de «Datos de estaciones» para descargar información en tiempo real o histórica.
- Datos históricos: Los datos históricos están disponibles para descarga en formatos CSV o Excel. Asimismo, también se pueden solicitar series de datos específicas mediante correo electrónico a AEMET.

La información pluviométrica disponible en AEMET puede ser a nivel diario u horario, dependiendo del tipo de estación seleccionado.

Para la redacción de los PIGSS se utilizarán los datos de estaciones automáticas con información diezminutal, ya que será necesario definir la distribución temporal de los episodios de lluvia.

AEMET suministra los datos en décimas de mm, es importante tener en cuenta este factor para evitar errores en los cálculos.

5.3.2. SAIH (Sistemas Automáticos de Información Hidrológica)

Los SAIH son gestionados por los Organismos de cuenca y se centran en el monitoreo de recursos hídricos, incluidas las precipitaciones.

El acceso a los datos se realiza a través de los portales web del Organismo de cuenca correspondiente permitiendo consultar las precipitaciones en estaciones específicas o descargar informes, así como la descarga o solicitud de información histórica de precipitaciones.

Los SAIH disponen de información a nivel horario o incluso más detallado (quinceminutal, diezminutal), <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/saih.html>

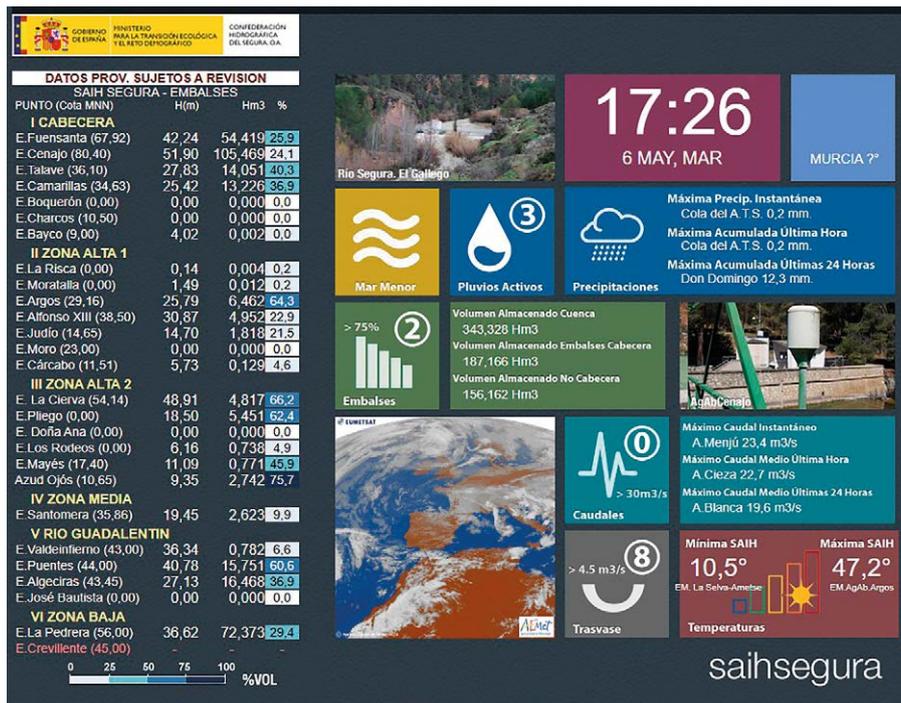


Ilustración 7. SAIH CH Segura. Fuente: SAIH de la C.H del Segura.

5.4. Información usos del suelo

El Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE) es una base de datos de referencia sobre los usos y ocupación del suelo. Es una herramienta creada para integrar y homogeneizar información sobre la ocupación del suelo a nivel nacional, permitiendo realizar análisis detallados en diversas áreas como urbanismo, medio ambiente, agricultura y planificación territorial.

5.4.1. Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España: SIOSE

Los datos se suministran en una geodatabase de datos vectorial: Utiliza geometrías que permiten representar los usos del suelo en forma de polígonos, lo que facilita su integración en sistemas de información geográfica (SIG).

Los usos del suelo se clasifican en categorías jerárquicas que incluyen:

- Artificial: Áreas urbanizadas, infraestructuras, áreas industriales, etc.
- Agrícola: Cultivos, pastizales, huertos, entre otros.
- Forestales y naturales: Bosques, matorrales, humedales.
- Hidrológico: Ríos, lagos, embalses, mares.
- Otras categorías: Zonas sin uso definido o clasificadas como mixtas.

A diferencia de otros sistemas, SIOSE permite asignar más de un uso a un área específica, indicando porcentajes de cada uso.

Su resolución espacial es de alta precisión (normalmente de 1:25.000 o 1:10.000) y se actualiza periódicamente para reflejar los cambios en el territorio.

Es compatible con estándares internacionales (INSPIRE), facilitando el uso de datos en proyectos europeos y globales.

Los datos del SIOSE están disponibles de manera gratuita para administraciones, empresas y ciudadanos interesados, a través del sitio web del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y su Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).

<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=SIOSE>

<https://www.siose.es/web/guest/base-de-datos>



Ilustración 8. Centro de descargas del CNIG. SIOSE. Ejemplo de tipología de fichero de descarga.

5.4.2. Corine Land Cover

El Corine Land Cover (CLC) es un proyecto europeo que proporciona información sobre la cobertura y el uso del suelo en Europa. Fue desarrollado en el marco del programa CORINE (Coordination of Information on the Environment) de la Unión Europea y es gestionado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, por sus siglas en inglés).

Utiliza un sistema jerárquico de clasificación con 44 categorías en cinco grandes grupos:

- Terrenos artificiales (zonas urbanas e infraestructuras)
- Áreas agrícolas (cultivos, pastizales, etc.)
- Bosques y vegetación natural (bosques, matorrales, praderas naturales)
- Humedales (marismas, turberas, etc.)
- Superficies de agua (ríos, lagos, mares)

Se actualiza periódicamente y se han realizado ediciones en los años 1990, 2000, 2006, 2012 y 2018, con nuevas actualizaciones previstas.

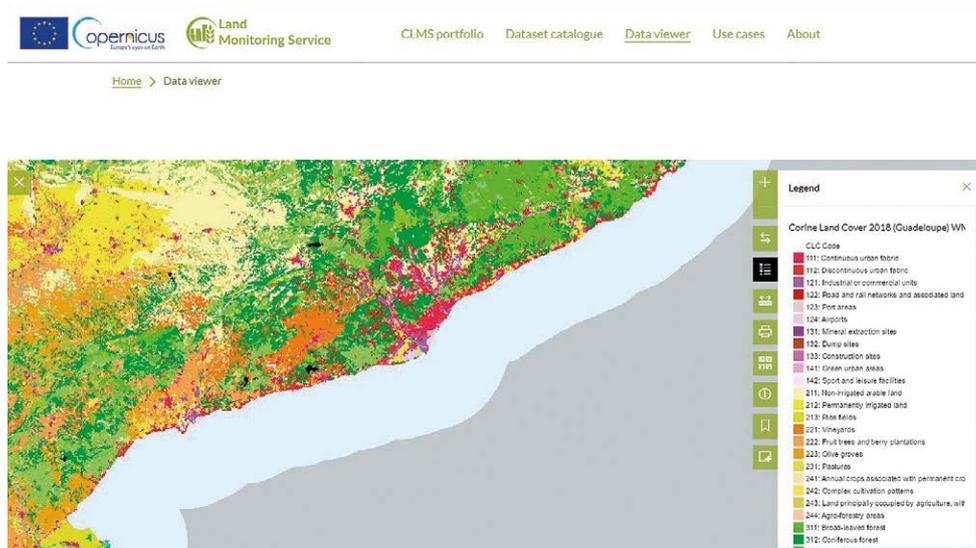


Ilustración 9. Ejemplo de visualización del Corine Land Cover en la página de Copernicus.

<https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>



Ilustración 10. Centro de descargas del CNIG. CORINE. Ejemplo de tipología de fichero de descarga.

5.5. Cartografía de inundabilidad de cauces SNCZI: DPH, ZFP, ZZII

El **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)** fue iniciado en 2005 por el Ministerio de Medio Ambiente de España siguiendo los principios de la Directiva 2007/60 sobre evaluación y gestión de riesgos de inundación, es un instrumento de apoyo a la gestión del espacio fluvial, la prevención de riesgos, la planificación territorial y la transparencia administrativa.

El SNCZI tiene los siguientes propósitos principales:

1. **Identificar y cartografiar las zonas inundables** en todo el territorio nacional bajo diferentes escenarios (períodos de retorno de 10, 100 y 500 años).
1. **Proporcionar herramientas a administraciones y ciudadanos** para la toma de decisiones en la planificación territorial y la gestión de emergencias.
1. **Cumplir con las exigencias europeas** relacionadas con la evaluación y gestión de riesgos de inundación.

El **Visor del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)**, eje central del SNCZI, es una plataforma online en España que permite a todos los interesados visualizar los estudios de delimitación del Dominio Público Hidráulico (DPH), Zonas de Flujo Preferente (ZFP) y los estudios de cartografía de zonas inundables, elaborados por el Ministerio y aquellos aportados por las Comunidades Autónomas.

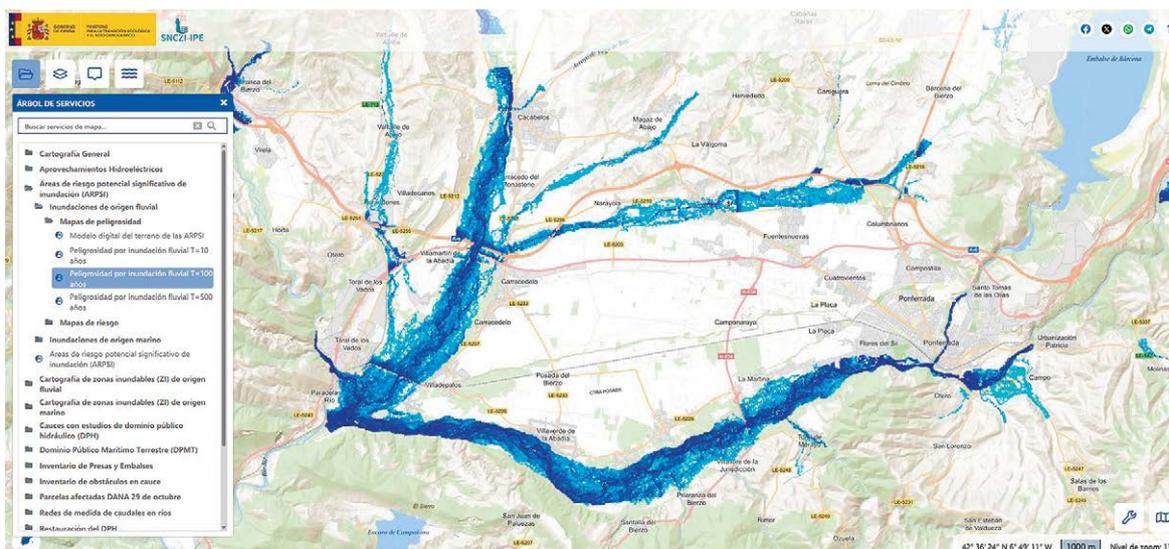


Ilustración 11. Mapa de Peligrosidad T=100 años. Río Sil en Ponferrada. Fuente: SNCZI.

<https://sig.mapama.gob.es/snczi/index.html?herramienta=DPHZI>

En él se recogen los **mapas de riesgos de inundación** y los **mapas de peligrosidad** como herramientas clave en la gestión de riesgos hídricos, diseñados para evaluar las áreas que podrían ser afectadas por inundaciones y sus posibles impactos.

En relación con lo anterior, cabe indicar que los organismos de cuenca elaboran estos mapas como parte del **Plan de Gestión de Riesgos de Inundación (PGRI)**, cumpliendo con la Directiva Europea de Inundaciones (Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación), traspuesta mediante el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, y crean sus propios visores.

Si bien el SNCZI es el eje vertebrador de todas las zonas inundables españolas, algunos organismos de cuenca pueden publicar la misma información en sus propios visores.

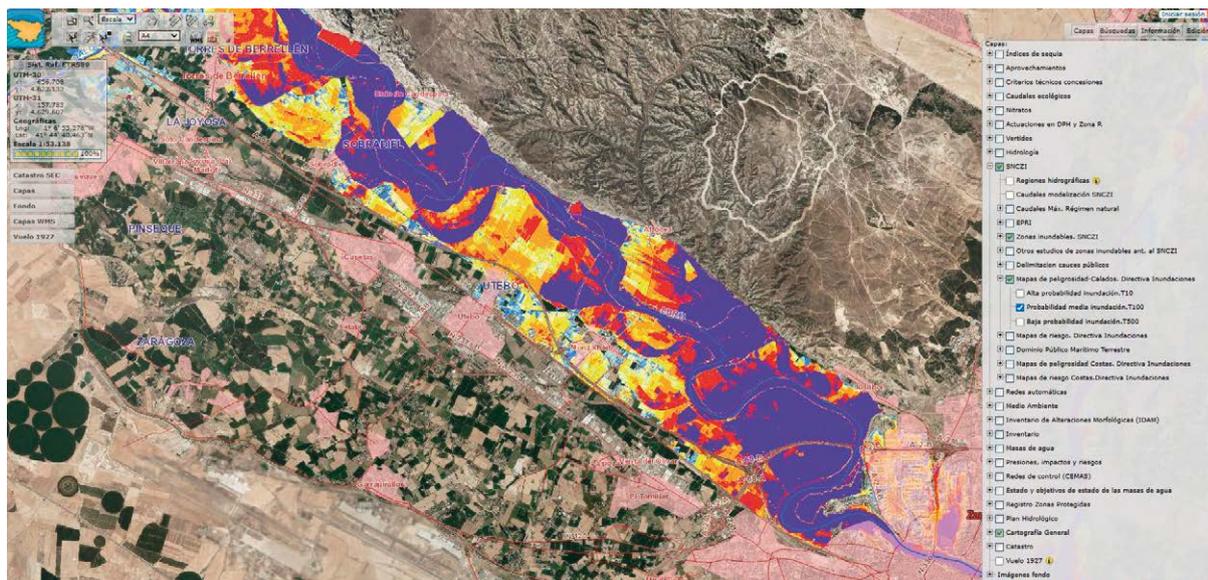


Ilustración 12. Visor SITEbro de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

A la par de representar los mapas de peligrosidad y riesgo, el SNCZI recopila las **zonas asociadas a limitaciones de uso de los cauces**. Estas son áreas asociadas a los ríos y arroyos reguladas por la legislación, las cuales presentan unas limitaciones a las actividades para proteger el flujo natural y evitar riesgos.

5.6. Cartografía del DPMT

La cartografía del **Dominio Público Marítimo Terrestre** abarca todas aquellas zonas del litoral que pertenecen al Estado, de acuerdo con lo estipulado en la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas y en el Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas. Esta cartografía delimita con precisión las áreas costeras sometidas a regulación y protección, e incluye:

- Zona Marítimo-Terrestre (ZMT): Es la franja de terreno que está sometida a la acción directa del mar en los mayores temporales conocidos. Comprende playas, acantilados y otras áreas influenciadas por el agua del mar.
- Playas: Comprenden las zonas de depósitos arenosos, gravas o guijarros. Estas tienen un valor estratégico tanto para la protección costera como para el uso recreativo.
- Zona de Servidumbre de Protección (SP): Es una franja terrestre (mínimo 100 metros desde la ZMT, ampliable a 200 metros en algunos casos) destinada a evitar ocupaciones que comprometan la estabilidad costera.
- Zona de Servidumbre de Tránsito (ST): Corresponde a una franja de 6 metros contigua al DPMT, garantizando el paso público y acceso al litoral.
- Mar Territorial: Incluye hasta 12 millas náuticas desde la línea base del litoral, abarcando el espacio marino sujeto a la soberanía nacional.
- Límite RM (línea de Ribera Marítima). El límite RM marca la línea de ribera que separa el dominio público marítimo-terrestre de las propiedades privadas o de otras áreas de uso público.

La cartografía del DPMT es esencial para:

- Delimitar áreas protegidas.
- Gestionar concesiones y autorizaciones.
- Evitar la ocupación ilegal.
- Y definir riesgos asociados al cambio climático, como la subida del nivel del mar entre otros.

El **Visor de Costas** es una herramienta digital proporcionada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España que permite consultar toda la información geográfica del litoral español en relación al DPMT y otras características costeras:

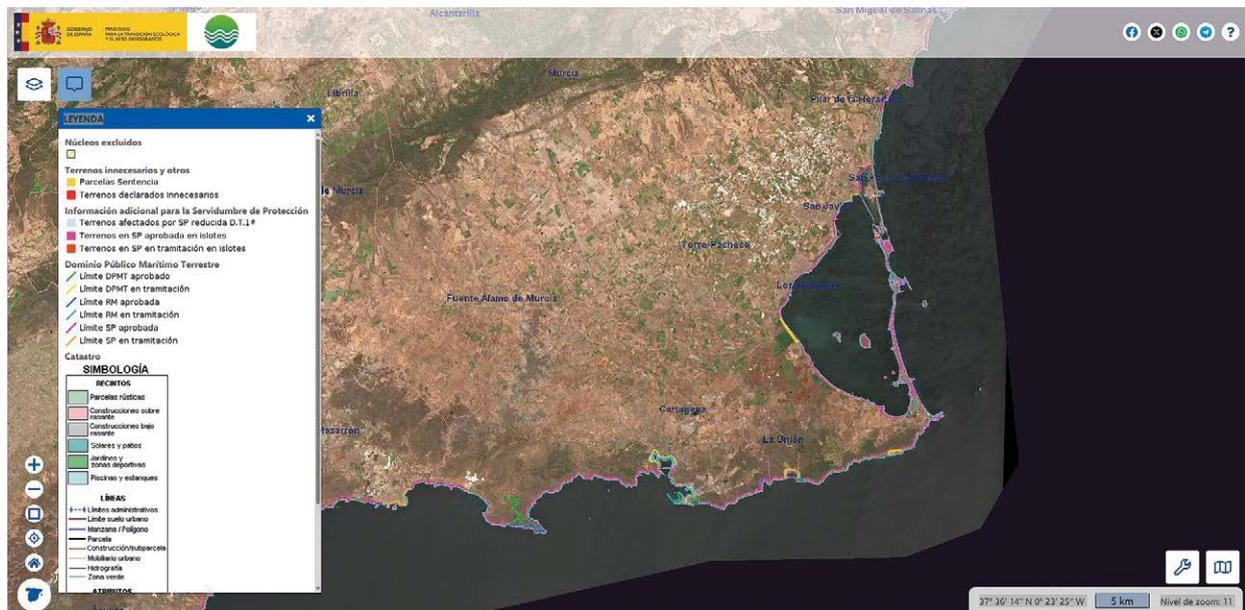


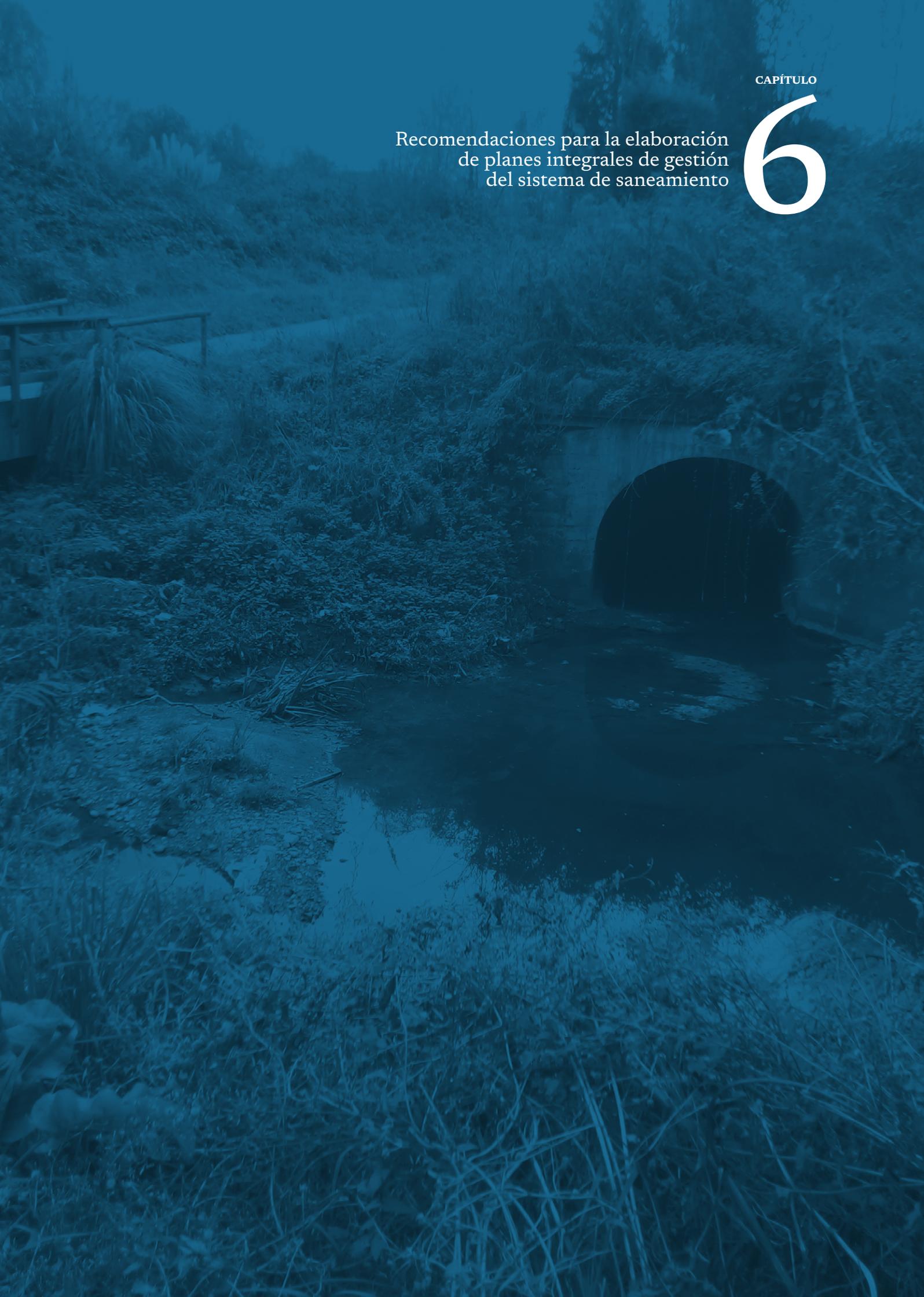
Ilustración 13. Visor del Dominio Público Marítimo Terrestre (Murcia).

<https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/visores/visores-costas.html>

Cabe indicar que dentro del visor del SNCZI puede consultarse la cartografía de zonas inundables de origen marino y la delimitación del DPMT.

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento

6



Caracterización de la red de saneamiento

La redacción de un PIGSS exige un conocimiento detallado de la red en la que se va a actuar para que la modelización hidrológico-hidráulica sea lo más precisa posible y el rendimiento hidráulico se defina adecuadamente.

El conocimiento debe incluir la información que se detalla a continuación.

6.1. Zonificación de la red de saneamiento

En el apartado 4 de la Norma Técnica Básica (Anexo XI) se define el rendimiento hidráulico del sistema de saneamiento como la cantidad de lluvia que es capaz de gestionarse adecuadamente en el conjunto de los elementos de la aglomeración urbana, tanto en sistemas unitarios como en sistemas separativos pluviales.

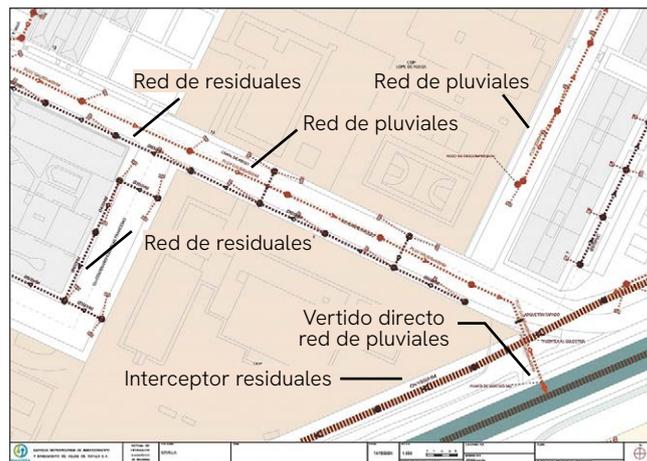


Ilustración 14. Representación GIS de un sistema de saneamiento separativo. Fuente: EMASESA.



Ilustración 15. Representación de modelos hidrodinámicos de saneamiento. Fuente: EMASESA.

El definirse y formularse el rendimiento hidráulico explícitamente para ambos sistemas, es necesario y correcto cuando la tipología de saneamiento es estrictamente unitaria o separativa, pero ello no debe llevar a la confusión de calcular rendimientos hidráulicos independientes en aquellos sistemas donde convivan el unitario y separativo. Estos sistemas, que podemos denominar **mixtos**, deben ser estudiados y calculados como un sistema único, calculando el rendimiento hidráulico en su conjunto, atendiendo a la idea holística del problema.

Aunque sea común encontrar sistemas separativos puros en pequeñas urbanizaciones, es poco probable que esta circunstancia se repita en una ciudad de cierta extensión, siendo lo habitual sistemas complejos donde se mezclan unitarios y separativos.



Ilustración 16. Ejemplos de red separativa en nueva zona residencial, con escorrentía pluvial vertiendo al medio receptor y, aguas residuales conectadas a la red unitaria principal. Fuente: Canal de Isabel II S.A.M.P.

6.2. Caracterización de la red de saneamiento

La caracterización de la red de saneamiento es un trabajo básico para poder evaluar el rendimiento hidráulico del sistema.

La red modelizada debe tener el nivel de detalle suficiente para que los resultados sean representativos de la situación real. En caso de modelizar la red de manera simplificada, debe dar como resultado un comportamiento equivalente al que produciría la red sin simplificar.

La modelización del sistema exige contar con un conocimiento detallado de cada elemento que compone la red, tanto si el sistema es unitario, como si es separativo. A continuación, se detallan los elementos que definen la red de saneamiento y los parámetros de los que es necesario disponer para modelizar el sistema adecuadamente:

- Tramos de conducción: para cada conexión o conducto hay que definir como mínimo:
 - Pozos de conexión entre tramos de la red.
 - Cotas de entrada y salida de cada conducción.
 - Coordenadas de inicio y final de tramo.
 - Sección transversal (\emptyset).
 - Material.
 - Rugosidad, teniendo en cuenta la real debido a su estado.
- Pozos/imbornales:
 - Coordenadas del centro de la tapa.
 - Conexiones de entrada y salida.
 - Cota de fondo y de tapa.
 - Profundidad del pozo y del arenero si dispone de ello.
 - Materiales.



Ilustración 17. Imbornal. Fuente: Canal de Isabel II S.A.M.P.

- Puntos de vertido:
 - Dimensiones del vertedero.
 - Conexiones de entrada y salida: en coordenadas XYZ.

- Dimensiones de rejas.
- Instalaciones auxiliares: limpieza.
- Estado de conservación.
- Incorporación al cauce.



Ilustración 18. Obra de incorporación a cauce a la salida de aliviadero. Fuente: Canal de Isabel II S.A.M.P.

- EDAR:
 - Geometría de condición de salida del punto de vertido en dirección a la EDAR: materiales, pendientes, longitud, secciones.
 - Capacidad máxima de la conducción de entrada.
 - Capacidad de tratamiento: general y pretratamiento.
 - Dispositivos antitormenta.
- Capacidad de almacenamiento de todo el sistema.
- SUDS:
 - Tipo y principio de funcionamiento.
 - Definición geométrica/volumen de agua capaz de almacenar.
 - Conexiones de entrada y de salida.
 - Coordenadas del elemento (o elementos) de conexión a la red.
- Depósitos/tanques: definición geométrica:
 - Dimensiones.
 - Conexiones de entrada y salida.
 - Disposición y geometría de cámaras.
 - Comunicación entre cámaras.
 - Sistemas de regulación.
 - Sistemas de limpieza.



Ilustración 19. Detalle de muretes de alivio en desbordamientos de sistemas de saneamiento unitario. Fuente: EMASESA.

- Bombeos:

- Geometría.
- Conducción de entrada y salida.
- Caracterización de las bombas: número, caudal de diseño, altura manométrica.



Ilustración 20. Caseta y cámara de bombas del bombeo del aliviadero Pinzales 1 (Gijón). Fuente: Empresa Municipal de Aguas de Gijón, S.A.U.

- Otras obras singulares:

- Sifones.
- Clapetas.
- Válvulas, compuertas, etc.

En el cuadro siguiente se recopilan los elementos mencionados anteriormente y se resumen los parámetros que se han de tener en cuenta a la hora de redactar los PIGSS:

| INFORMACIÓN NECESARIA DE LA RED | | | | |
|---------------------------------|-----------------|------------------------------|--|--|
| PARÁMETROS FÍSICOS | DRENAJE PLUVIAL | 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. | |
| | ALCANTARILLADO | 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 2. Datos estructurales necesarios de la red para elaborar un PIGSS.

6.3. Necesidad de levantamiento de la red de saneamiento

Si bien es posible que la información disponible sobre la red de saneamiento sea detallada y completa, lo habitual, principalmente en núcleos urbanos de mediana entidad, es que existan indefiniciones y la información existente sea insuficiente para modelizar el sistema adecuadamente. En este caso puede ser necesario levantar total o parcialmente la red. En este apartado se dan las pautas generales necesarias para realizar los trabajos topográficos que exigen los requerimientos de la redacción un PIGSS. Se deben realizar los mismos con todas las garantías de seguridad y salud, máxime teniendo en cuenta que gran parte de los trabajos se deben ejecutar en zona urbana (vehículos, peatones, otros servicios) y espacios confinados.

Se deberá 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), ejecutado por equipos que accedan a cada pozo de registro con el fin de tomar en campo los datos correspondientes:

- Saneamiento en baja: captación de las aguas residuales donde se producen (hogares, industrias, oficinas, etc.) y conducción por las redes municipales.
- Saneamiento en alta: conducción desde el alcantarillado municipal a la red de colectores generales, que transportan las aguas residuales hasta las depuradoras.

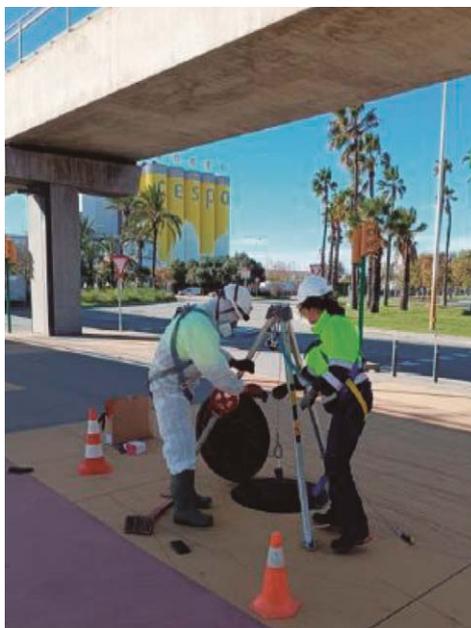


Ilustración 21. Inventario de la red de alcantarillado: conjunto de tareas para determinar la estructura y las características específicas de una red. Fuente: SOCADE.

En el caso en que el levantamiento exista, se procederá únicamente a su actualización.

Previamente a la ejecución de los trabajos de campo, se recomienda realizar un análisis detallado de la cartografía existente, y un recorrido previo de las zonas con vistas a detectar las zonas conflictivas en la ejecución.

6.3.1. Levantamiento planimétrico

Los medios para emplear, según necesidad serán:

- Estación total o GPS de alta precisión: son los métodos más recomendables, y se emplearán según características de la zona a levantar. El GPS puede tener problemas de recepción de señal en zonas urbanas con edificios muy elevados.
- Cinta métrica: se puede utilizar pequeñas zonas, o en los casos en que se obtenga la situación al mismo tiempo que se realiza la inspección cartográfica.

6.3.2. Levantamiento altimétrico

El levantamiento de las cotas de los elementos es determinante ya que define las cotas las pendientes de los conductos y la circulación de agua en superficie. Es necesario obtener, tanto la cota a nivel de calle del elemento, como las cotas de la red bajo tierra.

Los medios a emplear recomendados, teniendo en cuenta las limitaciones ya mencionadas, son:

- Nivel automático.
- Estación total.
- GPS.

La precisión mínima admisible es de 2 cm.

6.3.3. Caracterización del interior de la red

En las infraestructuras de saneamiento, es esencial conocer, no sólo la disposición de los elementos, sino su estado real de conservación: rugosidad, estanqueidad, estado estructural, etc.

- En el caso de conducciones no visitables, se pueden realizar inspecciones oculares desde la bancada de los pozos de registro o cámaras, aguas arriba y aguas abajo del elemento, así como el empleo de pértigas dotadas de cámaras en su extremo, o incluso video e inspecciones en tramos localizados de la red.
- En el caso de colectores visitables, la inspección se podrá realizar recorriéndolos a pie o mediante drones, que además permiten un levantamiento detallado de elementos.



Ilustración 22. Inventario de la red de alcantarillado: conjunto de tareas para determinar la estructura y las características específicas de una red. Fuente: SOCADE.



Ilustración 23. Inspección mediante dron autónomo en el colector Laminador Gavia Alta. Madrid. Fuente: Canal de Isabel II S.A.M.P.

6.4. Estado de obsolescencia

Se considera importante conocer el estado de las infraestructuras y su capacidad tanto hidráulica como estructural, pero sin que ello suponga un esfuerzo desmesurado en su diagnóstico que desvíe la atención y los medios hacia el propósito del RDPH, la mejora en la calidad de las masas de aguas receptoras.

Para ello se realizará un diagnóstico a partir de las inspecciones realizadas para el levantamiento de la red (como mínimo 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%.

Sí se estudiarán especialmente y de forma detallada, el estado de estructuras significativas en la gestión de los vertidos: tanques de tormentas y aliviaderos.

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 del nivel freático o a la edad de la red del alcantarillado, siendo, un punto crítico de entrada, los pozos de registro.



Ilustración 24. Infiltración en un pozo de registro (aguas parásitas). Fuente: HidroStank.

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 la capacidad de tratamiento de la propia planta depuradora, lo que ocasiona 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.



Ilustración 25. Hay que evitar la entrada de aguas limpias al sistema de saneamiento, promoviendo su desconexión fluvial.
Fuente: SUDS S.L - Atlantis.

Esta problemática 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: Evitando las aportaciones procedentes del regadío, riachuelos, etc.

En definitiva, el análisis anterior permitirá clasificar la situación de los tramos estudiados y realizar una priorización de medidas de corrección del estado de la red. Como ejemplo de clasificación y priorización, se ofrece la siguiente tabla del manual Sewer Risk Management:

| Clasificación de la situación estructural y operacional | Estado | Prioridad de actuación |
|---|--|--------------------------|
| 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 | No se requiere actuación |

Tabla 3. Clasificación del estado de obsolescencia y prioridades de actuación. Fuente: manual Sewer Risk Management (UK).

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento

7



Análisis hidro meteorológico

7.1. Análisis de la cuenca hidrográfica de cada sectorización del PIGSS

Cada subcuenca vertiente a cada punto de la red (imbornal) debe caracterizarse adecuadamente de forma que se defina, tanto la pluviometría que descarga sobre ella, como los parámetros hidrológicos que permitan su modelización.

La información relativa a cada subcuenca vertiente a punto de vertido (PVDSS) debe incluir:

- Pluviómetro de referencia.
- Nudo de descarga de escorrentía.
- Área de la cuenca.
- Pendiente de la cuenca.
- Usos del suelo: en este sentido la información urbanística, tanto la existente como la procedente de la planificación, debe ser tenida en cuenta.
- Zonas impermeables.
- Coeficientes de Manning.
- Zonas de almacenamiento.
- Flujo entre subáreas.
- Presencia de SUDS en la subcuenca.
- Parámetros de infiltración: El coeficiente de escorrentía medio obtenido a partir de la Norma 5.2.-IC drenaje superficial de la instrucción de carreteras. Pudiéndose emplear como referencia inicial, los siguientes valores:
 - Ciudad densamente urbanizada: 0,95.
 - Residencial urbanización media: 0,70.
 - Zona rural o agropecuaria: 0,30.
 - Entorno natural (asimilable a SUDS): 0,05.

Los modelos de simulación comerciales más empleados no suelen emplear los coeficientes de escorrentía para la transformación lluvia-escorrentía (aunque sí puede ser un resultado). Por tanto, se podrán emplear, además de los coeficientes indicados como referencia inicial, los métodos de infiltración de los módulos hidrológicos de los programas informáticos, pudiéndose obtener valores de escorrentías medios similares a los indicados.

- Parámetros de población y consumo: la población caracteriza las aguas residuales, tanto en caudal como en contaminación, que circulan en tiempo seco y que se mezclarían con las aguas pluviales en sistemas unitarios.

7.2. Precipitación de cálculo ($P_{d,80\%}$): metodología de cálculo

El parámetro de la $P_{d,80\%}$ es la base para el cálculo del rendimiento hidráulico del sistema de saneamiento.

El proceso que sigue la definición de la $P_{d,80\%}$ es el siguiente, para cada cuenca objeto de análisis del rendimiento hidráulico del sistema:

1. Selección de estaciones pluviométricas con serie de datos de más de 10 años que cubran adecuadamente la cuenca.

Las fuentes de datos serán: AEMET, servicios meteorológicos territoriales (Meteocat, Meteogalicia, etc.) y los datos procedentes de los SAIH. Las estaciones de fuentes de datos serán estaciones automáticas.



Ilustración 26. Estaciones pluviométricas de AEMET. Fuente: AEMET.

2. Clasificación de la precipitación diaria de menor a mayor para cada pluviómetro.
3. Selección de precipitación superada el 80% de los casos para cada pluviómetro, eliminando las precipitaciones diarias **menores o iguales a 1 mm**.
4. La media ponderada de los valores del punto 3 nos darán la $P_{d,80\%}$ del sistema. La ponderación se puede realizar por los métodos habituales: Polígonos de Thiessen o similar.

En zonas de alta torrencialidad, con resultados de $P_{d,80\%}$ mayores de 20 mm, los resultados de necesidades de almacenamiento en tanques de tormenta pueden dar lugar a valores sobredimensionados, por lo que puede necesitar un análisis más detallado, tanto de los parámetros de diseño, como de las medidas a implementar (ver apartado 10.6).

En el anejo 4 se realiza un análisis de la influencia que una $P_{d,80\%}$ de 25 mm puede tener en los resultados de volumen en m^3/ha neta y, a continuación se indica un ejemplo sencillo del cálculo de la $P_{d,80\%}$.

7.3. Ejemplo de cálculo de la $P_{d,80\%}$ en base a los datos de la estación automática MENORCA/AEROPUERTO (990220617) (Isla de Menorca – Islas Baleares)

La estación completa automática MENORCA/AEROPUERTO (990220617), localizada en la Isla de Menorca (Islas Baleares), cuenta con una serie de datos histórica desde el año 1965.

La información se puede obtener de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), entre otros:

| Estaciones climatológicas pluviométricas | |
|--|--|
| Título | Estaciones climatológicas pluviométricas |
| Suministro | Archivo Shapefile de Estaciones climatológicas pluviométricas (159,74 KB) |
| Otros documentos de Interés | Fichero Layer de ArcGIS (.lyr) de las Estaciones climatológicas pluviométricas |
| Condiciones | Esta información se puede usar de modo libre y gratuito siempre que se mencione al Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) como autor y propietario de la información de la siguiente manera: Fuente: «© Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO)». |
| Ámbito | Nacional |
| Escala | 1:25.000 |
| Actualización | 16/04/2016 |
| Disponibilidad | Ámbito Nacional |
| Formato | Cartografía digital ETRS89 (.shp) y documentación adjunta (.xml, .pdf, .lyr, etc.). |
| Otros enlaces de interés | GeoPortal , IDE-Catálogo de metadatos y Descripción del servicio . |

<https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/otros.html>

La información pluviométrica suministrada por la AEMET está compuesta por diversos campos de información, si bien, para el cálculo de la $P_{d,80\%}$ se debe utilizar la denominada:

- P24: Precipitación total diaria de 00 a 24.

Además, se proporcionan otros datos que pueden arrojar información de interés a la hora de re-dactar los PIGSS, como:

- PINTMAX: Intensidad máxima de precipitación (mm/h).
- PMAX2H, PMAX6H y PMAX12H: Cantidad máxima de precipitación en 2, 6 y 12 horas respectivamente (mm/h).
- Las lluvias acumuladas en distintos periodos de tiempo:
 - PHT07: Precipitación acumulada de 00 a 07.
 - PHT13: Precipitación acumulada de 07 a 13.
 - PHT18: Precipitación acumulada de 13 a 18.
 - PHT24: Precipitación acumulada de 18 a 24.

Siempre se tendrá en cuenta que, **los datos correspondientes a la precipitación o a su intensidad, vienen recogidos en décimas de milímetro (10^{-1} mm).**

De la serie de datos disponibles se han seleccionado para el cálculo, los 10 años comprendidos entre el año 2011 al 2021, ambos inclusive, procediendo, año por año, de la siguiente forma:

Método recomendado:

1. Se filtran los datos de la precipitación total diaria de 00 a 24 horas (P24) eliminando los datos "especiales" de precipitación: -4 correspondiente a precipitación acumulada y -3, precipitación inapreciable (inferior a 1 décima).
2. Se eliminan de la serie resultante los valores de precipitación ≤ 1 mm, en cumplimiento del RDPH, teniendo precaución que los datos proporcionados por AEMET se dan en décimas de milímetro (10-1 mm).
3. Se ordenarán los valores de la precipitación de los días con lluvias > 1 mm de menor a mayor, asignándoles un número de orden (n).
4. Se calcula el percentil de cada valor de la serie anterior:

Percentil si ordenamos de MENOR valor a MAYOR valor la P24: $n / (N+1)$

Percentil si ordenamos de MAYOR valor a MENOR valor la P24: $1 - [n / (N+1)]$

Siendo:

- n: número de orden.
 - N: número total de datos de lluvia válidos de la serie.
5. Se seleccionará como dato de lluvia Pd,80% del año correspondiente a aquel cuyo percentil sea menor o igual al 80%.
 6. Este procedimiento se seguirá con cada uno de los años de la serie. El valor de Pd,80% finalmente a emplear será el valor medio de los datos obtenidos de cada año de la serie de estudio.

Como alternativa al método anterior se puede utilizar:

- Microsoft Excel y, más concretamente, su función o fórmula por defecto "percentil" (PERCENTIL.INC). Esta función no da valores reales de la serie de datos de cada año, procediendo al cálculo mediante interpolación (Tipo 7 (R-7)).
Partiendo de la serie de datos del apartado 3 del método anterior (Método recomendado), se le aplicará la fórmula "percentil" (PERCENTIL.INC) a cada serie de datos de cada año, para finalmente obtener el valor de la Pd,80% como el valor medio de los datos anuales obtenidos. El método tendrá una mínima desviación sobre los parámetros reales que no se considera significativa.
- "R" o similares, es un software libre que permite realizar análisis estadísticos y es el más usado en la comunidad científica (<http://www.r-project.org>). Dispone de, al menos, 9 metodologías para el cálculo del percentil de los cuales se deberá aplicar el Tipo 1 (R-1) (type=1), similar al definido como "método recomendado", sin interpolación.

| Tipo | Programas que la usan | Descripción |
|--------------|-----------------------|--|
| Tipo 1 (R-1) | R (type=1) | Devuelve uno de los valores reales observados en los datos. Usa el menor valor cuya posición está por encima del percentil deseado. No interpola. |
| Tipo 2 (R-2) | R (type=2) | Similar al Tipo 1, pero promedia si hay empate entre dos posiciones posibles. No interpola, solo usa valores reales de la muestra. |



| Tipo | Programas que la usan | Descripción |
|--------------|--|---|
| Tipo 3 (R-3) | R (type=3) | Redondea la posición al entero más cercano y devuelve ese valor del conjunto ordenado. No interpola. |
| Tipo 4 (R-4) | R (type=4) | Calcula una posición fraccionaria (no entera) y luego interpola linealmente entre los valores más cercanos. El 0% y 100% corresponden exactamente al mínimo y máximo. |
| Tipo 5 (R-5) | R (type=5) | Similar al Tipo 4, pero ajusta la posición para que el cuantil 0.5 (mediana) coincida con el promedio de los valores centrales en muestras pequeñas. |
| Tipo 6 (R-6) | R (type=6) SAS (por defecto) NumPy (method='linear') Excel (PERCENTIL.EXC)* | Método recomendado por Minitab. Calcula la posición como $p*(n+1)$. Interpola entre los valores adyacentes si es necesario. |
| Tipo 7 (R-7) | R (type=7) Excel (PERCENTIL.INC): Se tendrá una mínima desviación, que será corregida al utilizar la media de la Pd,80% de los 10 años, y la posterior búsqueda de episodios reales. Python (SciPy) NumPy (por defecto) | Método por defecto en muchos programas. Calcula la posición como $1 + (n-1)*p$ y luego interpola. Muy común. |
| Tipo 8 (R-8) | R (type=8) | Método que intenta minimizar el error cuadrático medio al estimar cuantiles. Se basa en una fórmula más ajustada a muestras pequeñas. |
| Tipo 9 (R-9) | R (type=9) | Método recomendado por Hyndman y Fan (1996) como el más estadísticamente riguroso. Busca que el resultado se aproxime a lo que se esperaría con muestras grandes. |

Notas:

En todos los métodos, los datos primero se ordenan de menor a mayor.

Los métodos del tipo 1 al 3 **no interpolan**: devuelven un valor real del conjunto.

Los tipos 4 al 9 **sí interpolan**: permiten estimar un valor intermedio entre datos observados.

El método más común en software general (Excel, Python, NumPy) es el **Tipo 7**.

* Aparentemente

7.3.1. Se toma el 1.º de los 10 años: AÑO 2011

De los datos de pluviometría diaria (P24) de cada año, en este caso del ejemplo el año 2011, se toman, únicamente, los datos que sean mayores a 1 mm de precipitación (>1 mm), eliminando también los datos especiales: -3 (precipitación inapreciable, inferior a 1 décima) o un -4 (precipitación acumulada).

Con los 63 datos válidos para trabajar, éstos se ordenan de menor valor a mayor valor y buscamos qué P24 (mm) corresponde al Percentil \leq al 80% que, en el año 2011, coincide con el $n=51$, resultando que la $P_{d,80\%}$ es de 12,80 mm:

| AÑO | MES | DIA | P24 (mm) | n: Orden del dato | % Percentil: $n / (N+1)$ |
|------|-----|-----|----------|-------------------|--------------------------|
| 2011 | 1 | 2 | 1,10 | 1 | 1,56% |
| 2011 | 3 | 4 | 1,10 | 2 | 3,13% |
| 2011 | 1 | 20 | 1,20 | 3 | 4,69% |
| 2011 | 12 | 6 | 1,20 | 4 | 6,25% |
| 2011 | 2 | 21 | 1,30 | 5 | 7,81% |

| AÑO | MES | DIA | P24 (mm) | n: Orden del dato | % Percentil: n / (N+1) |
|------|-----|-----|--------------|-------------------|---------------------------|
| 2011 | 12 | 21 | 1,40 | 6 | 9,38% |
| 2011 | 6 | 1 | 1,50 | 7 | 10,94% |
| 2011 | 7 | 26 | 1,60 | 8 | 12,50% |
| 2011 | 12 | 2 | 1,60 | 9 | 14,06% |
| 2011 | 4 | 24 | 1,70 | 10 | 15,63% |
| 2011 | 12 | 29 | 1,70 | 11 | 17,19% |
| 2011 | 2 | 1 | 1,90 | 12 | 18,75% |
| 2011 | 5 | 7 | 1,90 | 13 | 20,31% |
| 2011 | 11 | 23 | 2,00 | 14 | 21,88% |
| 2011 | 2 | 18 | 2,80 | 15 | 23,44% |
| 2011 | 11 | 29 | 2,80 | 16 | 25,00% |
| 2011 | 12 | 27 | 3,10 | 17 | 26,56% |
| 2011 | 5 | 2 | 3,20 | 18 | 28,13% |
| 2011 | 6 | 2 | 3,30 | 19 | 29,69% |
| 2011 | 11 | 22 | 3,50 | 20 | 31,25% |
| 2011 | 1 | 21 | 3,70 | 21 | 32,81% |
| 2011 | 10 | 25 | 3,70 | 22 | 34,38% |
| 2011 | 3 | 15 | 3,80 | 23 | 35,94% |
| 2011 | 2 | 16 | 4,10 | 24 | 37,50% |
| 2011 | 8 | 30 | 4,10 | 25 | 39,06% |
| 2011 | 1 | 22 | 4,20 | 26 | 40,63% |
| 2011 | 3 | 14 | 4,40 | 27 | 42,19% |
| 2011 | 2 | 25 | 4,50 | 28 | 43,75% |
| 2011 | 7 | 24 | 4,50 | 29 | 45,31% |
| 2011 | 12 | 18 | 4,50 | 30 | 46,88% |
| 2011 | 1 | 31 | 5,20 | 31 | 48,44% |
| 2011 | 3 | 30 | 5,50 | 32 | 50,00% |
| 2011 | 10 | 7 | 5,50 | 33 | 51,56% |
| 2011 | 7 | 19 | 5,70 | 34 | 53,13% |
| 2011 | 5 | 8 | 6,00 | 35 | 54,69% |
| 2011 | 10 | 28 | 6,00 | 36 | 56,25% |
| 2011 | 7 | 27 | 6,20 | 37 | 57,81% |
| 2011 | 3 | 2 | 6,70 | 38 | 59,38% |
| 2011 | 2 | 17 | 6,90 | 39 | 60,94% |
| 2011 | 2 | 14 | 7,30 | 40 | 62,50% |
| 2011 | 11 | 28 | 7,30 | 41 | 64,06% |
| 2011 | 9 | 24 | 7,50 | 42 | 65,63% |
| 2011 | 3 | 3 | 9,30 | 43 | 67,19% |
| 2011 | 3 | 1 | 9,70 | 44 | 68,75% |
| 2011 | 9 | 25 | 9,70 | 45 | 70,31% |
| 2011 | 6 | 8 | 10,20 | 46 | 71,88% |
| 2011 | 1 | 29 | 10,40 | 47 | 73,44% |
| 2011 | 3 | 12 | 11,40 | 48 | 75,00% |
| 2011 | 11 | 16 | 11,90 | 49 | 76,56% |
| 2011 | 2 | 15 | 12,50 | 50 | 78,13% |
| 2011 | 11 | 8 | 12,80 | 51 | 79,69% |



| AÑO | MES | DIA | P24 (mm) | n: Orden del dato | % Percentil: n / (N+1) |
|-----------------------------|-----|-----|-----------|-------------------|---------------------------|
| 2011 | 2 | 27 | 15,40 | 52 | 81,25% |
| 2011 | 11 | 5 | 15,50 | 53 | 82,81% |
| 2011 | 11 | 15 | 15,50 | 54 | 84,38% |
| 2011 | 4 | 22 | 20,50 | 55 | 85,94% |
| 2011 | 9 | 18 | 23,40 | 56 | 87,50% |
| 2011 | 11 | 7 | 23,50 | 57 | 89,06% |
| 2011 | 1 | 28 | 24,20 | 58 | 90,63% |
| 2011 | 2 | 28 | 24,20 | 59 | 92,19% |
| 2011 | 1 | 27 | 25,70 | 60 | 93,75% |
| 2011 | 11 | 21 | 28,40 | 61 | 95,31% |
| 2011 | 9 | 3 | 35,20 | 62 | 96,88% |
| 2011 | 11 | 6 | 75,70 | 63 | 98,44% |
| N.º de datos válidos | | | 63 | | |

Si los valores de la P24(mm) se hubiesen ordenado de mayor valor a menor valor, el %Percentil utilizaría la siguiente fórmula: % Percentil = 1 / [n / (N+1)], y el resultado sería el siguiente:

| AÑO | MES | DIA | P24 (mm) | n: Orden del dato | % Percentil: 1 - [n / (nº. de datos válidos+1)] |
|------|-----|-----|--------------|-------------------|---|
| 2011 | 11 | 6 | 75,70 | 1 | 98,44% |
| 2011 | 9 | 3 | 35,20 | 2 | 96,88% |
| 2011 | 11 | 21 | 28,40 | 3 | 95,31% |
| 2011 | 1 | 27 | 25,70 | 4 | 93,75% |
| 2011 | 1 | 28 | 24,20 | 5 | 92,19% |
| 2011 | 2 | 28 | 24,20 | 6 | 90,63% |
| 2011 | 11 | 7 | 23,50 | 7 | 89,06% |
| 2011 | 9 | 18 | 23,40 | 8 | 87,50% |
| 2011 | 4 | 22 | 20,50 | 9 | 85,94% |
| 2011 | 11 | 5 | 15,50 | 10 | 84,38% |
| 2011 | 11 | 15 | 15,50 | 11 | 82,81% |
| 2011 | 2 | 27 | 15,40 | 12 | 81,25% |
| 2011 | 11 | 8 | 12,80 | 13 | 79,69% |
| 2011 | 2 | 15 | 12,50 | 14 | 78,13% |
| 2011 | 11 | 16 | 11,90 | 15 | 76,56% |
| 2011 | 3 | 12 | 11,40 | 16 | 75,00% |
| 2011 | 1 | 29 | 10,40 | 17 | 73,44% |
| 2011 | 6 | 8 | 10,20 | 18 | 71,88% |
| 2011 | 3 | 1 | 9,70 | 19 | 70,31% |
| 2011 | 9 | 25 | 9,70 | 20 | 68,75% |
| 2011 | 3 | 3 | 9,30 | 21 | 67,19% |
| 2011 | 9 | 24 | 7,50 | 22 | 65,63% |
| 2011 | 2 | 14 | 7,30 | 23 | 64,06% |
| 2011 | 11 | 28 | 7,30 | 24 | 62,50% |
| 2011 | 2 | 17 | 6,90 | 25 | 60,94% |

| AÑO | MES | DIA | P24 (mm) | n: Orden del dato | % Percentil: 1 - [n / (n°. de datos válidos+1)] |
|----------|-----|-----|-----------|-------------------|--|
| 2011 | 3 | 2 | 6,70 | 26 | 59,38% |
| 2011 | 7 | 27 | 6,20 | 27 | 57,81% |
| 2011 | 5 | 8 | 6,00 | 28 | 56,25% |
| 2011 | 10 | 28 | 6,00 | 29 | 54,69% |
| 2011 | 7 | 19 | 5,70 | 30 | 53,13% |
| 2011 | 3 | 30 | 5,50 | 31 | 51,56% |
| 2011 | 10 | 7 | 5,50 | 32 | 50,00% |
| 2011 | 1 | 31 | 5,20 | 33 | 48,44% |
| 2011 | 2 | 25 | 4,50 | 34 | 46,88% |
| 2011 | 7 | 24 | 4,50 | 35 | 45,31% |
| 2011 | 12 | 18 | 4,50 | 36 | 43,75% |
| 2011 | 3 | 14 | 4,40 | 37 | 42,19% |
| 2011 | 1 | 22 | 4,20 | 38 | 40,63% |
| 2011 | 2 | 16 | 4,10 | 39 | 39,06% |
| 2011 | 8 | 30 | 4,10 | 40 | 37,50% |
| 2011 | 3 | 15 | 3,80 | 41 | 35,94% |
| 2011 | 1 | 21 | 3,70 | 42 | 34,38% |
| 2011 | 10 | 25 | 3,70 | 43 | 32,81% |
| 2011 | 11 | 22 | 3,50 | 44 | 31,25% |
| 2011 | 6 | 2 | 3,30 | 45 | 29,69% |
| 2011 | 5 | 2 | 3,20 | 46 | 28,13% |
| 2011 | 12 | 27 | 3,10 | 47 | 26,56% |
| 2011 | 2 | 18 | 2,80 | 48 | 25,00% |
| 2011 | 11 | 29 | 2,80 | 49 | 23,44% |
| 2011 | 11 | 23 | 2,00 | 50 | 21,88% |
| 2011 | 2 | 1 | 1,90 | 51 | 20,31% |
| 2011 | 5 | 7 | 1,90 | 52 | 18,75% |
| 2011 | 4 | 24 | 1,70 | 53 | 17,19% |
| 2011 | 12 | 29 | 1,70 | 54 | 15,63% |
| 2011 | 7 | 26 | 1,60 | 55 | 14,06% |
| 2011 | 12 | 2 | 1,60 | 56 | 12,50% |
| 2011 | 6 | 1 | 1,50 | 57 | 10,94% |
| 2011 | 12 | 21 | 1,40 | 58 | 9,38% |
| 2011 | 2 | 21 | 1,30 | 59 | 7,81% |
| 2011 | 1 | 20 | 1,20 | 60 | 6,25% |
| 2011 | 12 | 6 | 1,20 | 61 | 4,69% |
| 2011 | 1 | 2 | 1,10 | 62 | 3,13% |
| 2011 | 3 | 4 | 1,10 | 63 | 1,56% |
| N | | | 63 | | |

7.3.2. Se toma el resto de los 10 años (2012 al 2021)

Se realizan los mismos pasos anteriores para el resto de los años pendientes, obteniendo los siguientes valores y se calcula la media de las diez $P_{d,80\%}$ anuales, obteniendo que, la $P_{d,80\%}$ es de 13,56 mm:

| AÑO | N | n: Orden del dato | $P_{d,80\%}$ (mm) | % Percentil: n / (N+1) |
|--------------|----|-------------------|-------------------|---------------------------|
| 2011 | 63 | 51 | 12,80 | 79,69% |
| 2012 | 54 | 44 | 12,10 | 80,00% |
| 2013 | 80 | 64 | 11,80 | 79,01% |
| 2014 | 68 | 55 | 13,70 | 79,71% |
| 2015 | 55 | 44 | 13,80 | 78,57% |
| 2016 | 45 | 36 | 13,20 | 78,26% |
| 2017 | 47 | 38 | 14,60 | 79,17% |
| 2018 | 74 | 60 | 19,70 | 80,00% |
| 2019 | 50 | 40 | 14,30 | 78,43% |
| 2020 | 50 | 40 | 11,40 | 78,43% |
| 2021 | 68 | 55 | 13,30 | 79,71% |
| MEDIA | | | 13,56 | |

7.4. Diseño y selección de 10 episodios tipo

La definición del rendimiento hidráulico tiene como base la selección de los 10 eventos en los que se evalúa el funcionamiento del sistema de saneamiento existente.

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 $P_{d,80\%}$, 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 $P_{d,80\%}$
- o
- El tiempo desde que comienza la lluvia de $P_{d,80\%}$ 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 $P_{d,80\%}$, pudiéndose aumentar la horquilla a +/-10% en el caso de que no se alcance el número de 10 episodios de lluvia.

7.4.1. Modelización en continuo

El RDPH permite, en el caso de disponer de información pluviométrica suficiente, simular 10 años en continuo para obtener el rendimiento hidráulico.

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.

7.4.2. Ejemplo: Cálculo para la Precipitación de cálculo ($P_{d,80\%}$) y selección de 10 episodios tipo

Precipitación de cálculo ($P_{d,80\%}$)

El parámetro $P_{d,80\%}$ es la base para el cálculo del rendimiento hidráulico (η_{HIDR}) del sistema de saneamiento.

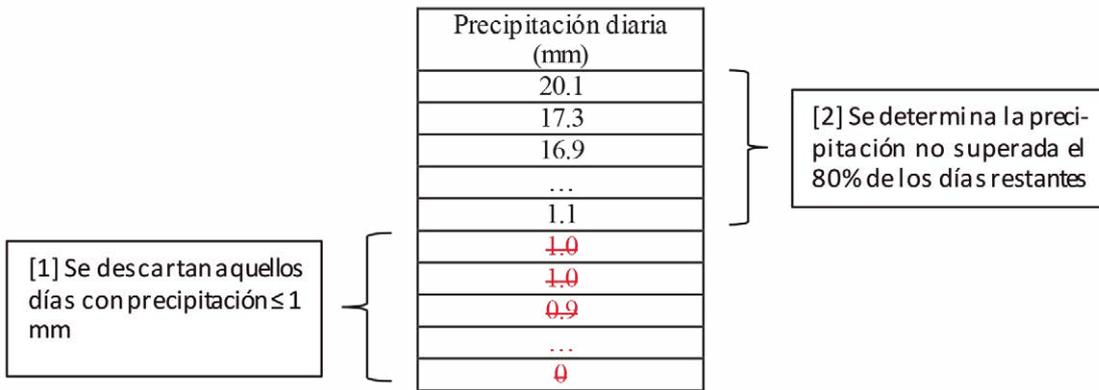
El proceso que sigue la definición de la $P_{d,80\%}$ es el siguiente, para cada cuenca objeto de análisis del rendimiento hidráulico del sistema:

- Selección de estaciones pluviométricas con serie de datos de, al menos, 10 años de duración que cubran adecuadamente la cuenca. Las fuentes de datos serán: AEMet, servicios meteorológicos territoriales (Meteocat, Meteogalicia, etc.) y los datos procedentes de los SAIH. Las estaciones de fuentes de datos serán estaciones automáticas.
- Para cada estación considerada y cada año de la serie histórica, se ordenarán los valores de la precipitación de menor a mayor.
- Se determinará el valor de la precipitación no superada el 80% de los días cada año, **eliminando las precipitaciones diarias menores o iguales a 1mm**, y se calculará la $P_{d,80\%}$ de cada estación como la media de todos los años.
- El valor de $P_{d,80\%}$ a emplear será el valor medio de todas las estaciones seleccionadas aplicando los coeficientes de Thiessen u otras técnicas de interpolación espacial.

Por tanto, partiendo de una cuenca de estudio, se localizan en su entorno aquellos pluviómetros que cumplen con los requisitos de calidad necesarios (estaciones automáticas, serie histórica de al menos 10 años).

Para cada pluviómetro y cada año, se ordenan las lluvias de menor a mayor:

- Pluviómetro 1, año 1:



Obteniendo el valor $P_{d,80\%}^{pluv1, año1}$ y, de manera análoga, el correspondiente al resto de los años de la serie histórica.

Para obtener el valor de $P_{d,80\%}$ de un pluviómetro, se calcula la media los valores obtenidos para cada año:

$$P_{d,80\%}^{pluv} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{d,80\%}^{pluv, año i}}{n}$$

Y finalmente, teniendo en cuenta la ubicación de los distintos pluviómetros seleccionados respecto de la cuenca de estudio, se ponderan sus valores en función de alguna técnica de interpolación habitual como puede ser la aplicación de coeficientes de Thiessen:

$$P_{d,80\%} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{d,80\%}^{pluv i} * A_i}{A_{total}}$$

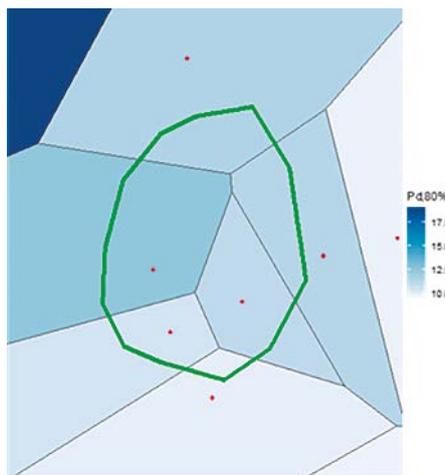


Ilustración 27. Cuenca de estudio y Polígonos de Thiessen.

Diseño de 10 episodios tipo

Si la diferencia en el régimen de precipitaciones entre los distintos pluviómetros del sistema no es muy importante, se selecciona aquel pluviómetro con mayor peso en el valor de la ponderación para el cálculo de la $P_{d,80\%}$, y se trabaja con los registros diezminutales para la selección de eventos tipo.

Se calcula un rango de valores de precipitación diaria de $\pm 5\%$ de la $P_{d,80\%}$, resultando n días para la selección de eventos tipo:

- Si $n \geq 10$: Se selecciona cada año el episodio más parecido al valor de la precipitación de cálculo $P_{d,80\%}$.
- Si $n < 10$: Es necesario ampliar hasta el 10% previsto de no alcanzarse el número de 10 episodios.

Para la selección de eventos, se procura escogerlos de manera homogénea dentro en todo el intervalo temporal.

Resultan finalmente los eventos tipo:



Ilustración 28. Selección de 10 eventos tipo [X: horas; Y: Precipitación (mm)].

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

En el punto 7.3 se ha obtenido para la estación completa automática MENORCA/AEROPUERTO (990220617) una $P_{d,80\%}$ de 13,56 mm:

| AÑO | N | n: Orden del dato | $P_{d,80\%}$ (mm) | % Percentil: n / (N+1) |
|--------------|----|-------------------|-------------------|---------------------------|
| 2011 | 63 | 51 | 12,80 | 79,69% |
| 2012 | 54 | 44 | 12,10 | 80,00% |
| 2013 | 80 | 64 | 11,80 | 79,01% |
| 2014 | 68 | 55 | 13,70 | 79,71% |
| 2015 | 55 | 44 | 13,80 | 78,57% |
| 2016 | 45 | 36 | 13,20 | 78,26% |
| 2017 | 47 | 38 | 14,60 | 79,17% |
| 2018 | 74 | 60 | 19,70 | 80,00% |
| 2019 | 50 | 40 | 14,30 | 78,43% |
| 2020 | 50 | 40 | 11,40 | 78,43% |
| 2021 | 68 | 55 | 13,30 | 79,71% |
| MEDIA | | | 13,56 | |

Con dicho valor (13,56 mm), se ha de buscar en los 10 años seleccionados (2011-2021), qué días hubo una P24 (mm) similar a la $P_{d,80\%}$ de 13,56 mm, seleccionando, inicialmente, los siguientes días, donde se observan días con una horquilla superior o inferior al 5% (color **amarillo**) y al 10% (color **rojo**):

| AÑO | MES | DIA | P24 (mm) | n: Orden del dato | % Percentil: n / (N+1) | % Horquilla respecto a la $P_{d,80\%}=13,56$ mm: $1 - [13,56 \text{ (mm)}/P24(\text{mm})]$ |
|------|-----|-----|----------|-------------------|---------------------------|--|
| 2011 | 11 | 16 | 11,90 | 49 | 76,56% | -13,95% |
| 2011 | 2 | 15 | 12,50 | 50 | 78,13% | -8,48% |
| 2011 | 11 | 8 | 12,80 | 51 | 79,69% | -5,94% |
| 2011 | 2 | 27 | 15,40 | 52 | 81,25% | 11,95% |
| 2011 | 11 | 5 | 15,50 | 53 | 82,81% | 12,52% |
| 2012 | 9 | 30 | 12,10 | 44 | 80,00% | -12,07% |
| 2012 | 2 | 14 | 12,80 | 45 | 81,82% | -5,94% |
| 2012 | 2 | 1 | 13,10 | 46 | 83,64% | -3,51% |
| 2012 | 11 | 19 | 14,20 | 47 | 85,45% | 4,51% |
| 2012 | 2 | 2 | 14,30 | 48 | 87,27% | 5,17% |
| 2013 | 11 | 20 | 13,00 | 68 | 83,95% | -4,31% |
| 2013 | 1 | 2 | 13,20 | 69 | 85,19% | -2,73% |
| 2013 | 11 | 18 | 13,40 | 70 | 86,42% | -1,19% |
| 2013 | 1 | 20 | 13,80 | 71 | 87,65% | 1,74% |
| 2013 | 11 | 29 | 15,10 | 72 | 88,89% | 10,20% |
| 2014 | 9 | 22 | 11,10 | 51 | 73,91% | -22,16% |
| 2014 | 12 | 5 | 13,30 | 52 | 75,36% | -1,95% |
| 2014 | 5 | 18 | 13,60 | 53 | 76,81% | 0,29% |
| 2014 | 11 | 4 | 13,60 | 54 | 78,26% | 0,29% |
| 2014 | 9 | 30 | 13,70 | 55 | 79,71% | 1,02% |

| AÑO | MES | DIA | P24 (mm) | n: Orden del dato | % Percentil: n / (N+1) | % Horquilla respecto a la $P_{d,80\%}=13,56$ mm: $1 - [13,56 \text{ (mm)}/P24(\text{mm})]$ |
|------|-----|-----|----------|-------------------|------------------------|--|
| 2015 | 2 | 24 | 10,20 | 42 | 75,00% | -32,94% |
| 2015 | 3 | 24 | 12,70 | 43 | 76,79% | -6,77% |
| 2015 | 2 | 5 | 13,80 | 44 | 78,57% | 1,74% |
| 2015 | 11 | 2 | 14,10 | 45 | 80,36% | 3,83% |
| 2015 | 2 | 27 | 18,60 | 46 | 82,14% | 27,10% |
| 2016 | 12 | 20 | 11,70 | 35 | 76,09% | -15,90% |
| 2016 | 9 | 25 | 13,20 | 36 | 78,26% | -2,73% |
| 2016 | 4 | 1 | 13,50 | 37 | 80,43% | -0,44% |
| 2016 | 3 | 16 | 13,90 | 38 | 82,61% | 2,45% |
| 2016 | 2 | 15 | 15,00 | 39 | 84,78% | 9,60% |
| 2017 | 4 | 1 | 12,80 | 35 | 72,92% | -5,94% |
| 2017 | 6 | 28 | 12,90 | 36 | 75,00% | -5,12% |
| 2017 | 12 | 2 | 13,20 | 37 | 77,08% | -2,73% |
| 2017 | 11 | 29 | 14,60 | 38 | 79,17% | 7,12% |
| 2017 | 9 | 16 | 14,90 | 39 | 81,25% | 8,99% |
| 2018 | 9 | 10 | 12,20 | 53 | 70,67% | -11,15% |
| 2018 | 7 | 22 | 12,80 | 54 | 72,00% | -5,94% |
| 2018 | 12 | 14 | 13,80 | 55 | 73,33% | 1,74% |
| 2018 | 11 | 26 | 14,90 | 56 | 74,67% | 8,99% |
| 2018 | 5 | 5 | 15,60 | 57 | 76,00% | 13,08% |
| 2019 | 7 | 27 | 10,00 | 37 | 72,55% | -35,60% |
| 2019 | 11 | 8 | 12,10 | 38 | 74,51% | -12,07% |
| 2019 | 11 | 18 | 13,70 | 39 | 76,47% | 1,02% |
| 2019 | 10 | 23 | 14,30 | 40 | 78,43% | 5,17% |
| 2019 | 1 | 21 | 16,40 | 41 | 80,39% | 17,32% |
| 2020 | 5 | 10 | 11,40 | 40 | 78,43% | -18,95% |
| 2020 | 10 | 14 | 13,00 | 41 | 80,39% | -4,31% |
| 2020 | 4 | 19 | 13,40 | 42 | 82,35% | -1,19% |
| 2020 | 12 | 8 | 13,90 | 43 | 84,31% | 2,45% |
| 2020 | 12 | 1 | 14,70 | 44 | 86,27% | 7,76% |
| 2021 | 12 | 2 | 11,80 | 53 | 76,81% | -14,92% |
| 2021 | 9 | 4 | 12,10 | 54 | 78,26% | -12,07% |
| 2021 | 11 | 24 | 13,30 | 55 | 79,71% | -1,95% |
| 2021 | 1 | 2 | 15,00 | 56 | 81,16% | 9,60% |
| 2021 | 5 | 24 | 16,40 | 57 | 82,61% | 17,32% |

De manera general, para seleccionar los 10 episodios, se utilizará una horquilla de +/- 5% de la $P_{d,80\%}$, pudiéndose aumentar la horquilla a +/-10% en el caso de que no se alcance el número de 10 episodios de lluvia, en consecuencia, vamos a seleccionar los siguientes 10 episodios, que se encuentran lo más cerca posible de la $P_{d,80\%}$ de 13,56 mm:

| AÑO | MES | DIA | P24 (mm) | n: Orden del dato | % Percentil: n / (N+1) | % Horquilla respecto a la $P_{d,80\%}=13,56$ mm: $1 - [13,56 \text{ (mm)}/P24(\text{mm})]$ |
|------|-----|-----|----------|-------------------|------------------------|--|
| 2011 | 11 | 8 | 12,80 | 51 | 79,69% | -5,94% |
| 2012 | 2 | 1 | 13,10 | 46 | 83,64% | -3,51% |
| 2013 | 11 | 18 | 13,40 | 70 | 86,42% | -1,19% |
| 2014 | 11 | 4 | 13,60 | 54 | 78,26% | 0,29% |
| 2015 | 2 | 5 | 13,80 | 44 | 78,57% | 1,74% |
| 2016 | 4 | 1 | 13,50 | 37 | 80,43% | -0,44% |
| 2017 | 12 | 2 | 13,20 | 37 | 77,08% | -2,73% |
| 2018 | 12 | 14 | 13,80 | 55 | 73,33% | 1,74% |
| 2019 | 11 | 18 | 13,70 | 39 | 76,47% | 1,02% |
| 2020 | 4 | 19 | 13,40 | 42 | 82,35% | -1,19% |
| 2021 | 11 | 24 | 13,30 | 55 | 79,71% | -1,95% |

Una vez seleccionados, se solicitará a la AEMET, entre otros, los valores diezminutales de la lluvia de esos días concretos.

7.4.4. Ejemplo: Cálculo de la $P_{d,80\%}$ con más de 1 estación pluviométrica y selección de 10 episodios tipo

a. Precipitación de cálculo ($P_{d,80\%}$):

b. Diseño de 10 episodios tipo

a. Precipitación de cálculo ($P_{d,80\%}$)

La metodología seguida para el cálculo de la $P_{d,80\%}$ es la siguiente:

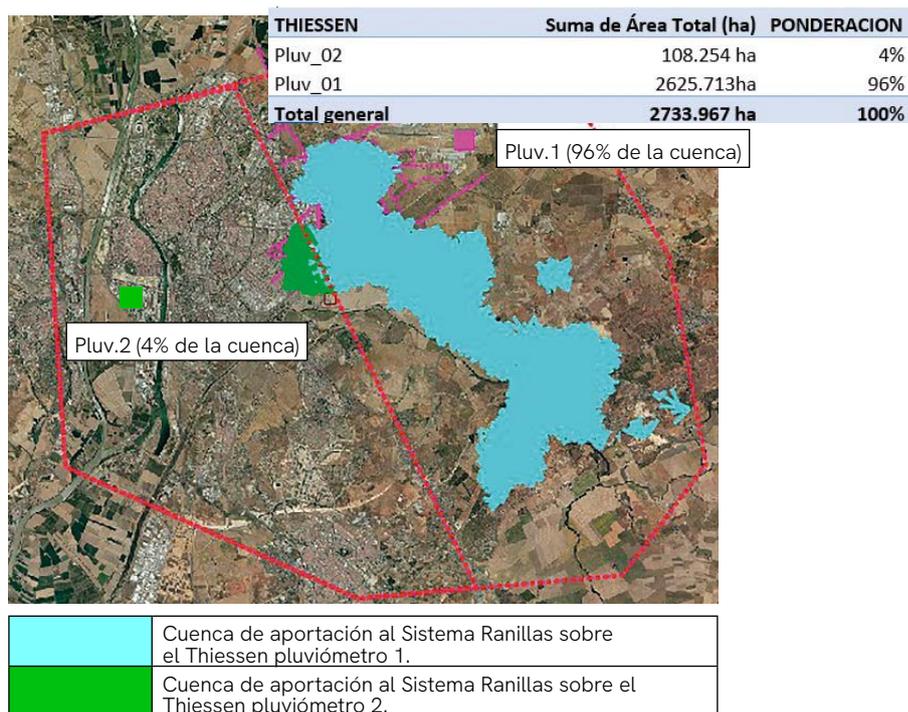
1. Selección de estaciones pluviométricas para la cuenca
2. Datos necesarios a solicitar para calcular la $P_{d,80\%}$
3. Calculo $P_{d,80\%}$

1. Selección de estaciones pluviométricas para la cuenca:

Basándose en las estaciones pluviométricas disponibles en AEMET, servicios meteorológicos territoriales (Meteocat, Meteogalicia, etc.) y los datos procedentes de los SAIH, con al menos 10 años de serie histórica, se determinarán mediante el método de Thiessen aquellas que afectan a la cuenca objeto de estudio.

Tras la aplicación gráfica del método Thiessen sobre la cuenca, se determinará los % de afección de cada una de las estaciones a la cuenca en cuestión. Puede ocurrir que, por las dimensiones de la cuenca y la distancia entre los pluviómetros, solo se vea afectado por una única estación, por lo que no sería necesaria la ponderación.

A continuación, se expone un ejemplo de una cuenca afectada por estaciones pluviométricas Pluv_01 y Pluv_02.



| THIESEN | Suma de Área Total (ha) | PONDERACIÓN |
|--------------|-------------------------|-------------|
| Pluv_01 | 2.625,713 | 96% |
| Pluv_02 | 108,254 | 4% |
| Total | 2.733,967 | 100% |

Ilustración 29. Cuenca afectada por las estaciones pluviométricas Pluv_01 y Pluv_02.

2. Datos necesarios a solicitar para calcular la $P_{d,80\%}$:

Estrictamente y en primera instancia, los valores necesarios para la determinación de la $P_{d,80\%}$ serían las precipitaciones acumuladas en 24 horas de, al menos, los últimos 10 años de cada una de las estaciones seleccionadas anteriormente. Posteriormente, una vez calculada la $P_{d,80\%}$, se solicitarían los datos de precipitación diezminutales de aquellos días que determinarían los episodios tipo de cada estación.

No obstante, para agilizar el tiempo en la obtención de los datos, podrían solicitarse los datos de la precipitación diezminutal diaria de cada una de las estaciones seleccionadas anteriormente de los 10 últimos años.

3. Calculo $P_{d,80\%}$:

Una vez recibida las series históricas solicitadas a AEMET o de otros organismos, se procede a su análisis y preparación para la obtención de la $P_{d,80\%}$, siguiendo la sistemática siguiente:

- Se obtiene la P_d acumulada mediante la sumatoria de los valores diez minútales de cada día (Opcional, dependiendo de cómo se hayan solicitado los datos).
- Se separan las series por año. En las series anuales, se eliminan los valores de precipitación menores o iguales a 1 mm. Los valores restantes se ordenan de menor a mayor. Se calcula el percentil 80 de la serie.

| AÑO | Día | Suma de PP | P_{d,80%}: | 9,98 |
|------------|------------|-------------------|---------------------------|-------------|
| 2013 | 25/10/2013 | 41,3 | | |
| 2013 | 25/12/2013 | 35,0 | | |
| 2013 | 19/01/2013 | 14,0 | | |
| 2013 | 18/02/2013 | 10,3 | | |
| 2013 | 25/01/2013 | 9,9 | | |
| 2013 | 27/09/2013 | 8,1 | | |
| 2013 | 19/02/2013 | 5,1 | | |
| 2013 | 22/10/2013 | 4,8 | | |
| 2013 | 19/12/2013 | 4,1 | | |
| 2013 | 15/05/2013 | 3,6 | | |
| 2013 | 20/01/2013 | 3,4 | | |
| 2013 | 30/09/2013 | 3,4 | | |
| 2013 | 13/01/2013 | 3,2 | | |
| 2013 | 18/06/2013 | 3,2 | | |
| 2013 | 01/01/2013 | 3,0 | | |
| 2013 | 28/09/2013 | 2,4 | | |
| 2013 | 18/12/2013 | 2,1 | | |
| 2013 | 22/01/2013 | 2,0 | | |
| 2013 | 03/10/2013 | 1,8 | | |
| 2013 | 17/05/2013 | 1,8 | | |
| 2013 | 29/08/2013 | 1,3 | | |
| 2013 | 29/04/2013 | 1,3 | | |
| 2013 | 19/05/2013 | 1,1 | | |
| 2013 | 24/12/2013 | 1,0 | | |
| 2013 | 24/10/2013 | 1,0 | | |
| 2013 | 28/12/2013 | 1,0 | | |
| 2013 | 13/12/2013 | 0,8 | | |
| 2013 | 01/10/2013 | 0,8 | | |
| 2013 | 17/11/2013 | 0,7 | | |
| 2013 | 24/01/2013 | 0,6 | | |
| 2013 | 18/11/2013 | 0,5 | | |
| 2013 | 29/09/2013 | 0,4 | | |
| 2013 | 05/04/2013 | 0,4 | | |
| 2013 | 11/02/2013 | 0,3 | | |
| 2013 | 18/05/2013 | 0,3 | | |
| 2013 | 18/01/2013 | 0,2 | | |
| 2013 | 19/10/2013 | 0,2 | | |
| 2013 | 28/11/2013 | 0,2 | | |
| 2013 | 27/12/2013 | 0,2 | | |
| 2013 | 17/12/2013 | 0,1 | | |

| AÑO | Día | Suma de PP | P _{d,80%} : | 15,18 |
|------|------------|------------|----------------------|-------|
| 2023 | 19/10/2023 | 38,40 | | |
| 2023 | 03/09/2023 | 31,00 | | |
| 2023 | 01/12/2023 | 25,90 | | |
| 2023 | 08/06/2023 | 18,60 | | |
| 2023 | 22/10/2023 | 18,10 | | |
| 2023 | 30/10/2023 | 17,10 | | |
| 2023 | 28/05/2023 | 15,50 | | |
| 2023 | 17/10/2023 | 14,70 | | |
| 2023 | 27/05/2023 | 14,60 | | |
| 2023 | 30/11/2023 | 10,30 | | |
| 2023 | 23/05/2023 | 9,80 | | |
| 2023 | 02/01/2023 | 9,60 | | |
| 2023 | 18/05/2023 | 9,10 | | |
| 2023 | 08/01/2023 | 7,10 | | |
| 2023 | 23/10/2023 | 6,70 | | |
| 2023 | 29/10/2023 | 4,60 | | |
| 2023 | 25/10/2023 | 4,50 | | |
| 2023 | 29/11/2023 | 4,10 | | |
| 2023 | 04/12/2023 | 3,80 | | |
| 2023 | 22/05/2023 | 3,80 | | |
| 2023 | 02/11/2023 | 3,10 | | |
| 2023 | 08/02/2023 | 3,00 | | |
| 2023 | 17/09/2023 | 2,90 | | |
| 2023 | 06/03/2023 | 2,90 | | |
| 2023 | 08/03/2023 | 2,90 | | |
| 2023 | 15/09/2023 | 2,50 | | |
| 2023 | 26/05/2023 | 2,40 | | |
| 2023 | 26/10/2023 | 2,30 | | |
| 2023 | 06/12/2023 | 2,10 | | |
| 2023 | 21/09/2023 | 2,00 | | |
| 2023 | 22/04/2023 | 1,90 | | |
| 2023 | 24/10/2023 | 1,80 | | |
| 2023 | 09/11/2023 | 1,60 | | |
| 2023 | 16/09/2023 | 1,60 | | |
| 2023 | 05/03/2023 | 1,50 | | |
| 2023 | 20/01/2023 | 1,10 | | |
| 2023 | 06/06/2023 | 1,00 | | |
| 2023 | 14/10/2023 | 0,80 | | |
| 2023 | 18/10/2023 | 0,80 | | |
| 2023 | 21/05/2023 | 0,70 | | |
| 2023 | 04/11/2023 | 0,60 | | |
| 2023 | 09/03/2023 | 0,60 | | |
| 2023 | 30/12/2023 | 0,60 | | |
| 2023 | 09/06/2023 | 0,40 | | |
| 2023 | 07/06/2023 | 0,30 | | |
| 2023 | 08/12/2023 | 0,30 | | |
| 2023 | 13/10/2023 | 0,20 | | |
| 2023 | 17/01/2023 | 0,10 | | |
| 2023 | 05/12/2023 | 0,10 | | |
| 2023 | 22/09/2023 | 0,10 | | |
| 2023 | 02/06/2023 | 0,10 | | |
| 2023 | 07/12/2023 | 0,10 | | |

- c. Este procedimiento se repite con todos los años que disponemos y para cada una de las estaciones que afectan a nuestra cuenca.

Una vez obtenido la $P_{d,80\%}$ para cada año se calcula el valor medio para cada estación pluviométrica.

A continuación, se realiza la ponderación de Thyssen, o similar, para obtener el valor definitivo de $P_{d,80\%}$ medio ponderado, que será el valor característico del sistema objeto de estudio.

| PLUVIÓMETRO 1 (96% de la cuenca) | | | | | | PLUVIÓMETRO 2 (4% de la cuenca) | | | | | | SISTEMA COMPLETO |
|----------------------------------|------|------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------|------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| N.º | AÑO | Prec. Total (mm) | Días de lluvia | P _{80%} calculada anual (mm) | P _{80%} valor medio (mm) | N.º | AÑO | Prec. Total (mm) | Días de lluvia | P _{80%} calculada anual (mm) | P _{80%} valor medio (mm) | P80% MEDIO PONDERADO (mm) |
| 1 | 2012 | 390,50 | 5 | 15,00 | 15,63 | 1 | 2012 | 378,00 | 61 | 15,48 | 16,33 | 15,66 |
| 2 | 2013 | 395,60 | 39 | 9,98 | | 2 | 2013 | 425,60 | 70 | 13,40 | | |
| 3 | 2014 | 625,80 | 72 | 20,22 | | 3 | 2014 | 658,80 | 80 | 18,64 | | |
| 4 | 2015 | 326,60 | 48 | 12,84 | | 4 | 2015 | 355,80 | 54 | 15,36 | | |
| 5 | 2016 | 609,30 | 68 | 18,38 | | 5 | 2016 | 673,40 | 81 | 20,76 | | |
| 6 | 2017 | 315,00 | 40 | 16,42 | | 6 | 2017 | 316,00 | 46 | 16,80 | | |
| 7 | 2018 | 582,90 | 78 | 15,50 | | 7 | 2018 | 629,60 | 87 | 17,36 | | |
| 8 | 2020 | 381,60 | 64 | 14,70 | | 8 | 2020 | 431,80 | 62 | 14,72 | | |
| 9 | 2021 | 394,80 | 55 | 15,88 | | 9 | 2021 | 476,00 | 56 | 18,80 | | |
| 10 | 2022 | 351,70 | 59 | 17,86 | | 10 | 2022 | 391,20 | 61 | 18,28 | | |
| 11 | 2023 | 309,70 | 47 | 15,18 | | 11 | 2023 | 168,80 | 38 | 10,00 | | |

Nota: El año 2019 se elimina por falta de datos.

b. Diseño de 10 episodios tipo

Una vez obtenida la $P_{d,80\%}$ media ponderada del sistema y, tal y como indican estas recomendaciones, seleccionaremos el pluviómetro más representativo de la cuenca y para cada año se seleccionarán:

- Evento P_d que coincida con $P_{d,80\%}$, en el caso de que exista.
- Evento inmediatamente superior a la $P_{d,80\%}$ con una horquilla de +/- 5%
- Evento inmediatamente inferior a la $P_{d,80\%}$ con una horquilla de +/- 5%.

El margen de la horquilla se puede aumentar hasta +/- 10 % para conseguir al menos 10 eventos.

Siguiendo el ejemplo planteado anteriormente, para el pluviómetro 1 se obtienen 24 días de precipitación buscando el valor coincidente con la $P_{d,80\%}$, el inmediatamente superior e inferior, pasando el filtro de la horquilla +/- 10 %, con objeto de eliminar eventos anormalmente extremos, se acaban consiguiendo 10 eventos.

| P80 MEDIA THIESEEN | | | | | | | | | |
|--------------------|------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------|-----------------------|----------|--|
| P80 MEDIA THIESEEN | AÑO | OR-DEN | Fecha inicio | Fecha inicio | Precipitación (mm) | Horquilla | EVENTOS SELECCIONADOS | | |
| 15,66 | 2012 | 1 | 30/10/2012 0:00 | 31/10/2012 0:00 | 16,70 | Evento>Pd80% | -7,00% | | |
| | | 2 | 18/10/2012 0:00 | 19/10/2012 0:00 | 15,10 | Evento<Pd80% | 4,00% | EVENTO 1 | |
| | 2013 | 3 | 19/01/2013 0:00 | 20/01/2013 0:00 | 14,00 | Evento>Pd80% | 11,00% | | |
| | | 4 | 18/02/2013 0:00 | 19/02/2013 0:00 | 10,30 | Evento<Pd80% | 34,00% | | |
| | 2014 | 5 | 19/09/2014 0:00 | 20/09/2014 0:00 | 16,70 | Evento>Pd80% | -7,00% | EVENTO 2 | |
| | | 7 | 14/11/2014 0:00 | 15/11/2014 0:00 | 14,30 | Evento<Pd80% | 9,00% | | |
| | 2015 | 8 | 18/10/2015 0:00 | 19/10/2015 0:00 | 13,70 | Evento>Pd80% | 13,00% | | |
| | | 9 | 02/11/2015 0:00 | 03/11/2015 0:00 | 20,60 | Evento<Pd80% | -32,00% | | |
| | 2016 | 10 | 03/12/2016 0:00 | 04/12/2016 0:00 | 16,70 | Evento>Pd80% | -7,00% | | |
| | | 11 | 16/12/2016 0:00 | 17/12/2016 0:00 | 13,30 | Evento<Pd80% | 15,00% | | |
| | 2017 | 13 | 10/05/2017 0:00 | 11/05/2017 0:00 | 15,70 | Evento>Pd80% | -0,30% | EVENTO 3 | |
| | | 14 | 27/04/2017 0:00 | 28/04/2017 0:00 | 13,60 | Evento<Pd80% | 13,00% | | |
| | 2018 | 16 | 09/01/2018 0:00 | 10/01/2018 0:00 | 15,80 | Evento>Pd80% | -1,00% | EVENTO 4 | |
| | | 17 | 15/10/2018 0:00 | 16/10/2018 0:00 | 15,50 | Evento<Pd80% | 1,00% | EVENTO 5 | |
| | 2020 | 18 | 30/03/2020 0:00 | 31/03/2020 0:00 | 16,10 | Evento>Pd80% | -3,00% | EVENTO 6 | |
| | | 19 | 23/01/2020 0:00 | 24/01/2020 0:00 | 15,10 | Evento<Pd80% | 4,00% | EVENTO 7 | |
| | 2021 | 20 | 08/02/2021 0:00 | 09/02/2021 0:00 | 15,80 | Evento>Pd80% | -1,00% | EVENTO 8 | |
| | | 21 | 27/04/2021 0:00 | 28/04/2021 0:00 | 15,10 | Evento<Pd80% | 4,00% | EVENTO 9 | |
| | 2022 | 22 | 05/12/2022 0:00 | 06/12/2022 0:00 | 17,50 | Evento>Pd80% | -12,00% | | |
| | | 23 | 11/12/2022 0:00 | 12/12/2022 0:00 | 12,90 | Evento<Pd80% | 18,00% | | |
| 2023 | 24 | 30/10/2023 0:00 | 31/10/2023 0:00 | 17,10 | Evento>Pd80% | -9,00% | | | |
| | | 28/05/2023 0:00 | 29/05/2023 0:00 | 15,50 | Evento<Pd80% | 1,00% | EVENTO 10 | | |

En este ejemplo no hay ningún día en la que la $P_{d,80\%}$ ponderada coincida con un evento real. Por otra parte, con la horquilla de +/- 5% conseguimos solo 9 eventos por lo que se ha tenido que ampliar en un caso para llegar al número mínimo de 10 eventos.

7.5. Modelización del sistema

7.5.1. Proceso de modelización

La modelización del sistema es la base de la comprobación del cumplimiento del rendimiento hidráulico. Para realizarla es necesario el empleo de un modelo de terreno-red de saneamiento y seguir el proceso siguiente:

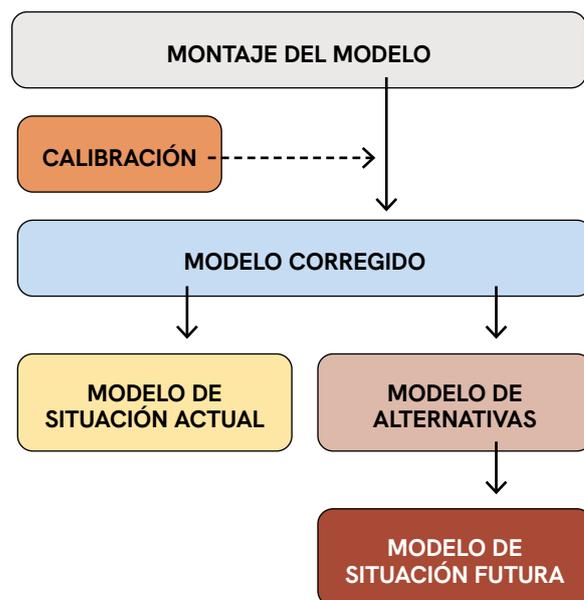


Ilustración 30. Esquema de modelización. Fuente: Elaboración propia.

7.5.2. Tipo de modelos disponibles

Existen varios modelos de uso habitual, tanto software libre como de uso comercial. Los modelos a emplear deberían ser de tipo integrado, que permiten una modelización completa y coordinada de varios fenómenos:

- Hidrología urbana: modelización de la generación de escorrentía en áreas urbanas a partir de precipitaciones, considerando infiltración, evaporación y almacenamiento superficial.
- Hidráulica de redes de saneamiento: simulación del transporte del flujo en tuberías y canales, considerando tanto condiciones normales como eventos extremos (inundaciones o sobrecargas) e integrando todo tipo de elementos singulares: bombeos, aliviaderos, etc.
- Calidad del agua: evaluación del transporte y transformación de contaminantes en el sistema de saneamiento.
- Interacción con el medio receptor: modelización del vertido de efluentes a ríos, lagos o mar.

Los modelos integrados suelen ser compatibles con sistemas de información geográfica (GIS) para una visualización más intuitiva y análisis espacial, facilitando la importación y exportación de datos geoespaciales.

A la hora de introducir la información pluviométrica en los modelos deberá prestarse especial atención a la forma de introducción de los datos: intensidad de lluvia referida a un intervalo, o en volumen.

7.5.3. Calibración

La calibración de un modelo consiste en el ajuste de sus parámetros principales a partir de eventos reales de forma que confirmemos que los resultados del modelo se ajustarán lo más posible a la realidad.

En el anexo 1 se incluye una propuesta metodológica y la aplicación a un ejemplo del procedimiento de calibración.

La calibración debe hacerse con datos reales de 2 o 3 episodios diferentes, de forma que comprobemos que el primer ajuste no es coyuntural, y que los parámetros calibrados se ajustan a la situación del sistema en diversas situaciones.

Para poder calibrar un evento se debe disponer tanto de las entradas al modelo (pluviometría, posiciones de compuerta, funcionamiento de los bombeos, etc.) como de la respuesta real del sistema.

El proceso de calibración es iterativo, realizando en cada caso la modificación de parámetros que se considere oportuna para ajustarse lo más posible al resultado real medido.

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.

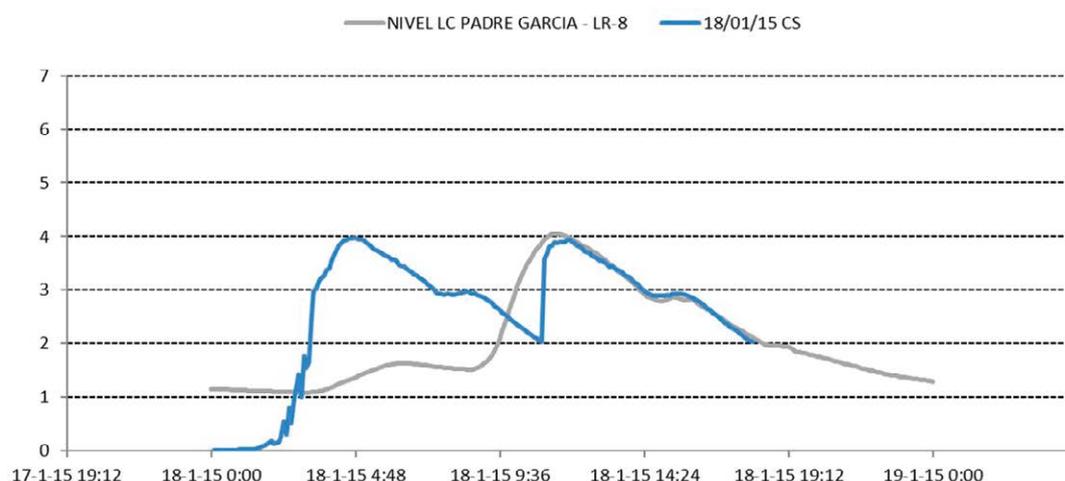


Ilustración 31. Ejemplo de mala calibración. Comparativa modelo-realidad en nodo RES203423 (calle Padre García) en Sevilla. Fuente: EMASESA.

Las calibraciones adecuadas reproducen el comportamiento temporal de los eventos, intentando que las puntas de caudal también se aproximen lo más posible a la situación real medida.

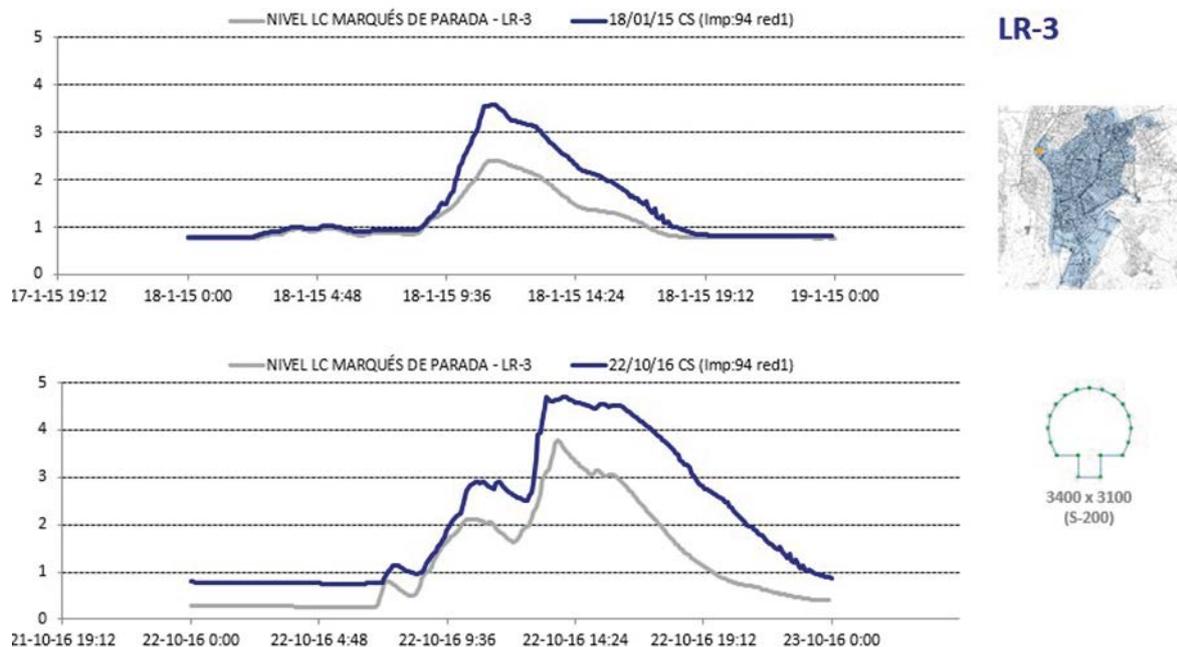


Ilustración 32. Ejemplo de buena calibración. Comparativa modelo-realidad en calle Marqués de Parada en Sevilla. Fuente: EMASESA.

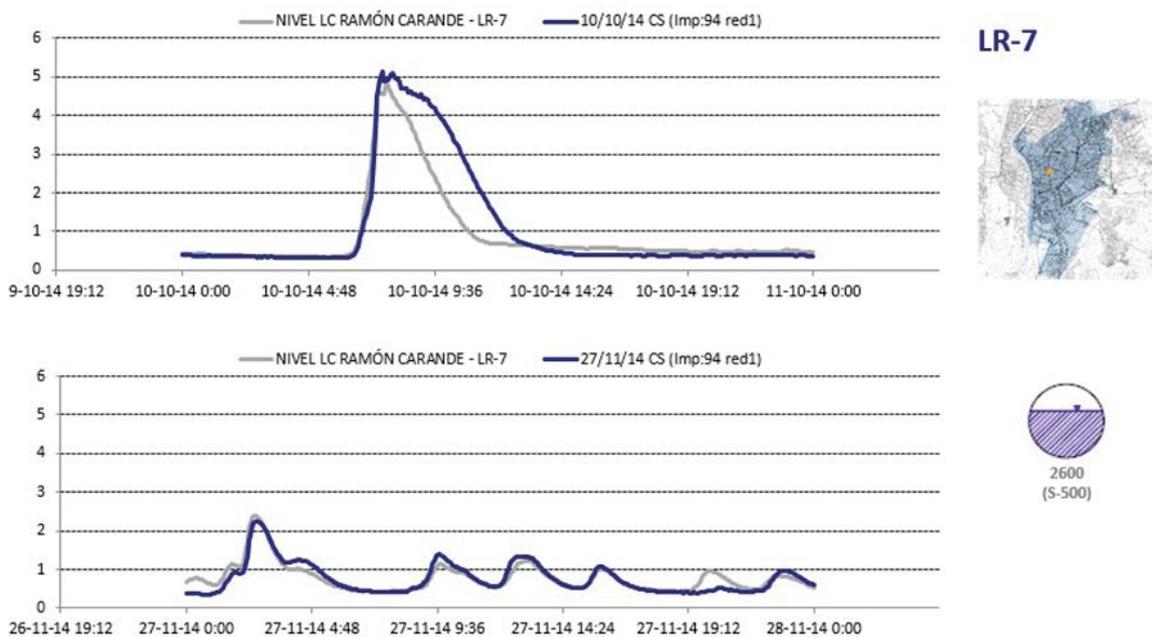
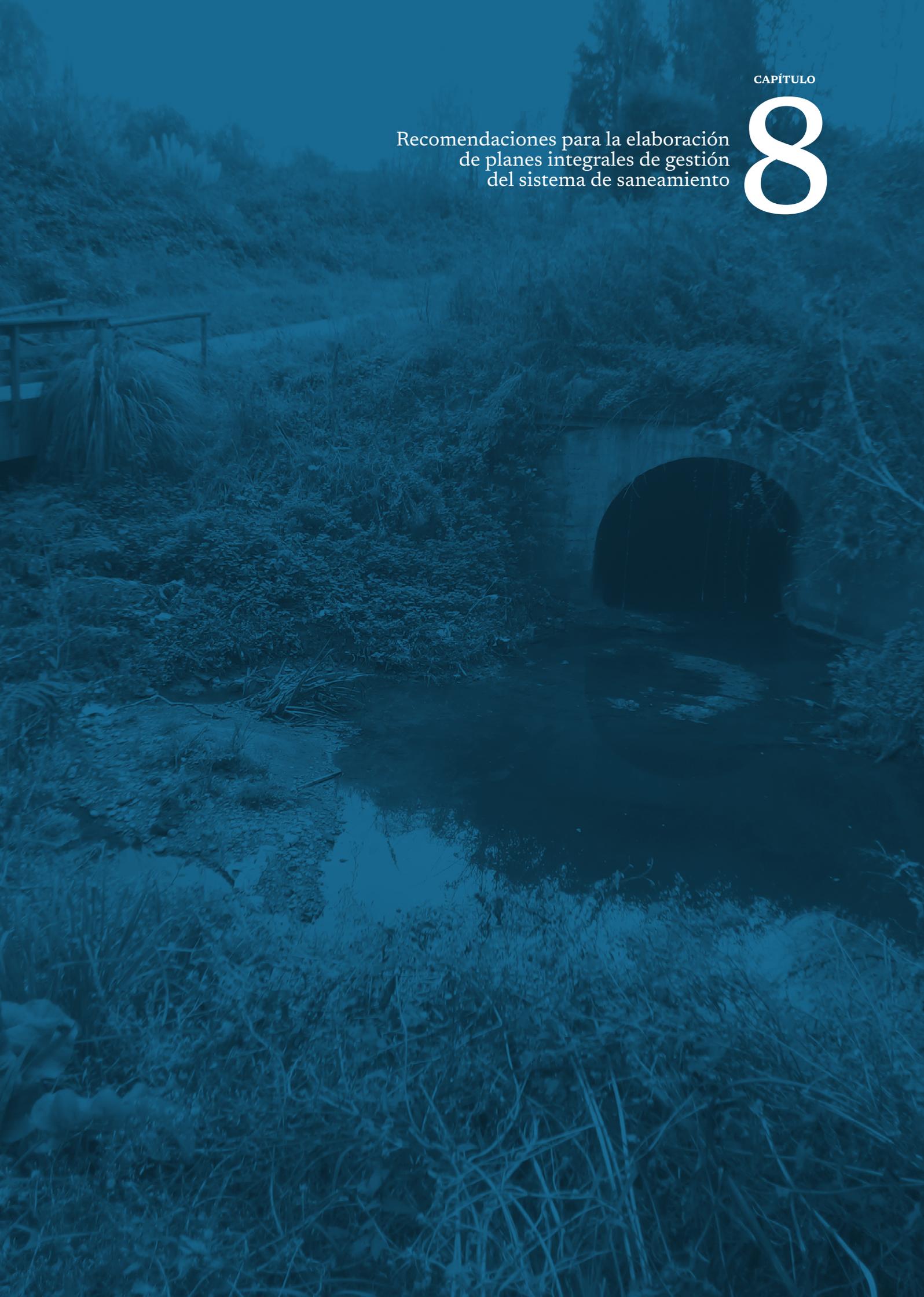


Ilustración 33. Ejemplo de buena calibración. Comparativa modelo-realidad en calle Ramón Carande en Sevilla. Fuente: EMASESA.

La calibración es esencial ya que permite validar el funcionamiento del modelo. Una vez validados los parámetros, se podrá proceder a simular nuevas situaciones, de las que no se dispongan datos o de nuevos diseños de elementos del sistema.

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento

8



Cálculo del rendimiento hidráulico del sistema de saneamiento

8.1. Obtención de los parámetros de rendimiento hidráulico a partir de las modelizaciones

A partir de las modelizaciones de los eventos de lluvia se obtendrán los parámetros necesarios para calcular el rendimiento hidráulico (η_{HID}).

El rendimiento hidráulico está definido según la siguiente ecuación:

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

Para su cálculo, se tendrán en cuenta las siguientes definiciones

- V_{PRE} : 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. Es precipitación bruta.
- V_{INF} : 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 interceptación, evaporación u otras variables del ciclo hidrológico.

La definición de volumen infiltrado, como variable de cálculo para el rendimiento hidráulico, solo contempla el volumen de precipitación que no genera escorrentía ya que se filtra al terreno, por tanto, en el caso de haberse generado escorrentía y esta se canalizara en un sistema de saneamiento separativo hacia una infraestructura de infiltración, tipo balsa, estanque, zanja, etc., el agua infiltrada en esta técnica se considerará V_{INF} .

- V_{EP} : 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 de volumen infiltrado.
- V_{ARD} : 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 en la EDAR en tiempo seco. Este volumen se considerará nulo para los sistemas de saneamiento separativo.
- V_{ARUT} : 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. V_{ALM} : 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. V_{TG} : 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. V_{VDSS} : 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. V_{CIR} : 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.

Las relaciones entre los parámetros son las siguientes:

$$V_{PRE} = V_{INF} + V_{EP}$$

$$V_{TOT} = V_{PRE} + V_{ARD}$$

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

$$V_{TOT} = V_{TG} + V_{VDSS} + V_{INF}$$

$$V_{EP} = V_{REG} + V_{VDSS}$$

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

| 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} | | |

8.2. Cálculo simplificado

El rendimiento hidráulico puede ser calculado de forma simplificada en una primera aproximación al sistema de la siguiente forma:

- a. Se determinará la superficie de la cuenca vertiente y caracterización del sistema de saneamiento con la información disponible siguiendo el procedimiento establecido en los apartados 6.1 (Zonificación de la red de saneamiento) y 6.2 (Caracterización de la red de saneamiento).
- b. El cálculo del volumen de escorrentía urbana (VEP) en este método se realizará a través de la siguiente expresión:

$$V_{EP} (m^3) = 1.000 \cdot k_b \cdot P_{d,80\%} \cdot \sum_1^n C_i \times S_i$$

Donde:

- $P_{d,80\%}$ (mm): Precipitación diaria en la zona de estudio no superada el 80% de los días.
 - C_i (adimensional): Coeficiente de escorrentía de cada superficie homogénea descrito en el apartado 7.1 (Análisis de la cuenca hidrográfica de cada sectorización del PIGSS), que deberá justificarse caso por caso, pudiéndose emplear como referencia inicial, los siguientes valores:
 - Ciudad densamente urbanizada: 0,95.
 - Residencial urbanización media: 0,70.
 - Zona rural o agropecuaria: 0,30.
 - Entorno natural (asimilable a SUDS): 0,05.
 - S_i (km²): Superficie de cada área homogénea.
 - K_b (adimensional): Factor k_b recogido en la Norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, aprobada por la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de 24 horas y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar $k_b = 1,13$.
- c. El cálculo del volumen de agua capaz de ser tratado por el conjunto del sistema de saneamiento se estimará a partir de las características hidráulicas de las instalaciones existentes, considerando un periodo de 24 horas y conforme a los criterios establecidos en el punto 8.1.
- d. El cálculo del rendimiento hidráulico simplificado se realizará con la expresión indicada en el apartado 8.1 (Obtención de los parámetros de rendimiento hidráulico a partir de las modelizaciones).

Es importante señalar que este procedimiento simplificado sólo es una primera aproximación al problema, pero no será empleado a la hora de realizar el dimensionamiento de medidas.

8.3. Cálculo completo a partir de modelización

8.3.1. Cálculo completo de sistemas diferenciados

Los volúmenes empleados en el cálculo del rendimiento hidráulico serán exclusivamente los obtenidos de las modelizaciones.

El rendimiento hidráulico quedaría definido por las fórmulas finales siguientes:

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

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

8.3.2. Sistemas mixtos

El esquema expuesto sería un claro ejemplo del sistema complejo de una ciudad unitaria que se ha ido ampliando con nuevos sectores o zonas separativas. Incluso pequeñas áreas antiguas con red unitaria, al estar cercanas a cauces, se han reurbanizado con redes separativas. Son múltiples zonas con redes separativas repartidas alrededor de la zona unitaria y todo termina en la misma EDAR.

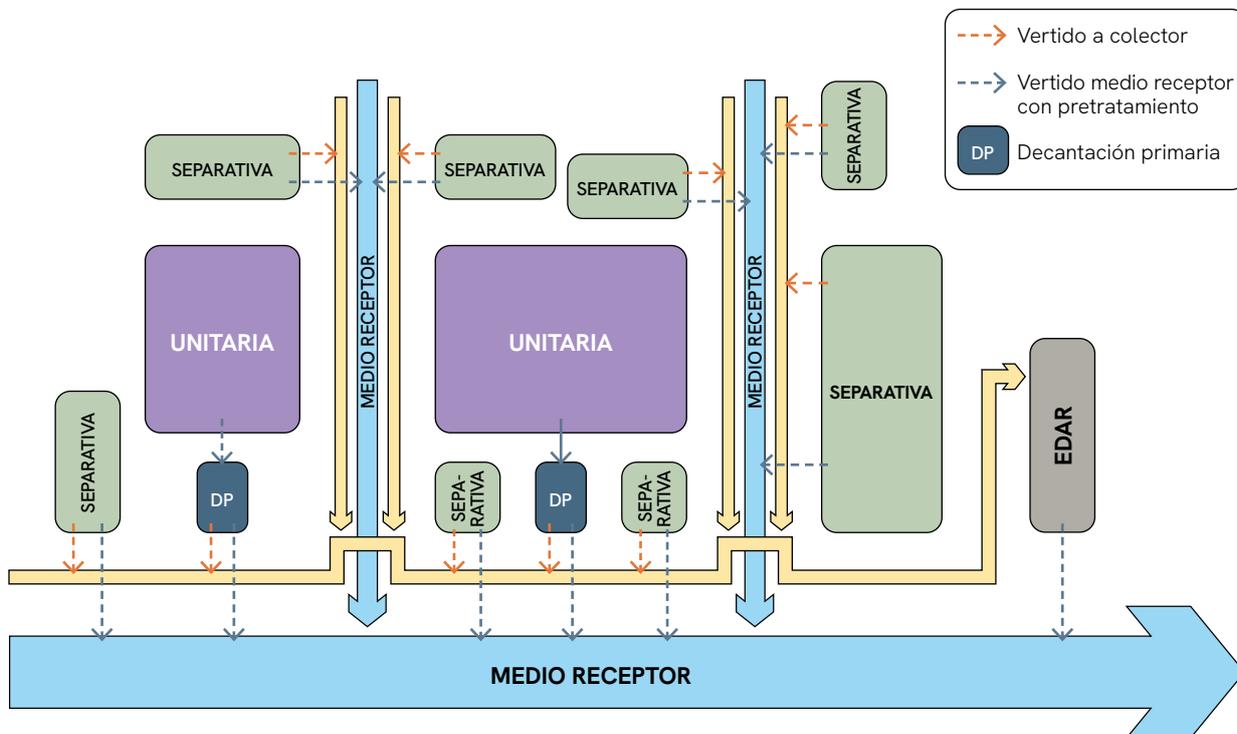


Ilustración 34. Esquema de funcionamiento de un sistema de saneamiento mixto. Fuente: Elaboración propia.

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, teniendo 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, teniendo 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.

Las redes muy extensas se pueden simplificar, según criterio experto del modelizador, de forma que siga siendo representativa de la red completa.



Ilustración 35. Ejemplo de red unitaria simplificada. Núcleo de Colmenar de Oreja (Madrid). Fuente: Canal de Isabel II S.A.M.P.

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:

$$\eta_{HID\ SS\ Mixto} = \frac{V_{TOT} - V_{VDSS}}{V_{TOT}} = \frac{V_{INF} + V_{Gestionado}}{V_{Precipitación} + V_{ARD}} = \frac{V_{INF} + V_{EP} + V_{ARD} - V_{VDSS}}{V_{INF} + V_{EP} + V_{ARD}}$$

Donde:

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

8.3.3. Modelización de SUDS

Por todos es conocida la complejidad de discretizar, correctamente, este tipo de técnicas en los modelos hidrodinámicos necesarios para la redacción de los PIGSS.

En los modelos hidrodinámicos las cuencas gestionadas por SUDS se discretizarán con un punto de vertido/desbordamiento ficticio independiente del sistema de saneamiento, de forma que permita conocer el volumen de agua tratada por estas técnicas. Para el cálculo del rendimiento hidráulico se emplearán los datos de volumen total y como volumen desbordado por la cuenca unitaria, o separativa, solo el no gestionado por SUDS.

Se plantea asimismo la posibilidad de modelizar el sistema considerando la superficie del SUDS como una zona verde permeable. A este respecto, la Norma Técnica Básica (Anexo XI del RDPH) sugiere considerar, como referencia inicial, a los SUDS como entorno natural y con un coeficiente de escorrentía de 0,05. Sin embargo y, para estar 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), posteriormente, habrá que tener en cuenta su efecto de laminación-infiltración en el cálculo hidrológico-hidráulico dependiendo de su capacidad de almacenamiento, control de salida, permeabilidad, etc.

Para que se pueda considerar que la escorrentía producida en el área drenada asociada a una determinada técnica SUDS, o a una cadena de técnicas SUDS, ha recibido un tratamiento adecuado, estos SUDS, además de ser de los tipos y características adecuados, como mínimo, deben diseñarse para gestionar $\geq P_{d,80\%}$.

En el Anexo 3 se plantean los aspectos técnicos que deben tenerse en cuenta a la hora de implantar los SUDS y su modelización adecuada de forma que se dé adecuado cumplimiento al RDPH.



Ilustración 36. Ejemplo de modelo hidrológico-hidráulico de detalle de una cadena de SUDS (cunetas vegetadas, jardines de lluvia, conductos, elementos de rebose, etc.), desarrollado con el software InfoDrainage de AutoDesk. Fuente: Green Blue Management S.L. (Grupo TYPESA).

8.3.4. Análisis específico de sistemas separativos

Para evaluar el impacto en la calidad de las aguas receptoras debido a los vertidos por desbordamientos de la escorrentía urbana en sistemas separativos, se propone realizar un estudio del uso y tipología de las cuencas de aportación al sistema de saneamiento separativo pluvial, diferenciándose entre las siguientes:

- Aguas de escorrentía pluvial con un **nivel bajo de riesgo de contaminación**.

Se espera este tipo de agua en:

- Techados 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.

- Aguas de escorrentía pluvial con un **nivel medio de riesgo de contaminación**.

Se espera este tipo de agua en:

- Techados 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 ($300 \leq IMD \text{ vehículos/día} < 2.000$). Se espera esta IMD en:
 - Calle de un carril por sentido.
 - Zona residencial (1.º planta < altura \leq 5.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 ($IMD < 2.000$ vehículos/día), incluyendo aparcamientos colectivos, incluso en áreas industriales en las que no se manejen sustancias contaminantes.
- Carreteras/Viales de capacidad:
 - Media ($IMD < 15.000$ 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).
- Aguas pluviales con un **nivel alto de riesgo de contaminación**

Se espera este tipo de agua en:

- 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 apartado 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 (η_{HID}).



Ilustración 37. Espacios donde las aguas de escorrentía pluvial tendrán un nivel bajo de riesgo de contaminación al medio receptor (camino peatonal o vial sin tráfico relevante). Pamplona. Fuente: HidroStank.

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 y comerciales > 200 vehículos. | - |
| <15.000 | - | Calzada única | - | Carretera convencional o periurbana |
| >15.000 | - | Doble calzada | - | Autovías o circunvalaciones urbanas |

Tabla 4. IMD de diseño en función de las características de uso.

8.4. Tratamientos adecuados de los VDSS para el cálculo del rendimiento hidráulico

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.

A continuación, se detalla en qué consiste cada uno de los tratamientos para el cálculo del rendimiento hidráulico (η_{HID}):

8.4.1. 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 $\geq P_{d,80\%}$ 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 (Anexo 3).



Ilustración 38. Parterre inundable (área de biorretención) en el entorno de un paso de peatones regulado por semáforo, mejorando la visibilidad, tanto para el peatón como para el conductor. C/ Agustín de Foxá (Madrid). Año 2024. Fuente: Dirección General del Espacio Público, Obras e Infraestructuras del Ayuntamiento de Madrid.

- 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.



Ilustración 39. Separador Hidrodinámico Downstream Defender Select®. Fuente: Hydro International.

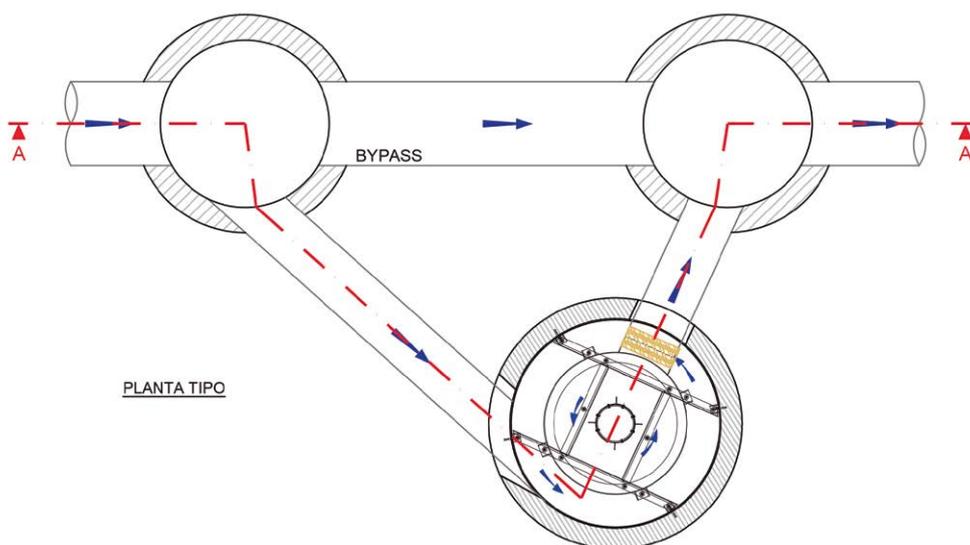


Ilustración 40. Instalación del separador hidrodinámico Downstream Defender® en paralelo con la red del sistema de saneamiento separativo. Fuente: DRENATURA.

Las aguas de escorrentía pluvial de un sistema de saneamiento separativo con un **nivel bajo de riesgo de contaminación** (punto 8.3.4) 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.

Las aguas de escorrentía pluvial de un sistema de saneamiento separativo con un **nivel medio y alto de riesgo de contaminación** (punto 8.3.4) en entornos urbanos consolidados y, donde se justifique que los tratamientos anteriores suponen un coste desproporcionado (ver apartado 10.6), se podrá admitir, en una primera fase, la retención de los sólidos gruesos y flotantes mediante pantallas deflectoras, tamices, rejillas o cestas, con una luz de paso \leq a 10 mm. No se considerarán las rejillas 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.

- Los objetivos de reducción de la contaminación de los VDSS.
- Las medidas que deben adoptarse.
- El cronograma del PIGSS.

8.4.2. 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 físico-químico 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.).



Ilustración 41. Limpiador basculante en un tanque de tormenta tubular / prefabricado modular (AmiStorm Tank). Fuente: Hidros-tank.

CAPÍTULO

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento

9



Cálculo de la carga contaminante: modelos de calidad de agua

9.1. 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 (DBO_5 , 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 $P_{d,80\%}$ para, posteriormente, y mediante trabajo estadístico, realizar la traslación de esos valores a diferentes lluvias. En el Anexo 2 se incluye una propuesta de metodología para estimar la carga contaminante.



Ilustración 42. Sonda multiparamétrica (Nivel; Temperatura; PH; Redox; Conductividad; Oxígeno disuelto; Turbidez) instalada en un aliviadero del sistema de saneamiento. Fuente: CleanWater, Microcom y Dosatronic Iberia.

9.2. 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].

9.3. Valor del indicador η CARGA CONTAMINANTE

Se define como:

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

el rendimiento de la carga contaminante vendrá definido por el medio receptor donde se realizarán los vertidos, de acuerdo con lo indicado en el apartado 10.

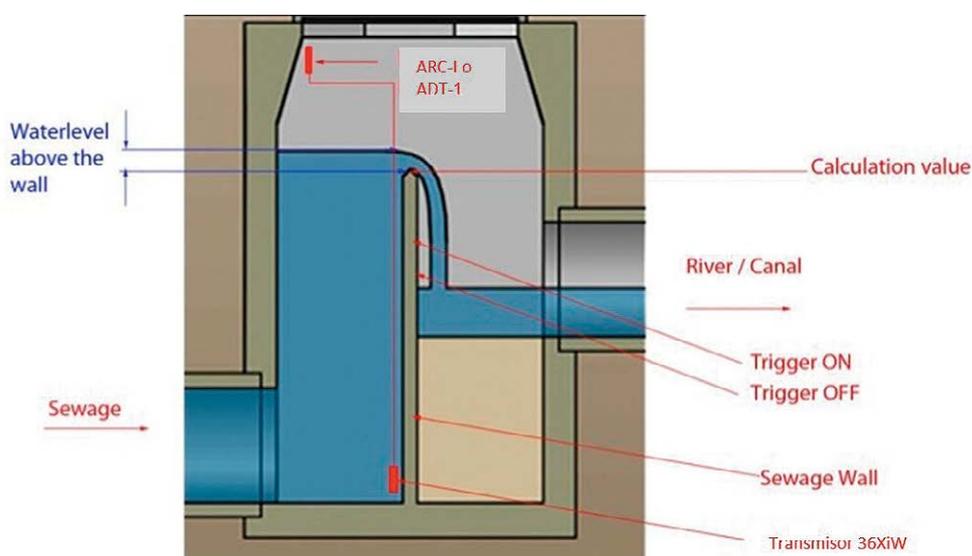


Ilustración 43. Control volumétrico de los VDSS: El sensor de nivel (36XiW) mide los niveles de agua, el software KELLER Logger calcula el volumen del VDSS con la fórmula de Poleni y crea un informe sobre los VDSS. Fuente: CATSENSORS.

CAPÍTULO

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento

10



Medidas para alcanzar los objetivos indicativos

El PIGSS debe considerar todos los frentes en los que se puede actuar para reducir en volumen y en contaminación los VDSS y, tratar y cuantificar los vertidos, para ello, se consideraran las siguientes medidas para alcanzar los objetivos indicativos de las diferentes aglomeraciones Urbanas:

- Medidas preventivas (actuaciones en origen):
 - Paisajes de retención hídrica.
 - Aprovechamiento de aguas pluviales y reutilización de aguas grises.
 - Aumento de los espacios verdes o de limitación de las superficies impermeables.
- Medidas de operación y monitorización:
 - Programa de inspección y limpieza correctiva y preventiva de la red de saneamiento.
 - Monitorización de los VDSS.
- Medidas para optimizar el uso de las infraestructuras existentes
- Otras medidas adicionales, priorizando los SUDS:
 - Adecuación de infraestructuras (arquetas sifónicas; 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.

En el Anexo V se pueden ver diversos ejemplos de estas medidas.

10.1. Medidas preventivas (actuaciones en origen)

Según indica el art. 259 quinquies.3.c):

«1.º 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 en las aglomeraciones;»

En este sentido, se considera esencial trabajar en el origen del problema, es decir:

- **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.



Ilustración 44. Escorrentía pluvial urbana generada en un episodio de lluvia. Madrid. 12/10/2024. Fuente: MITECO.

- **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* (Monografías. Gestión de aguas pluviales. Implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano. M-98. Ministerio de Fomento. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. CEDEX. Jerónimo Puertas Agudo. Joaquín Suárez López. José Anta Álvarez).
 - Aumenta los impactos negativos de las escorrentías pluviales urbanas sobre las redes de saneamiento, las masas de agua receptoras y el medio ambiente.



Ilustración 45. Entrada de escorrentía pluvial urbana al sistema de saneamiento a través de imbornales. Fuente: MITECO.

Para ello, se promoverá:

- La retención, ralentización, laminación, filtración, infiltración y aprovechamiento de la escorrentía pluvial, mediante **paisajes de retención hídrica y SUDS** (desarrollados en el apartado 10.4.7), imitando, en la medida de lo posible, el ciclo hidrológico natural y tratando *in situ* la escorrentía pluvial, reduciendo sus niveles de contaminación.



Ilustración 46. Paisaje de retención hídrica que consigue suelos más permeables, captando, reteniendo e infiltrando la escorrentía pluvial. Contribuyen a la conservación del agua, la prevención de inundaciones, la recarga de acuíferos y el apoyo a los ecosistemas locales. Fuente: SUSTRAIAK HABITAT DESIGN.

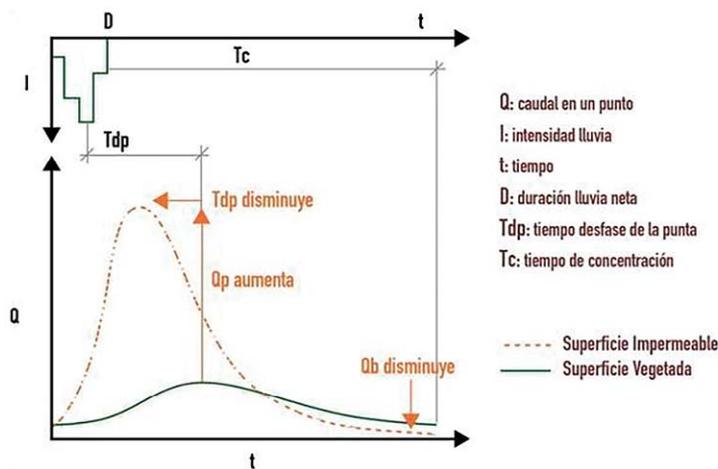


Ilustración 47. Comparativa entre el volumen de escorrentía pluvial generado en una superficie impermeable, frente al volumen de escorrentía pluvial generado en una superficie vegetada en el mismo episodio de lluvia. Fuente: Perales-Momparler y Valls-Benavides, 2013. SUDS. Paisea nº 024: Espacios del Agua. Paisea revista s.l. ISSN 1887-2557.

- El **aprovechamiento de las aguas pluviales y la reutilización de las aguas grises** (son las aguas grises domésticas, exceptuando las provenientes de inodoro y urinarios) **y de las aguas grises claras** (son las aguas grises, excluyendo las aguas residuales provenientes de la cocina y de lavadoras), **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.

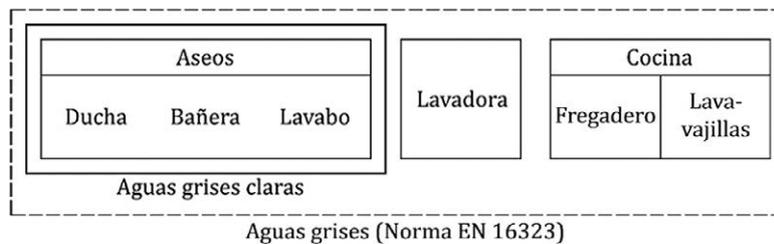


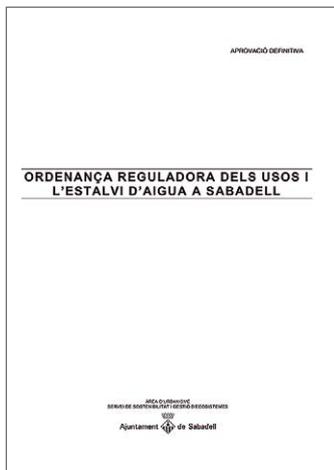
Ilustración 48. Tipos y orígenes de las aguas grises. Fuente: UNE-EN 16941-2. Septiembre 2021. Sistemas *in situ* de agua no potable. Parte 2: Sistemas para la utilización de aguas grises tratadas.

A continuación, se recopila diversa documentación en relación con el aprovechamiento de las aguas pluviales y la reutilización de aguas grises:



Ordenanza municipal ahorro agua de Vilanova y la Geltrú (Barcelona) (BOPB n.º. 181 del 29/07/2008).

<https://seuelectronica.vilanova.cat/content/tramits/Ordenan%C3%A7a%20municipal%20estalvi%20aigua%20de%20Vilanova%20i%20la%20Geltru.pdf?v=24032025>



Ordenanza reguladora de los usos y el ahorro de agua en Sabadell (Barcelona) (BOPB n.º. 71 del 24/03/2010).

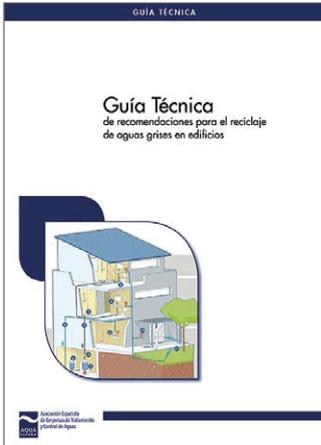
<https://ca.sabadell.cat/pdf/normativa/54.pdf>

[CIDO_bopb_2010_03_20100324_BOPB_20100324_117_125.pdf](https://ca.sabadell.cat/pdf/normativa/54.pdf)



Guía Técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios. 2016. Fuente: ASOCIACION ESPAÑOLA DE EMPRESAS DEL SECTOR DEL AGUA.

https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/2016_Guia_tecnica.pluviales.pdf



Guía Técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. 2016. Fuente: ASOCIACION ESPAÑOLA DE EMPRESAS DEL SECTOR DEL AGUA

https://aguaespana.org/sites/default/files/documents/files/Guia_tecnica%20grises.pdf



Aprobación definitiva de la Ordenanza municipal para el ahorro de agua de Sant Cugat del Vallès (Barcelona) (BOPB del 28/09/2018).

<http://bop.diba.cat/anuncio/892268/aprovacio-definitiva-de-l-ordenanca-municipal-per-a-l-estalvi-d-aigua-de-sant-cugat-del-valles-ajuntament-de-sant-cugat-del-valles>



Ordenanza municipal para el ahorro de agua de Vilafranca del Penedès (Barcelona) (BOPB del 05-08-2024).

https://seu.vilafranca.cat/sites/default/files/ord_est_aig.pdf



En febrero de 2025, el Ayuntamiento de Barcelona se encontraba inmerso en la aprobación de la Ordenanza reguladora del sistema de aprovechamiento de aguas grises.

https://ajuntament.barcelona.cat/transparencia/sites/default/files/2025-02/31.%20FINAL_DEF%20Ordenan%C3%A7a-aig%20BCes_grises_PROYECTO-NORMATIU%2012.02.pdf



Ilustración 49. Reutilización de aguas grises y pluviales en el Reial Club de Tennis Barcelona 1899, para el riego de jardines y pistas de tenis. Barcelona (Barcelona). 2023. Fuente: RCTB-1899 y ACO.

10.2. Medidas de operación y monitorización

Según indica el art. 259 quinquies.3.c).2º:

«2.º Medidas de operación, inspección, mantenimiento, renovación de infraestructuras y preparación ante un episodio de lluvias, así como un sistema de monitorización de los vertidos por desbordamientos en episodios de lluvia con los elementos de control que permitan estimar los caudales, tiempo, volúmenes y contaminantes asociados.»

10.2.1. Programa de inspección y limpieza correctiva y preventiva de la red de saneamiento

El operador presentará un programa de inspección y limpieza correctiva y preventiva de la red de saneamiento, que implique un correcto funcionamiento del sistema integral de saneamiento.



Ilustración 50. Cámara de inspección para el sistema de saneamiento. Cortesía de Hidrostantk.

La limpieza periódica de las tuberías se considera 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 solo afectan la operatividad del alcantarillado, sino que también pueden provocar desbordamientos y filtraciones de aguas residuales, con consecuencias ambientales y sanitarias graves.



Ilustración 51. Retirada de toallitas higiénicas que provocan atascos en el sistema de saneamiento (acción correctiva). Fuente: EMA-SESA.

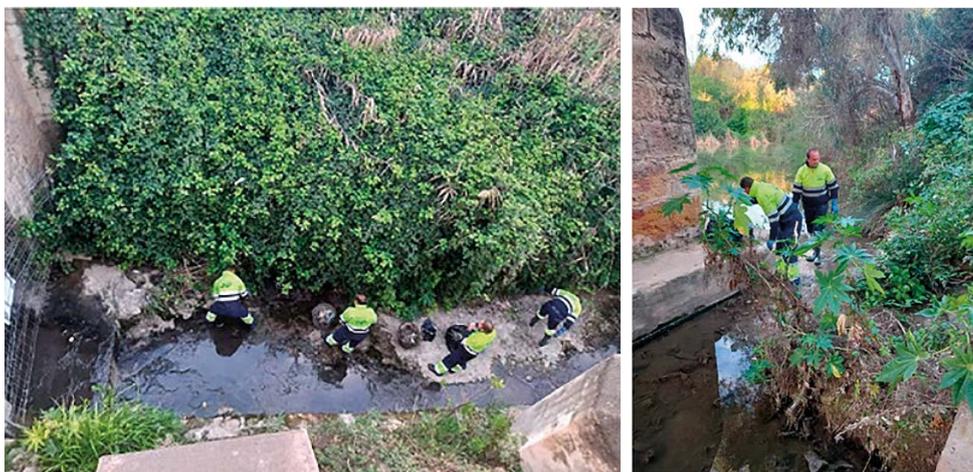


Ilustración 52. Limpieza de ribera tras un VDSS (acción correctiva). Fuente: EMASESA.

10.2.2. Monitorización de los VDSS

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. Estos sistemas permiten la supervisión en tiempo real del estado 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.



Ilustración 53. Centro de control. Fuente: Facsa.

En el art. 259 quater.1.c) y en el apartado 8 del anexo XI del RDPH, se define la necesidad de dotar al sistema de saneamiento de las aglomeraciones urbanas que deben elaborar un PIGSS, tanto de **puntos de control**, de fácil acceso y seguro para las tareas de vigilancia e inspección, como de **elementos de monitorización de los VDSS**. Se dispondrán en los puntos o elementos más representativos de la red y, estos puntos o elementos, serán identificados en la caracterización de la red (6.2). Unos elementos esenciales a este respecto son los **Puntos de Vertido por Desbordamientos del Sistema de Saneamiento al medio receptor (PVDSS)**.

Se definen dos sistemas de control con la siguiente información a aportar:

- Sistema de **control cuantitativo** que aporte:
 - Número de eventos: se calculará como n.º de eventos/año.
Para la determinación del número de eventos anuales se considerará un nuevo evento cuando el tiempo de separación entre dos eventos (desbordamientos) consecutivos sea superior o igual a 24 horas.
 - Tiempo de duración de cada evento, indicando las horas de inicio y fin y el tiempo de vertido total anual asociado a cada PVDSS.
 - Volumen asociado al evento: se expresará en m³/evento, así como el acumulado anual en m³/año.



Ilustración 54. Monitorización del sistema de saneamiento de Castellón para el control cuantitativo de los vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia. Fuente: Ayuntamiento de Castellón.

- Sistema de **control de la calidad** (o cualitativo):
 - Medidores en continuo o muestras puntuales representativas del vertido durante los episodios de precipitación, certificados por entidades colaboradoras de la administración hidráulica de, al menos, pH, conductividad y turbidez.

Para la monitorización de los VDSS asociados a PVDSS y, con el fin de aportar esta información, **se deberá realizar una ficha por cada PVDSS** con su caracterización geométrica completa y con la propuesta de medición de los eventos (desbordamientos) y de la calidad, si procede. No se puede establecer un procedimiento de medida único puesto que los PVDSS pueden tener características muy diversas.

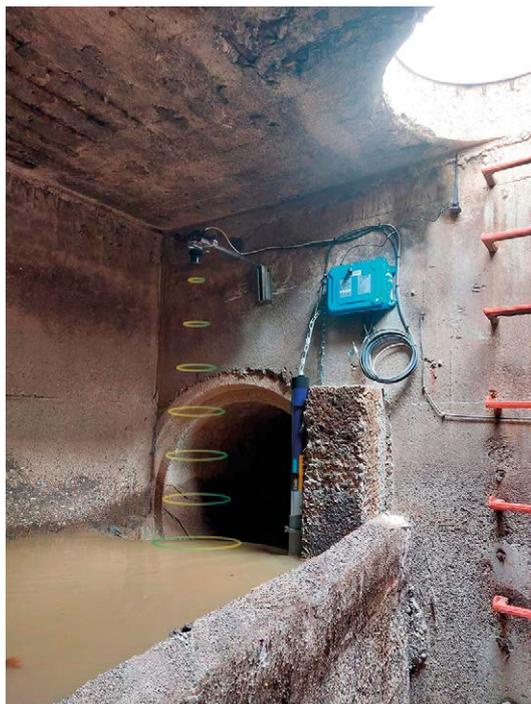


Ilustración 55. Monitorización de los VDSS: Detección, control cuantitativo (limnómetro ultrasónico o radar) y control cualitativo (sonda multiparamétrica con sistema de limpieza mediante cepillo) de los VDSS. Fuente: Mejoras Energéticas, S.A.

La información requerida en la NTB (Anexo XI) implica que, para **medir directamente** la variable que la define, se debería medir el caudal que circula por el PVDSS. El arranque y final del evento sería cuando el caudal deja de ser cero hasta que vuelve a caer a cero y el volumen sería la integral del caudal. Sin embargo, en muchas ocasiones medir el caudal directamente es difícil y costoso o, incluso, prácticamente imposible:

- Algunos desbordamientos vierten en colectores/emisarios que pueden tener un caudal circulante debido a aguas parásitas (infiltraciones, etc.), lo que hace que el calibrado sea complicado por la variabilidad de este tipo de aguas. La edad y la calidad de la construcción de la tubería son factores que aumentan la infiltración.
- Otras veces, los desbordamientos de las aguas residuales se evacúan sobre la red separativa.

Cuando se recurra a **medidas indirectas del caudal** será necesario aportar el procedimiento de cálculo o el modelo empleado cuando proceda. Un ejemplo es el caso de la medida de la lámina de agua sobre un aliviadero mediante limnómetro. El cálculo se podría realizar mediante una fórmula que indica el caudal en función de la altura de la lámina a partir de su curva de gasto. En este

tipo de casos es necesario aportar la justificación y aplicabilidad de la fórmula y, la justificación de los coeficientes empleados. Es muy importante destacar que se debe justificar el comportamiento hidráulico de la estructura en todo el rango de valores a medir.

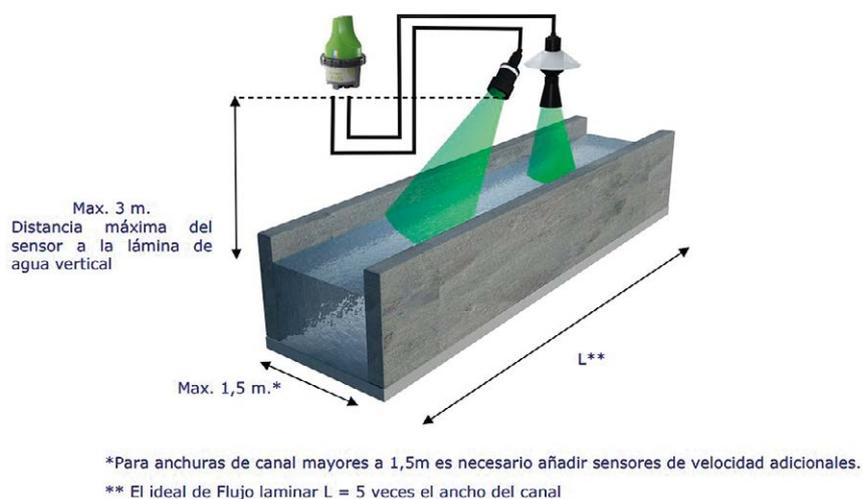


Ilustración 56. Caudalímetro con tecnología Radar: Conjunto de sensor de nivel por ultrasonidos (US) sin contacto + Sensor de velocidad Radar VRad-i sin contacto + Registrador de Datos SOFREL LT-US (Data logger). Se puede calcular el caudal a partir de la fórmula Caudal = Velocidad x Área mojada.
Fuente: LACROIX SOFREL.

En los casos en los que se instalen elementos o equipos para limitar el impacto de los vertidos en el medio receptor (pantallas deflectoras, tamicos, rejillas, cestas, etc.), deberá estudiarse la influencia en la medida del caudal vertido y justificar adecuadamente la solución propuesta.

El sistema de monitorización debe ser fiable y preciso para asegurar la calidad de la información que se provea. La cadena de información para medir los desbordamientos deberá incluir:

- Selección de la ubicación.
- Selección del equipo adecuado.
- Instalación de calidad.
- Fiabilidad inherente del equipo.
- Operación y mantenimiento de los sitios.
- Control de calidad continuo de la información.
- Elaboración de informes periódicos.

Como criterios generales para registrar los eventos (desbordamientos) es importante que:

- Se identifique claramente que ha ocurrido un evento (su inicio y su final).
- El equipo funcione la mayor parte del tiempo sin lagunas de falta de datos.
- Cualquier fallo o pérdida de datos debe ser identificable y rectificado rápidamente, en la medida de lo posible.

Para la ubicación del equipo se deben considerar principios clave como precisión, repetibilidad, fiabilidad y seguridad. El equipo debe instalarse en lugares que faciliten el mantenimiento y eviten riesgos, como daños por vehículos o condiciones ambientales adversas.

En la mayoría de las ocasiones el **equipamiento se instalará en el interior de infraestructuras subterráneas**, como arquetas, accesos a la infraestructura, etc. En estos casos se deberá contemplar lo siguiente:

- Es preferible medir en el lado húmedo de un PVDSS, es decir, donde se encuentra el caudal normal en tiempo seco.
- El control del lado seco de un PVDSS puede resultar difícil, ya que puede haber más errores e interferencias en los sensores, especialmente en los valores más bajos, y existe un mayor riesgo de influencia del medio receptor (rio, mar, lago, etc.).
- Cuando se realiza el control en el lado seco, es necesario asignar un nivel de vertido adecuado para registrar los vertidos con precisión y minimizar el posible ruido en los datos.
- Los sensores deben situarse en lugares donde sea improbable que capten lecturas falsas y/o produzcan datos con ruido, por ejemplo: escalones, rejillas, etc.



Ilustración 57. Monitorización de los eventos (VDSS), instalado en la tapa de composite (para zonas de poca cobertura) de un pozo de registro. Fuente: Hidrostack.

- Cuando la ubicación real del desbordamiento sea en una cámara secundaria, puede ser conveniente controlar el vertido desde la cámara primaria si los datos pudieran ser más precisos y fiables, el acceso para el mantenimiento fuera más fácil y seguro, y el nivel de vertido puede establecerse con precisión
- Los equipos en cámaras del sistema de saneamiento deben situarse de forma que no obstruyan el flujo normal en la red y minimicen la probabilidad de verse afectados por cualquier objeto extraño.
- El sensor debe situarse en un lugar en el que sea improbable que se golpee o dañe accidentalmente en el transcurso de las actividades normales de funcionamiento o mantenimiento (por ejemplo, limpieza o entrada en arquetas).
- En la medida de lo posible, el equipo debe situarse en un lugar en el que sea improbable que quede sumergido, a menos que sea necesario para el funcionamiento del equipo.
- Cuando por mantenimiento o reparaciones se requiera la retirada temporal de los equipos se deberá registrar y documentar.
- Cuando sea probable que un desbordamiento quede sumergido por la subida del nivel del mar o del río, deberán revisarse las opciones para controlar este impacto y, en la medida de lo posible, adoptar las medidas oportunas (clapetas antirretorno, etc.).



Ilustración 58. Clapetas antirretorno alargadas. Fuente: CleanWater.

Cuando todos o partes de los **equipos estén fuera** de un recinto cerrado se tendrá en cuenta:

- En la medida de lo posible, deberá reducirse al mínimo la colocación de los equipos muy próximos a carreteras u otros lugares peligrosos, por ejemplo, colocando únicamente el sensor en una cámara de alcantarillado y el registrador en un lugar de acceso seguro.
- Cuando el equipo esté situado en armarios, éstos deberán ser de intemperie y diseñados para minimizar los efectos del vandalismo.
- Cuando se utilicen radiofrecuencias para la comunicación, habrá que considerar dónde ubicar las antenas para que puedan proporcionar una comunicación buena y fiable.
- La ubicación de las antenas en el interior de los armarios ofrece la mejor protección contra daños o manipulaciones, pero puede que reduzca o elimine la cobertura.

En ambos casos se deben prever unos accesos al personal de instalación, mantenimiento y comprobación que sean fáciles y seguros. Se deben analizar los riesgos y poner las medidas de seguridad y salud adecuadas. A la vez se deben analizar los problemas de vandalismo. Estos dos aspectos en ocasiones son contrapuestos y es necesario encontrar soluciones de compromiso.

Otros aspectos que considerar tienen que ver con las **características del entorno**:

- Si la arqueta, la ubicación o el emplazamiento se encuentran en una zona con clasificación se requerirá un equipo con la clasificación adecuada. Este puede ser el caso de ambientes explosivos o de espacios confinados (NTP 223: Trabajos en recintos confinados, etc.).
- Si el lugar es propenso a la acumulación de grasa, aceite, espuma, toallitas higiénicas, etc. se debe tener en cuenta en la selección del lugar y del sensor y en los procedimientos de mantenimiento.
- Cuando el **flujo sea turbulento** y difícil de controlar se debe hacer un estudio específico de la forma de medir y del sensor a utilizar.
- Las condiciones meteorológicas extremas: vientos fuertes, la exposición a calor o frío excesivos, ambientes corrosivos, etc. pueden afectar a la precisión y fiabilidad de los equipos.
- Si la ubicación se encuentra en **zonas con flora de hoja caduca** deben considerarse sistemas que minimicen el posible impacto de las hojas.
- Considerar la presencia de roedores.

En la selección de equipos se contemplarán los siguientes aspectos:

- Fuente de energía. Los equipos pueden ser alimentados por baterías o corriente eléctrica. Los sistemas alimentados por baterías implican costos iniciales más bajos, pero mayores necesidades de mantenimiento. Alternativamente, se pueden usar fuentes de energía renovable como solar o eólica.
- Métodos de comunicación. La comunicación puede incluir telemetría fija, frecuencias de radio o recolección manual, siendo esta última la menos recomendada.
- Selección de sensores. La selección de sensores, además de tener en cuenta los criterios generales de precisión, repetibilidad, fiabilidad y seguridad, tendrán en cuenta las necesidades de instalación, mantenimiento y contraste de las medidas y los condicionantes del entorno donde se ubican.

La frecuencia de registro y transmisión debe cumplir con los permisos establecidos. Los datos pueden transmitirse en tiempo real o almacenarse temporalmente para optimizar la vida útil de las baterías.

Se establecerán procedimientos de validación de la información para detectar anomalías.

Se debe disponer de informes que incluyan información sobre el control cuantitativo: conteo de los desbordamientos, la duración total de los eventos (desbordamientos), el control cualitativo de los VDSS o la disponibilidad de los datos. Es importante conservar los datos brutos durante un periodo largo, por ejemplo, cinco años.

Se deben establecer planes de operación y mantenimiento. Se deben establecer procedimientos claros para identificar y corregir fallos, garantizar el mantenimiento del equipo y mantener registros detallados de cualquier problema o ajuste realizado.

Se recomienda la consulta de la GUÍA METODOLÓGICA PARA LA MEDICIÓN DE VARIABLES HIDROMETEOROLÓGICAS, INSTRUMENTACIÓN Y TIPOLOGÍA DE LAS NUEVAS ESTACIONES DE AFORO del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico que recoge las tecnologías y criterios para definir estaciones de medición de caudales en lámina libre.



Ilustración 59. GUÍA METODOLÓGICA PARA LA MEDICIÓN DE VARIABLES HIDROMETEOROLÓGICAS, INSTRUMENTACIÓN Y TIPOLOGÍA DE LAS NUEVAS ESTACIONES DE AFORO del MITECO.

Dicha Guía metodológica se ha complementado con un manual técnico para la selección de equipos:

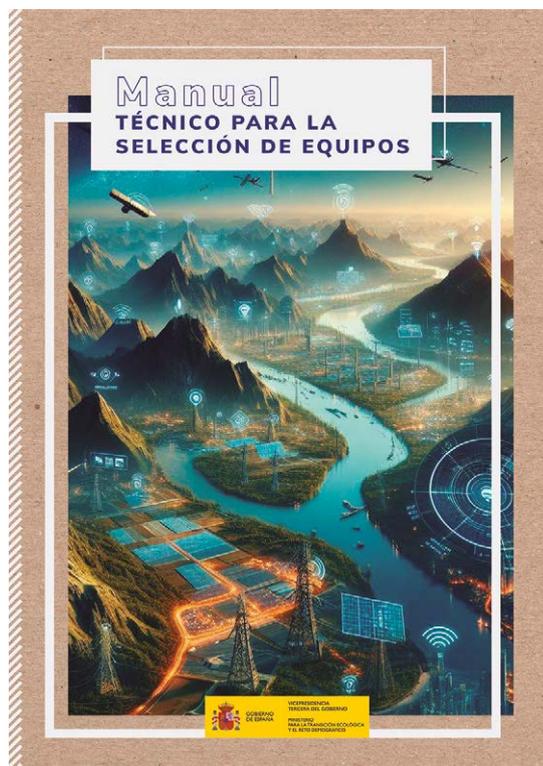


Ilustración 60. Manual técnico para la selección de equipos del MITECO.

Los parámetros de calidad que se considere necesarios se basarán en lo dictado en las NTB (Anexo XI del RDPH), donde se posibilita las mediciones en continuo o toma muestras de PH, Conductividad y Turbidez que, además, pueden combinarse con modelos para su correcta estimación.

Como criterio general y salvo casos justificados, solo se permitirán vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia cuando se hayan superado los volúmenes gestionados adecuadamente para el conjunto del sistema.

10.2.3. Elementos de monitorización

Ver apartado 10.4.3 (Elementos de retención de sólidos gruesos y flotantes y, monitorización de los VDSS).

10.3. Medidas para optimizar el uso de las infraestructuras existentes:

Según indica el art. 259 quinquies.3.c):

«3.º Medidas para optimizar el uso de las infraestructuras existentes, incluyendo los sistemas colectores, los volúmenes almacenados y las estaciones depuradoras de aguas residuales, con el objetivo de garantizar que la escorrentía urbana es recogida y tratada, minimizando el vertido del agua residual urbana no tratada en masas de agua.».

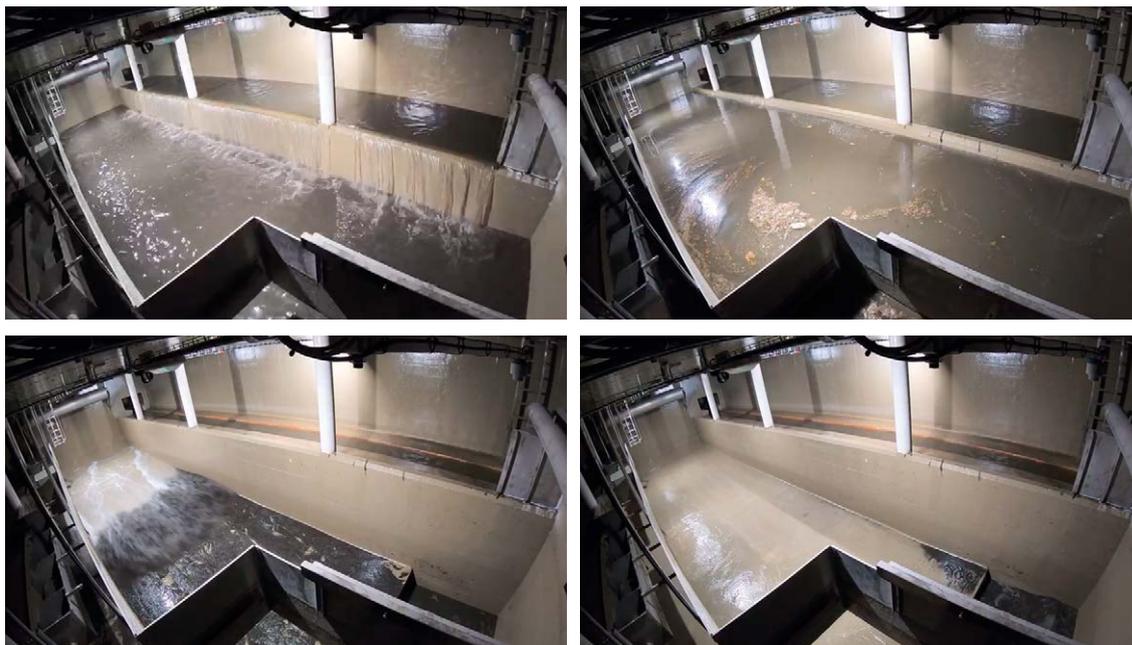


Ilustración 61. Funcionamiento del Tanque de Tormentas Plaza de Italia, equipado con pantallas deflectoras, dos tamices Tipo PAS y un limpiador basculante. El Sardinero (Santander - Cantabria). Fuente: Hidrostantk.



Ilustración 62. Tanques de tormenta tubulares / Tanques de tormenta prefabricados modulares (AmiStorm Tank) en Poliéster Reforzado de Fibra de Vidrio (PRFV), para construir desde pequeños depósitos a grandes tanques de retención. Fuente: AMITECH SPAIN, S.A. e Hidrostantk.



Ilustración 63. Tanque de tormentas sedimentador o compacto, por efecto vórtice, en tiempo seco (izquierda) y funcionando en un episodio de lluvia (derecha) creándose el efecto ciclón. Construidos en hormigón armado *in situ*. Alemania. Fuente: CleanWater.

10.3.1. Tratamientos adecuados para el cálculo del rendimiento hidráulico

Las infraestructuras existentes deberán alcanzar la calidad exigida en los tratamientos adecuados, indicados en el apartado 8.4 (Pretratamiento; Tratamiento primario) para el cómputo del rendimiento hidráulico.

10.4. Otras medidas adicionales, priorizando los SUDS

Según indica el art. 259 quinquies.3.c):

«4.º 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 sistemas urbanos de drenaje sostenible, tales como cubiertas ecológicas, jardines verticales, pavimentos permeables, jardines de lluvia, sumideros filtrantes y canales permeables, favoreciendo así la biodiversidad;»

Como, por ejemplo:

- Adecuación de infraestructuras (arquetas sifónicas; 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.

10.4.1. Adecuación de infraestructuras (arquetas sifónicas; Red unitaria; Cámaras y pozos de registro; Aliviaderos; PVDSS)

- Arquetas sifónicas:

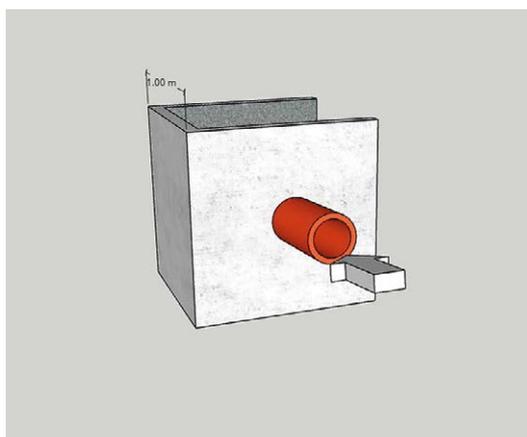


Ilustración 64. Adecuación de infraestructuras. Arqueta sifónica. Fuente: EMASESA.



Ilustración 65. Adecuación de infraestructuras. Ejemplo de arquetas sifónicas como medida de retención de sólidos gruesos y flotantes en origen del sistema de saneamiento. Gestión localizada de residuos. Fuente: EMASESA.

- Red unitaria.
- Cámaras y pozos de registro:



Ilustración 66. Adecuación de infraestructuras. Cámaras de interconexión en grandes colectores. Fuente: EMASESA.

- Aliviaderos:

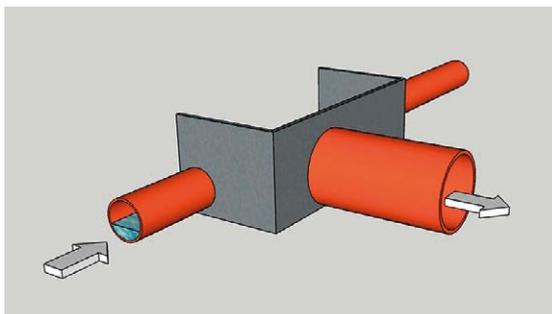


Ilustración 67. Adecuación de infraestructuras en aliviadero Avda. de la Libertad. Sevilla. Fuente: EMASESA.

- Vertido a cauce en los PVDSS:

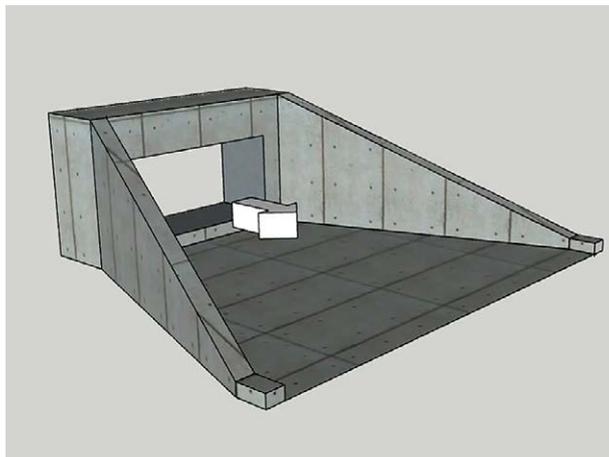


Ilustración 68. Adecuación de infraestructuras en los PVDSS. Fuente: EMASESA.

10.4.2. Catálogo de medidas correctoras de la red de saneamiento

Las medidas correctoras que se pueden diseñar pueden afectar a:

- La entrada en la red.
- En la misma red.
- En los puntos de desbordamiento o vertido.
- En la entrada a la EDAR.

Medidas correctoras en la entrada en la red:

- Actuación en alcantarillas: instalación de desarenadores.
- Depósitos de retención.

Medidas correctoras en la misma red:

- Como se ha comentado en el apartado 10.1 Medidas preventivas (actuaciones en origen), el fomento del aprovechamiento de las aguas grises y la reutilización de las aguas grises reducirá la carga hídrica en la red de alcantarillado.
- Tanques de tormenta.
- Separadores de hidrocarburos.
- Limpieza programada de colectores.

Medidas correctoras en los puntos de desbordamiento o vertido (PVDSS): Se puede disponer:

- Depósitos de retención y tratamiento primario:



Ilustración 69. Canal de entrada y cámara de retención aliviadero Pilon 1 Roces (Gijón). Fuente: Empresa Municipal de Aguas de Gijón, S.A.U.

- Pantallas deflectoras:



Ilustración 70. Pantalla deflectora y aliviaderos flexibles. Aliviadero N-IV La Motilla. Sevilla. Fuente: EMASESA.

- Tamices:



Ilustración 71. Tamiz vertical de aliviadero de limpieza automática tipo Peine (5 m³/s). Aliviadero Emilio Lemos - Ranilla. Fuente: EMASESA.



Ilustración 72. Evolución del funcionamiento de un tamiz de aliviadero de limpieza automática tipo PAS (con energía y orificios con un diámetro \varnothing nominal de 6 mm) y pantalla deflectora de flotantes, durante un episodio de lluvia e instalados en un sistema de saneamiento unitario. Tras el episodio el tamiz vuelve a estar operativo y limpio. Alemania. Fuente: HidroStank.

- Rejillas:



Ilustración 73. Ejemplo de reja equipada con sonda radar. Fuente: Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia.



Ilustración 74. Funcionamiento de un Tamiz de aliviadero de limpieza automática tipo PEINE con sistema de limpieza lateral. Fuente: HidroStank.

- Rotating:



Ilustración 75. Ejemplo rotating. Fuente: Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia.

- Tornillos:



Ilustración 76. Ejemplo de rototamiz. Fuente: Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia.

- Desbastes con rejas de gran tamaño:



Ilustración 77. Reja en el aliviadero Felipe González. Dos Hermanas (Sevilla). Fuente: EMA-SESA.

- Redes o cestas de retención:



Ilustración 78. Sistema de retención de sólidos gruesos y flotantes mediante cesta inoxidable perforada, con rebose superior para que no entre en carga el sistema de saneamiento (Gis 168: Próximo a la Avda. Tren de los Panaderos). Alcalá de Guadaíra (Sevilla). Fuente: EMASESA.



Ilustración 79. Vertido por desbordamientos del sistema de saneamiento en un episodio de lluvia y retención de sólidos gruesos y flotantes mediante 8 cestas TecnoGrabber®. 17/10/2024. Navarclés (Barcelona). Fuente: Tecnoconverting.

- Otros sistemas de limpieza manual:



Ilustración 80. Sistemas de retención de sólidos gruesos y flotantes en el aliviadero Felipe González. Limpieza manual. Dos Hermanas (Sevilla). Fuente: EMASESA.

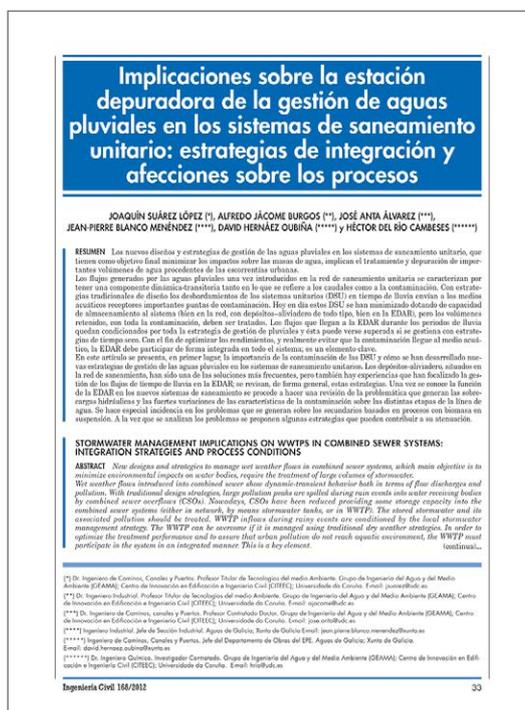
Medidas correctoras en la entrada a la EDAR:

El diseño actual de los aliviaderos considera en general la entrada a la EDAR de hasta $5 \times Q_m$ (siendo Q_m el caudal medio en tiempo seco). Se plantea en este caso la posibilidad de realizar actuaciones en la EDAR para que pueda absorber las puntas de caudal y contaminación en tiempo de lluvia por encima de dicho umbral, mediante:

- Ampliación de la capacidad de entrada.
- Ampliación de la capacidad de tratamiento de la EDAR.

A este respecto, se adjunta información sobre:

- Suárez López, J., Jácome Burgos, A., Anta Álvarez, J., Blanco Menéndez, J.-P., Hernández Oubiña, D., & Del Río Cambeses, H. (2012). Implicaciones sobre la estación depuradora de la gestión de aguas pluviales en los sistemas de saneamiento unitario: estrategias de integración y afecciones sobre los procesos. Revista Digital Del Cedex, (168), 33.



https://hisagua.cedex.es/sites/default/files/hisagua_articulo/Ingcivil/P-033-049.pdf

10.4.3. Elementos de retención de sólidos gruesos y flotantes, y monitorización de los VDSS

Tanto en el art. 259 quater como en los apartados 7 y 8 del anexo XI del RDPH, se hace referencia a la necesidad de dotar a los VDSS de elementos de retención de sólidos gruesos y flotantes, así como de monitorizar la cantidad y calidad de las aguas desbordadas en episodios de lluvias. Para ambas cuestiones no se concreta el número de aliviaderos en los que deben instalarse estos equipos, indicando que se dispondrán en los elementos más representativos, que, en general, serán:

- Grandes Infraestructuras (tanques de tormentas).
- Aliviadero de la EBAR.

- EBAR.
- Aliviaderos en función de:
 - Ubicación.
 - Tamaño del área drenada.
- Aliviadero a la entrada de la EDAR.

Para evitar esta indefinición, se propone lo indicado en la siguiente tabla resumen, a título de recomendación y como exigencias mínimas de tratamiento en función de:

- el Volumen (VDSS);
- la superficie de cuenca urbana de aportación de escorrentía urbana al sistema de saneamiento.

| Tipo de sistema | Tamaño del Sistema | Desbordamientos de Sistemas unitarios | | | | | Desbordamientos de Sistemas Separativos (*) | | | | |
|-----------------|----------------------------|--|--------------------------------------|---|-----------------|--|--|--------------------------------------|---|-----------------|--|
| | | Equipos para la retención de sólidos gruesos y flotantes | | Equipos de monitorización para el control cuantitativo del VDSS | | Equipos de monitorización para el control cualitativo del VDSS | Equipos para la retención de sólidos gruesos y flotantes | | Equipos de monitorización para el control cuantitativo del VDSS | | Equipos de monitorización para el control cualitativo del VDSS |
| | | Instalación de tamices | Instalación de pantallas deflectoras | Número, tiempo y volumen | Número y tiempo | PH, conductividad y turbidez | Instalación de tamices | Instalación de pantallas deflectoras | Número, tiempo y volumen | Número y tiempo | PH, conductividad y turbidez |
| Con PIGSS | ≥ 50.000 h-e | 70% | 30% | 70% | n/a | 70% | 60% | 40% | 60% | n/a | 40% |
| | $10.000 \leq h-e < 50.000$ | 70% | 30% | 70% | n/a | 70% | 60% | 40% | 60% | n/a | 40% |
| | $1.000 \leq h-e < 10.000$ | 50% | 50% | 50% | n/a | 50% | 40% | 60% | 40% | n/a | 20% |
| | < 1.000 h-e | 30% | 70% | 30% | n/a | 30% | n/a | 100% | 20% | n/a | 20% |
| Sin PIGSS | $10.000 \leq h-e < 50.000$ | 50% | 50% | n/a | 50% | 30% | n/a | 100% | n/a | 40% | n/a |
| | $1.000 \leq h-e < 10.000$ | 30% | 70% | n/a | 30% | n/a | n/a | 60% | n/a | 20% | n/a |
| | < 1.000 h-e | n/a | 100% | n/a | n/a | n/a | n/a | 40% | n/a | n/a | n/a |

Tabla 5. Exigencias mínimas de equipamiento (reducción de sólidos gruesos y flotantes; monitorización).

Notas aclaratorias de la tabla:

- 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 $P_{d,80\%}$, 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).**

10.4.4. Diseño de tamicés

Un aspecto esencial en el diseño de los tamicés es su caudal de cálculo o diseño.

Para obtener el cálculo de diseño, se proponen dos metodologías:

1. Caudal obtenido mediante el empleo de hietogramas.

Podrá emplearse para el diseño de los tamicés 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 $P_{d,80\%}$. Consiste en utilizar, como caudal de diseño, el caudal medio de los 10 episodios representativos del cálculo de la $P_{d,80\%}$ en el punto de desbordamiento.

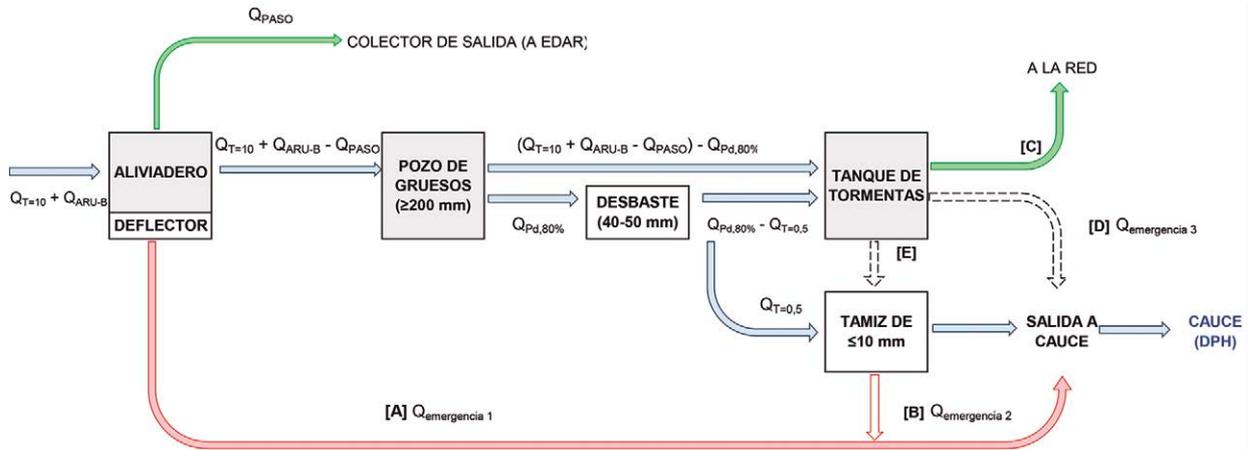
2. Caudal variable en función del volumen desbordado.

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 4). De esta forma, el diseño de los tamicés se adaptará al volumen desbordado en cada punto.

Para el diseño de los tamicés se tendrán en cuenta los condicionantes de diseño incluidos en la tabla 4 (Exigencias mínimas de equipamiento) del punto 10.2.

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. 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.

10.4.5. Ejemplo de esquema funcional de colocación de tamices en un gran aliviadero con tanque de tormenta asociado



| |
|---|
| [A]: Salida de flujo a través de un deflector cuando el aliviadero principal alcanza su capacidad máxima y no puede admitir un mayor volumen de fluido durante un episodio de precipitación. |
| [B]: Alivio cuando el tamiz de 10 mm alcanza su capacidad máxima ($Q_{T=0,5}$), evacuando el sobrante del caudal al cauce receptor. Tiene como objetivo garantizar la operatividad del sistema de drenaje en caso de eventos extraordinarios. |
| [C]: Vaciado del tanque de tormentas a la red de saneamiento, generalmente mediante bombeo. |
| [D]: Aliviadero de emergencia desde el tanque de tormentas al cauce receptor. Se activa cuando la capacidad de almacenamiento del tanque es insuficiente para contener el volumen de agua generado en un episodio de lluvia extrema. |
| [E]: Vaciado de caudal del tanque hacia un proceso de tamizado y posterior vertido al cauce receptor. Se considera que dicho caudal ha recibido un proceso similar a un tratamiento primario gracias al tiempo que ha estado retenido en el tanque de tormentas. Durante este tiempo, es correcto asumir que, se ha producido una decantación y una sedimentación de partículas presentes en el agua. |
| Q_{ARU-B} : Caudal correspondiente al agua residual urbana bruta. |
| $Q_{T=10}$: Caudal asociado a un periodo de retorno de 10 años. |
| Q_{PASO} : Caudal máximo admitido por la capacidad de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR), el cual es tratado y, posteriormente, vertido a una masa de agua receptora. |
| $Q_{Pd,80\%}$: Caudal correspondiente al percentil 80 de la distribución de caudales. |
| $Q_{T=0,5}$: Caudal asociado a un periodo de retorno de 0,5 años. |
| $Q_{emergencia 1}$: Caudal desbordado del aliviadero principal, cuando ha alcanzado su capacidad máxima y no puede admitir un mayor volumen de fluido, vertiendo a DPH. |
| $Q_{emergencia 2}$: Caudal desbordado del tamiz, cuando ha alcanzado su capacidad máxima de retención e impide la circulación normal del flujo, vertiendo a DPH. |
| $Q_{emergencia 3}$: Caudal desbordado del tanque de tormentas, vertiendo a DPH. |

Ilustración 81. Metodología de alivio y tratamiento de aguas residuales y pluviales para un periodo de retorno de 10 años ($T=10$).

El esquema representado ilustra el recorrido de las aguas residuales y pluviales asociadas a un período de retorno de 10 años ($Q_{T=10} + Q_{ARU-B}$) desde su llegada al aliviadero hasta su vertido a una masa de agua receptora (DPH) o su incorporación a la red de saneamiento.

Del caudal total que llega al aliviadero ($Q_{T=10} + Q_{ARU-B}$), el caudal admisible en la Estación Depuradora de Aguas Residuales (Q_{PASO}) es derivado hacia la EDAR para su tratamiento. Todo caudal no desviado, es conducido hacia el pozo de gruesos ($Q_{T=10} + Q_{ARU-B} - Q_{PASO}$). Si existe un episodio de lluvia extraordinario, el sistema está preparado para asumir un desbordamiento en el aliviadero para conducir el excedente del caudal al medio receptor mediante un deflector ($Q_{emergencia 1}$). Esta medida extraordinaria tiene como objetivo evitar desbordamientos incontrolados y garantizar la operatividad del sistema.

En el pozo de gruesos se retienen los sólidos de tamaño igual o superior a 200 mm.

Posteriormente, el flujo del agua residual se dirige al tanque de tormentas, salvo una fracción del caudal correspondiente al percentil 80 ($Q_{Pd,80\%}$), el cual es derivado previamente a una etapa de desbaste. En el desbaste, se retienen sólidos de entre 40 y 50 mm.

A la salida de este proceso, una parte del caudal tratado es dirigida directamente al tanque de tormentas ($Q_{Pd,80\%} - Q_{T=0,5}$). El caudal asociado al periodo de retorno de 0,5 años ($Q_{T=0,5}$), se desvía a un proceso de tamizado. En el tamiz, se produce una retención de los sólidos de tamaño menor o igual a 10 mm. Tras su paso por el tamiz, es vertido directamente al cauce receptor. En un determinado

evento (desbordamiento), el tamiz puede alcanzar su capacidad máxima y no admitir más caudal. En este supuesto, se activará un alivio a la entrada del tamiz, permitiendo el vertido directo al cauce receptor ($Q_{\text{emergencia } 2}$) para evitar obstrucciones en el sistema.

El volumen almacenado en el tanque de tormentas ($Q_{T=10} + Q_{\text{ARU-B}} - Q_{\text{PASO}} + Q_{P_{d,80\%}} - Q_{T=0,5}$) se trata de diferentes maneras según la necesidad de gestión:

- Se reintroduce a la red de saneamiento para su tratamiento en la EDAR.
- Si el tanque de tormentas supera su capacidad de almacenamiento, es posible derivar un caudal determinado al tamiz, y continua el proceso explicado anteriormente.
- Se considera que dicho caudal ha recibido un **tratamiento primario** si cumple 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 (art. 2.g del R.D.L 11/1995). 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 (η_{HID}). 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.).
- Si se produce un episodio de lluvia extremo que requiera disponer de una mayor capacidad del tanque de tormentas, se activará un alivio de emergencia, permitiendo el vertido controlado al cauce receptor ($Q_{\text{emergencia } 3}$).

10.4.6. Ejemplo de diseño de tamices

El diseño de los tamices se realizará una vez se hayan definido las infraestructuras necesarias para el correcto cumplimiento del rendimiento hidráulico (η_{HID}). En este escenario, se calcularán las longitudes de los tamices necesarios en los puntos de desbordamientos a partir de los caudales de diseño obtenidos. Para obtener los estos caudales se empleará alguno de los siguientes procedimientos:

- I. Caudal obtenido mediante el empleo de hietogramas.
- II. Caudal variable en función del volumen desbordado.

I. Caudal obtenido mediante el empleo de hietogramas

Se podrá emplear dos hietogramas distintos, el correspondiente al caudal aliviado para periodo de retorno $T=0,5$ años, o el valor medio de caudal obtenido de los 10 eventos P80% seleccionados anteriormente. En el caso de emplear uno de estos dos procedimientos, el titular de la autorización de vertido propondrá aquellos desbordamientos más representativos para instalar el tamizado. Esta propuesta deberá ser aprobada por el Organismo de cuenca.

- **Lluvia sintética de periodo de retorno 0,5 años:** Introduciendo la lluvia sintética para $T=0,5$ se extraen, para cada punto de desbordamiento, la caudal punta. A continuación, se muestra un ejemplo, basado en el Sistema Ranillas de EMASESA, donde existen 31 puntos de desbordamientos.

| Punto de Desbordamiento | CAUDAL PUNTA (m3/s) T=0.5 | Punto de Desbordamiento | CAUDAL PUNTA (m3/s) T=0.5 |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 1 | 4,45 | 17 | 1,60 |
| 2 | 5,55 | 18 | 5,11 |
| 3 | 0,67 | 19 | 0,88 |
| 4 | 4,14 | 20 | 4,92 |
| 5 | 2,65 | 21 | 4,86 |
| 6 | 0,00 | 22 | 0,65 |
| 7 | 0,17 | 23 | 7,90 |
| 8 | 2,97 | 24 | 3,05 |
| 9 | 2,00 | 25 | 2,71 |
| 10 | 1,54 | 26 | 1,03 |
| 11 | 4,65 | 27 | 0,05 |
| 12 | 0,54 | 28 | 4,48 |
| 13 | 0,07 | 29 | 3,90 |
| 14 | 0,02 | 30 | 0,51 |
| 15 | 1,03 | 31 | 9,46 |
| 16 | 1,59 | | |



- **Eventos Pd,80%:** Introduciendo al menos los 10 eventos seleccionados de la $P_{d,80\%}$, se determinará el caudal punta en cada punto de desbordamiento. Para el cálculo de la longitud del tamiz se empleará el caudal medio alcanzado en los distintos eventos, siendo este el caudal de diseño para las longitudes de tamices.

| Punto Desbordamiento | CAUDAL PUNTA (m3/s) | | | | | | | | | | VALOR MED (m3/s) |
|----------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|
| | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 | |
| 1 | 1,91 | 1,93 | 3,51 | 1,11 | 0,96 | 1,87 | 2,27 | 1,68 | 2,80 | 2,03 | 2,01 |
| 2 | 3,11 | 2,13 | 4,60 | - | 0,45 | 2,25 | 1,69 | 0,35 | 2,05 | 1,00 | 1,76 |
| 3 | 0,34 | 0,38 | 0,67 | 0,05 | 0,14 | 0,43 | 0,24 | 0,11 | 0,32 | 0,19 | 0,29 |
| 4 | 2,95 | 2,40 | 3,74 | 0,50 | 0,65 | 2,39 | 1,83 | 0,42 | 2,30 | 1,48 | 1,87 |
| 5 | 1,48 | 1,42 | 2,46 | 0,71 | 0,56 | 1,58 | 0,92 | 0,64 | 1,17 | 0,95 | 1,19 |
| 6 | - | - | 0,02 | - | - | - | - | - | - | - | 0,00 |
| 7 | 0,17 | 0,16 | 0,17 | 0,07 | 0,04 | 0,16 | 0,07 | 0,07 | 0,09 | 0,07 | 0,11 |
| 8 | 1,30 | 1,34 | 2,42 | - | 0,19 | 1,10 | 1,05 | 0,21 | 1,26 | 0,70 | 0,96 |
| 9 | 0,96 | 0,94 | 1,89 | 0,25 | 0,07 | 1,10 | 0,40 | 0,18 | 0,65 | 0,46 | 0,69 |
| 10 | 1,14 | 1,12 | 1,35 | 0,62 | 0,84 | 1,16 | 1,09 | 0,86 | 1,30 | 0,94 | 1,04 |
| 11 | 3,55 | 3,27 | 4,32 | 0,64 | 3,08 | 3,07 | 3,33 | 2,05 | 3,44 | 2,65 | 2,94 |
| 12 | 0,39 | 0,32 | 0,48 | 0,14 | 0,20 | 0,31 | 0,34 | 0,21 | 0,33 | 0,24 | 0,30 |
| 13 | - | - | 0,03 | - | - | - | - | - | - | - | 0,00 |
| 14 | 0,13 | - | - | - | - | - | - | 0,05 | - | - | 0,02 |
| 15 | 0,87 | 0,87 | 1,02 | 0,68 | 0,74 | 0,90 | 0,82 | 0,73 | 0,85 | 0,78 | 0,83 |
| 16 | 1,00 | 0,98 | 1,30 | 0,39 | 0,42 | 0,88 | 1,43 | 0,86 | 1,88 | 1,19 | 1,03 |
| 17 | 1,01 | 1,00 | 1,31 | 0,40 | 0,43 | 0,89 | 1,44 | 0,87 | 1,89 | 1,20 | 1,04 |
| 18 | 2,62 | 2,21 | 3,92 | 0,47 | 0,48 | 1,92 | 4,56 | 1,80 | 4,79 | 3,70 | 2,65 |
| 19 | 0,22 | 0,18 | 0,72 | - | - | 0,23 | 0,00 | - | 0,08 | 0,02 | 0,14 |
| 20 | 2,34 | 2,80 | 4,61 | 0,09 | 0,58 | 2,63 | 1,72 | 0,67 | 2,25 | 1,84 | 1,95 |
| 21 | 2,33 | 2,40 | 4,10 | 0,38 | 0,95 | 2,55 | 1,85 | 0,91 | 2,16 | 1,46 | 1,91 |
| 22 | 0,40 | 0,42 | 0,62 | 0,16 | 0,19 | 0,46 | 0,26 | 0,15 | 0,33 | 0,27 | 0,33 |
| 23 | 3,69 | 2,85 | 7,16 | - | - | 1,65 | 2,66 | - | 3,61 | - | 2,16 |
| 24 | 1,44 | 1,80 | 2,53 | 0,41 | 0,85 | 1,70 | 1,39 | 0,76 | 1,50 | 0,71 | 1,31 |
| 25 | 1,12 | 0,87 | 2,26 | - | - | 0,62 | 0,58 | - | 0,96 | 0,20 | 0,66 |
| 26 | 0,50 | 0,43 | 0,90 | - | - | 0,46 | 0,13 | - | 0,27 | 0,16 | 0,29 |
| 27 | - | - | 0,01 | - | - | - | - | - | - | - | 0,00 |
| 28 | 2,18 | 2,04 | 3,75 | 0,81 | 0,78 | 2,22 | 1,40 | 0,74 | 1,73 | 1,46 | 1,71 |
| 29 | 3,55 | 3,77 | 3,32 | 2,49 | 2,51 | 3,34 | 4,15 | 3,59 | 4,20 | 3,80 | 3,47 |
| 30 | 0,38 | 0,33 | 0,47 | 0,11 | 0,07 | 0,45 | 0,50 | 0,42 | 0,46 | 0,41 | 0,36 |
| 31 | 6,20 | 5,96 | 6,43 | 4,13 | 3,15 | 6,50 | 8,25 | 5,64 | 8,37 | 6,46 | 6,11 |

II. Caudal variable en función del volumen desbordado

Se trata de no imponer un caudal de diseño para cada desbordamiento de forma aislada. El caudal de diseño seleccionado para cada punto de desbordamiento garantizará que la suma de los volúmenes tamizados en el sistema cumple con los porcentajes indicados en la tabla 4 (Exigencias mínimas de equipamiento), es decir en un 70, 60, 50, 40 o 30 %. De esta forma, el diseño de los tamices se adaptará al volumen desbordado por el sistema.

Si tomamos como ejemplo de nuevo el sistema Ranillas de EMASESA, donde el saneamiento es unitario y la aglomeración urbana tiene un tamaño superior a 50.000 h-e, según la tabla 4 (Exigencias mínimas de equipamiento), se debe tamizar un 70% del volumen desbordado, instalándose deflectoras en el 30% restante.

| Tipo de sistema | Tamaño del Sistema | Desbordamientos de Sistemas unitarios | | | | | Desbordamientos de Sistemas Separativos (*) | | | | |
|-----------------|-----------------------|--|--------------------------------------|---|-----------------|--|--|--------------------------------------|---|-----------------|--|
| | | Equipos para la retención de sólidos gruesos y flotantes | | Equipos de monitorización para el control cuantitativo del VDSS | | Equipos de monitorización para el control cualitativo del VDSS | Equipos para la retención de sólidos gruesos y flotantes | | Equipos de monitorización para el control cuantitativo del VDSS | | Equipos de monitorización para el control cualitativo del VDSS |
| | | Instalación de tamices | Instalación de pantallas deflectoras | Número, tiempo y volumen | Número y tiempo | PH, conductividad y turbidez | Instalación de tamices | Instalación de pantallas deflectoras | Número, tiempo y volumen | Número y tiempo | PH, conductividad y turbidez |
| Con PIGSS | ≥ 50.000 h-e | 70% | 30% | 70% | n/a | 70% | 60% | 40% | 60% | n/a | 40% |
| | 10.000 ≤ h-e < 50.000 | 70% | 30% | 70% | n/a | 70% | 60% | 40% | 60% | n/a | 40% |
| | 1.000 ≤ h-e < 10.000 | 50% | 50% | 50% | n/a | 50% | 40% | 60% | 40% | n/a | 20% |
| | < 1.000 h-e | 30% | 70% | 30% | n/a | 30% | n/a | 100% | 20% | n/a | 20% |
| Sin PIGSS | 10.000 ≤ h-e < 50.000 | 50% | 50% | n/a | 50% | 30% | n/a | 100% | n/a | 40% | n/a |
| | 1.000 ≤ h-e < 10.000 | 30% | 70% | n/a | 30% | n/a | n/a | 60% | n/a | 20% | n/a |
| | < 1.000 h-e | n/a | 100% | n/a | n/a | n/a | n/a | 40% | n/a | n/a | n/a |

Para determinar los puntos donde se instalarán los tamices el procedimiento a seguir será el siguiente:

1. Partiendo del modelo hidrodinámico del sistema, con las soluciones planteadas para el cumplimiento del rendimiento hidráulico (η_{HD}), obtenemos los volúmenes desbordados en cada VDSS y para los 10 eventos seleccionados.
2. Obtenemos el volumen medio desbordado de cada VDSS para los 10 eventos.
3. Calculamos los porcentajes de volumen desbordado de cada VDSS con respecto al del sistema.
4. Seleccionamos aquellos desbordamientos cuya sumatoria de volúmenes máximos sea mayor o igual al 70% del volumen total del sistema.

Este procedimiento se muestra, a modo de ejemplo en la siguiente tabla, donde puede observarse que se instalarán tamices en los DSU números 1,8,10,11, 29 y 31:

| Punto Desbordami | VOLUMEN DESBORDADO (m³) | | | | | | | | | | VOLUMEN medio (m³) | TAMICES | DEFLECTORA | |
|------------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|---------|------------|-----|
| | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 | | | | |
| 1 | 10.668,1 | 9.729,0 | 11.669,4 | 14.402,0 | 20.447,7 | 26.751,7 | 42.690,7 | 29.751,2 | 17.021,2 | 14.814,7 | 19.794,55 | 6% | 6% | |
| 2 | 8.111,8 | 4.297,5 | 10.265,8 | 0,0 | 694,9 | 5.771,5 | 8.107,4 | 613,9 | 4.463,6 | 1.595,9 | 4.392,22 | 1% | | 1% |
| 3 | 1.037,8 | 899,1 | 1.114,3 | 87,4 | 373,8 | 972,6 | 2.325,9 | 531,1 | 1.132,0 | 370,2 | 884,41 | 0% | | 0% |
| 4 | 9.133,6 | 5.362,3 | 11.883,2 | 531,5 | 1.243,9 | 7.566,8 | 10.418,4 | 1.685,4 | 6.573,9 | 2.291,8 | 5.669,09 | 2% | | 2% |
| 5 | 4.867,2 | 6.284,2 | 6.522,4 | 6.353,5 | 8.860,0 | 9.792,4 | 14.480,9 | 10.093,3 | 7.529,4 | 5.652,5 | 8.043,58 | 2% | | 2% |
| 6 | - | - | 7,4 | - | - | - | - | - | - | - | 0,74 | 0% | | 0% |
| 7 | 313,6 | 280,7 | 558,0 | 62,7 | 60,8 | 400,0 | 307,1 | 87,8 | 231,9 | 84,9 | 238,77 | 0% | | 0% |
| 8 | 3.712,8 | 2.316,8 | 5.202,6 | - | 224,1 | 2.427,7 | 4.869,6 | 522,7 | 2.691,4 | 995,2 | 2.296,29 | 1% | 1% | |
| 9 | 1.722,9 | 1.003,2 | 2.861,6 | 165,3 | 93,9 | 1.803,4 | 999,3 | 143,8 | 1.029,2 | 446,6 | 1.029,2 | 0% | | 0% |
| 10 | 10.021,4 | 14.520,9 | 10.956,4 | 24.810,4 | 30.255,1 | 28.838,2 | 42.012,7 | 35.659,2 | 19.150,5 | 18.689,5 | 23.491,42 | 7% | | 7% |
| 11 | 14.858,2 | 13.747,0 | 14.784,4 | 2.614,0 | 10.728,5 | 15.827,1 | 45.434,6 | 16.868,6 | 17.981,8 | 10.325,8 | 16.317,00 | 5% | | 5% |
| 12 | 4.050,6 | 3.118,7 | 4.418,0 | 609,7 | 1.414,9 | 3.971,6 | 7.697,5 | 2.426,9 | 3.986,3 | 1.550,5 | 3.324,47 | 1% | | 1% |
| 13 | - | - | 13,7 | - | - | - | - | - | - | - | 1,37 | 0% | | 0% |
| 14 | 74,5 | - | - | - | - | - | - | 15,8 | - | - | 9,04 | 0% | | 0% |
| 15 | 6.020,7 | 6.666,1 | 5.426,0 | 3.876,6 | 6.318,0 | 9.042,2 | 19.921,1 | 9.134,5 | 9.908,8 | 5.098,0 | 8.141,20 | 2% | | 2% |
| 16 | 5.206,9 | 4.980,8 | 4.846,2 | 7.507,7 | 11.329,8 | 10.877,0 | 22.338,3 | 14.369,8 | 7.726,9 | 8.155,1 | 9.733,86 | 3% | | 3% |
| 17 | 5.373,9 | 5.133,6 | 4.978,9 | 7.981,7 | 11.959,0 | 11.415,3 | 22.995,4 | 14.958,7 | 7.926,7 | 8.451,4 | 10.117,46 | 3% | | 3% |
| 18 | 10.810,6 | 9.197,0 | 11.923,9 | 4.946,8 | 7.755,4 | 11.190,1 | 32.639,6 | 18.524,3 | 14.330,3 | 11.813,3 | 13.313,12 | 4% | | 4% |
| 19 | 269,3 | 126,1 | 798,8 | - | 217,0 | 0,0 | - | 55,6 | 6,6 | - | 147,35 | 0% | | 0% |
| 20 | 5.129,2 | 4.008,9 | 5.818,7 | 51,3 | 798,1 | 2.819,5 | 11.667,6 | 3.214,5 | 4.982,1 | 2.669,8 | 4.115,99 | 1% | | 1% |
| 21 | 8.578,9 | 8.357,3 | 9.063,4 | 4.331,5 | 7.558,8 | 11.330,9 | 25.627,3 | 12.628,9 | 10.382,5 | 8.378,6 | 10.623,81 | 3% | | 3% |
| 22 | 1.435,7 | 1.398,6 | 1.413,1 | 498,9 | 1.090,2 | 1.795,1 | 4.011,9 | 1.536,9 | 1.980,6 | 932,9 | 1.609,39 | 0% | | 0% |
| 23 | 6.615,4 | 3.297,2 | 9.240,0 | - | 1.591,7 | 5.939,4 | - | 4.933,1 | - | - | 3.161,68 | 1% | | 1% |
| 24 | 6.826,9 | 7.031,1 | 6.868,4 | 3.608,5 | 6.476,5 | 8.978,5 | 21.617,6 | 8.977,3 | 9.739,9 | 5.677,2 | 8.580,18 | 3% | | 3% |
| 25 | 2.132,9 | 1.037,4 | 4.316,9 | - | - | 688,9 | 1.089,5 | - | 1.373,0 | 100,6 | 1.073,91 | 0% | | 0% |
| 26 | 784,2 | 412,0 | 1.496,8 | - | - | 632,6 | 165,5 | - | 312,3 | 97,7 | 390,10 | 0% | | 0% |
| 27 | - | - | 1,8 | - | - | - | - | - | - | - | 0,18 | 0% | | 0% |
| 28 | 6.442,5 | 5.062,6 | 7.542,1 | 1.572,2 | 3.412,4 | 7.117,0 | 13.573,7 | 4.988,6 | 7.115,8 | 3.164,5 | 5.999,14 | 2% | | 2% |
| 29 | 26.365,7 | 36.909,9 | 22.300,8 | 87.623,2 | 129.529,0 | 120.054,0 | 148.258,8 | 120.441,6 | 58.923,7 | 60.364,9 | 81.077,17 | 24% | | 24% |
| 30 | 1.951,4 | 1.687,7 | 1.801,3 | 97,7 | 1.063,8 | 147,1 | 6.330,5 | 3.859,4 | 1.487,5 | 1.675,6 | 2.010,20 | 1% | | 1% |
| 31 | 41.311,2 | 41.600,8 | 41.647,3 | 82.727,1 | 127.720,3 | 131.699,3 | 185.554,9 | 131.957,2 | 77.463,0 | 63.398,8 | 92.508,00 | 27% | | 27% |
| Total general | 203.828,30 | 198.466,58 | 219.741,82 | 254.459,73 | 388.492,23 | 434.636,03 | 701.074,83 | 442.991,40 | 300.432,66 | 236.802,65 | 338.092,62 | 100% | 70% | 30% |

El caudal de diseño para dimensionar los tamices será el máximo caudal de los caudales punta de cada uno de los 10 eventos modelizados. A continuación, se muestran los resultados para el ejemplo del sistema Ranillas:

| Punto Desbordamiento | CAUDAL PUNTA (m3/s) | | | | | | | | | | VALOR MAX (m3/s) |
|-------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|
| | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 | |
| 1 | 1,91 | 1,93 | 3,51 | 1,11 | 0,96 | 1,87 | 2,27 | 1,68 | 2,80 | 2,03 | 3,51 |
| 8 | 1,30 | 1,34 | 2,42 | - | 0,19 | 1,10 | 1,05 | 0,21 | 1,26 | 0,70 | 2,42 |
| 10 | 1,14 | 1,12 | 1,35 | 0,62 | 0,84 | 1,16 | 1,09 | 0,86 | 1,30 | 0,94 | 1,35 |
| 11 | 3,55 | 3,27 | 4,32 | 0,64 | 3,08 | 3,07 | 3,33 | 2,05 | 3,44 | 2,65 | 4,32 |
| 29 | 3,55 | 3,77 | 3,32 | 2,49 | 2,51 | 3,34 | 4,15 | 3,59 | 4,20 | 3,80 | 4,20 |
| 31 | 6,20 | 5,96 | 6,43 | 4,13 | 3,15 | 6,50 | 8,25 | 5,64 | 8,37 | 6,46 | 8,37 |

10.4.7. Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)

Los **Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)** se definen, según el Anexo I de la Orden AAA/2056/2014, de 27 de octubre como «*elementos superficiales, permeables, preferiblemente vegetados, integrantes de la estructura urbana-hidrológica-paisajística y previos 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*».

Los **objetivos principales** de los SUDS son:

- Crear **ciudades más respetuosas con el ciclo natural del agua** al restaurar la situación previa a su proceso urbanizador, reduciendo su impermeabilización, creando espacios vegetados y ciudades con un mayor grado de naturalización, biodiversidad y más permeables al agua de lluvia.

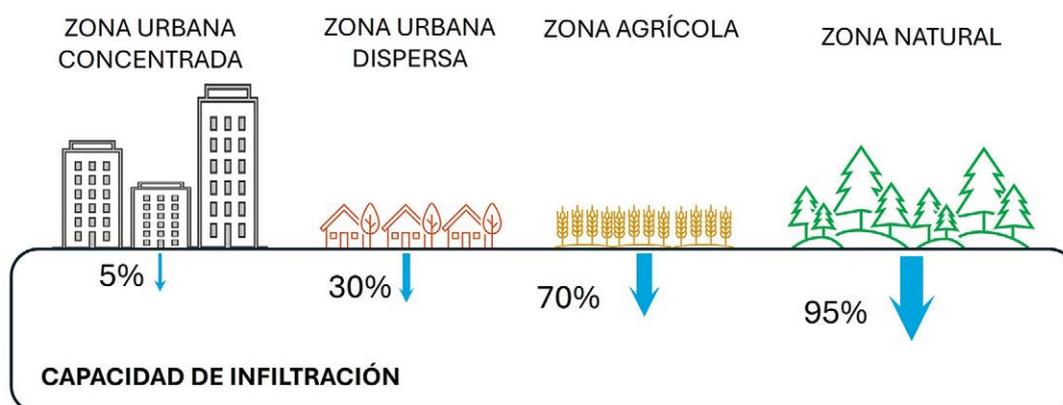


Ilustración 82. Influencia de usos del suelo en la capacidad de infiltración. Fuente: elaboración propia.

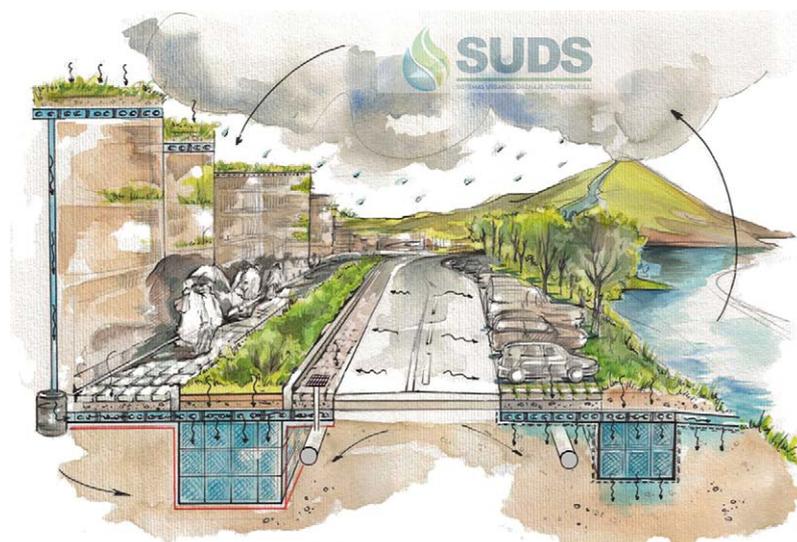


Ilustración 83. Ciudad esponja. Fuente: SUDS S.L - Atlantis.

Los beneficios de una ciudad esponja son diversos:

- Reducción de inundaciones.
 - Mejora de la calidad del agua al filtrar contaminantes.
 - Mayor biodiversidad y espacios verdes.
 - Adaptación al cambio climático al ayudar a gestionar lluvias extremas y sequías.
 - Mejora de la calidad de vida al reducir el calor urbano y crear entornos más agradables.
- **Captar el agua pluvial en origen**, es decir, lo más cerca posible de donde precipita mediante el uso de, entre otros, materiales filtrantes (superficies porosas, capas granulares, geotextiles, celdas drenantes), preservando así su calidad.
- **Reducir en volumen la escorrentía pluvial urbana**, que es el agua de lluvia no percolada por el terreno (superficie urbana). Las aguas captadas y tratadas (reduciendo su contaminación) por los SUDS pueden ser aprovechadas (riego, etc.), infiltradas al terreno (depósitos de infiltración) recargando el freático o derivadas al dominio público (DPH/DPMT), etc.
- **Reducir la carga contaminante de la escorrentía pluvial urbana**, provocada por la actividad ciudadana, mediante un filtrado con suelos, capas granulares y geotextiles, entre otros.



Ilustración 84. Área de biorretención (SUDS A1) en el Campus de Tudela de la Universidad Pública de Navarra (UPNA). Fuente: Universidad Politécnica de Navarra (UPNA) (Tudela) y Navarra de Infraestructuras Locales S.A (NILSA). Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC LIFE 16 IPC/ES/000001.

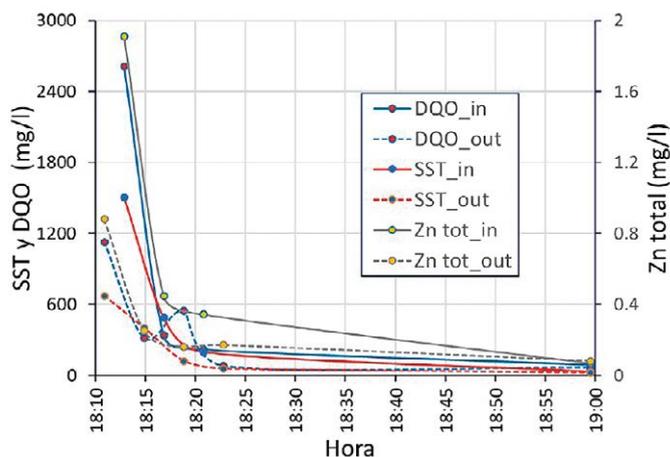
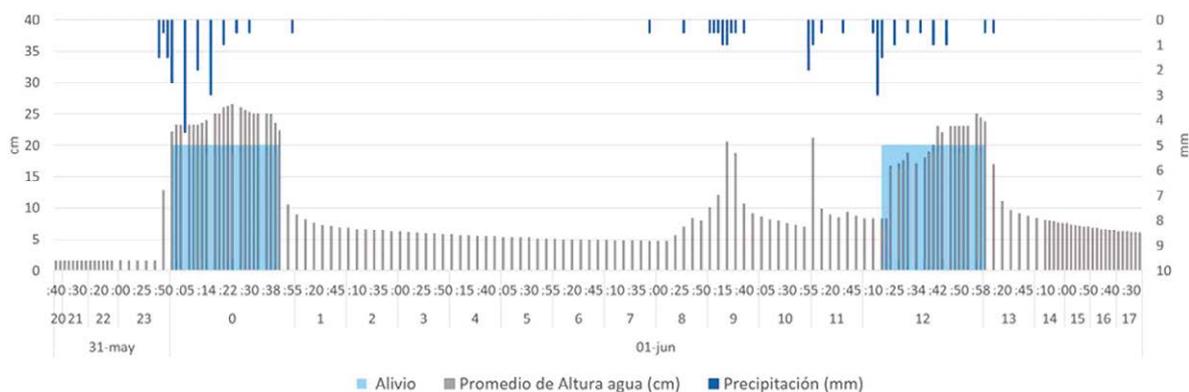


Ilustración 85. Representación de las concentraciones de DQO, SST (sólidos en suspensión totales) y Zn en la escorrentía a la entrada (in) y a la salida (out) del SUDS A1 ubicado en el Campus de Tudela de la Universidad Pública de Navarra (UPNA), tras un vertido experimental. Fuente Libro de Actas de las VII Jornadas de Ingeniería del Agua: (JIA 2023) (<https://repositorio.upct.es/handle/10317/13723>, págs. 650-661). Proyecto de Investigación 0011-1365-2021-000081 financiado por el Gobierno de Navarra y la European Regional Development Fund. Universidad Politécnica de Navarra (UPNA) (Tudela) y Navarra de Infraestructuras Locales S.A (NILSA).



| Proyecto LIFE16 IPC/ES/000001 - LIFE-IP NAdapta-CC. | MUESTRA ENTRADA DE LA ESCORRENTÍA PLUVIAL HACIA EL SUDS A ₁ : Parterre inundable (Área de biorretención) | MUESTRA SALIDA DEL AGUA DEL SUDS A ₁ : Parterre inundable (Área de biorretención) | % de eliminación |
|---|---|--|------------------|
| SS (mg/l) | 1.490 | 51 | 97% |
| Zinc (total) (mg/l) | 0,9 | 0,042 | 95% |
| Cromo (total) (mg/l) | 0,029 | <0,0050 | 83% |
| Cobre (total) (mg/l) | 0,057 | 0,0030 | 95% |
| Plomo (total) (mg/l) | 0,028 | 0,0015 | 95% |
| Cadmio (total) (mg/l) | 0,00026 | <0,00002 | 92% |
| Niquel (total) (mg/l) | 0,026 | 0,0016 | 94% |
| DQO | 40 | 10 | 75% |

Ilustración 86. Representación gráfica del caudal de salida del SUDS A1 (Campus de Tudela de la UPNA) al A2 (tren de tratamiento) en el episodio de lluvia del día 01/06/2021; y resultados del análisis de la reducción de contaminación en la escorrentía de un aparcamiento, tras haber sido tratada en el SUDS A1. Proyecto de Investigación 0011-1365-2021-000081 financiado por el Gobierno de Navarra y la European Regional Development Fund. Fuente: Universidad Politécnica de Navarra (UPNA) (Tudela) y Navarra de Infraestructuras Locales S.A (NILSA).

https://lifenadapta.navarra.es/documents/2696321/0/Deliverable_DC23_1_NAdapta.pdf/d289c307-bbf6-8d68-3f7a-da0eeea034fb

- Contribuir a conseguir una **economía circular en el ciclo urbano del agua**. Al considerar el agua de lluvia como un recurso natural valorizable se capta y gestiona preservando y/o restaurando su calidad, permitiendo así usos posteriores (riego, baldeo, recarga de inodoros, recarga del freático), de ocio y deportivos, incluso paisajísticos (láminas de agua, fuentes ornamentales, cuerpos de agua, humedales) o su vertido a cauce (DPH/DPMT).
- La **implementación de SUDS tiene un impacto directo y positivo sobre las redes de saneamiento urbano**, especialmente en contextos donde las infraestructuras convencionales enfrentan problemas de capacidad, envejecimiento o sobrecarga. Los efectos positivos en el sistema de saneamiento tras la implantación de SUDS serían, entre otros:
 - **Disminución de la sobrecarga hidráulica en las redes de saneamiento:** Al reducirse el caudal punta y, el volumen total de agua que ingresa en las alcantarillas, se disminuye el riesgo de sobrecarga en los sistemas existentes.
 - **Disminución de la contaminación circulante en el alcantarillado:** Al reducir la resuspensión de los contaminantes ya existentes.
 - **Mejora en el rendimiento de la EDAR:** Al disminuir la aportación de escorrentía pluvial al sistema de saneamiento se mejora el rendimiento de la EDAR asociada al mismo, reduciendo su gasto energético y contribuyendo a la descarbonización del ciclo urbano del agua.
 - **Disminución de los vertidos por desbordamientos (VDSS) en sistemas de saneamiento unitarios:** La implementación de SUDS reduce la frecuencia y el volumen de los vertidos de aguas residuales a cauces naturales.

Como **principales tipologías de SUDS** considerando su función principal, pueden considerarse los siguientes, entre otros:

| 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 |
| | Depósitos reticulares | | S | | | P |
| | Humedales artificiales y estanques | | S | P | | |

Ilustración 87. Funciones principales (P) y secundarias (S) de cada tipo de SUDS. Fuente: «Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València». Junio 2021.

Independientemente del SUDS a instalar, son necesarias algunas **reflexiones en relación con su implantación:**

- **Ubicarlos, preferentemente, aguas arriba de la red de alcantarillado:**
 - Puesto que, «En general, es mucho más económico prevenir la generación de la escorrentía que tratarla posteriormente» (Monografías. Gestión de aguas pluviales. Implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano. M-98. Ministerio de Fomento.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. CEDEX. Jerónimo Puertas Agudo. Joaquín Suárez López. José Anta Álvarez).

- De esa manera se evita la contaminación de la escorrentía pluvial: Recordemos que la escorrentía pluvial arrastra los contaminantes que encuentra a su paso, degradándose. Instalando SUDS aguas arriba de la red de alcantarillado se reduce su velocidad y contaminación al no permitir su desplazamiento sobre las superficies impermeables y, en consecuencia, evitando su degradación al actuar en el origen del problema.
- **Las cajas o celdas drenantes** no son SUDS, **son elementos complementarios a los SUDS**, donde la escorrentía pluvial, previamente filtrada y gestionada en un SUDS, es decir, ya sin contaminantes (sin cigarrillos, sólidos flotantes, etc.), se acumula en cajas o celdas para un uso posterior, bien la retención y aprovechamiento, bien la infiltración, etc. En consecuencia, resultaría innecesario el uso de toberas para la limpieza de los depósitos, puesto que no deberían existir contaminantes o se pondría en peligro la calidad de las masas de agua subterráneas en el caso de que la función del depósito fuese la infiltración. No obstante, podría ser necesaria la visualización de su interior mediante cámara para el control de su buen funcionamiento (rotura del geotextil por raíces cercanas, colmatación de partículas no contaminantes, etc.), o el acceso para retirar sedimentos no contaminantes que reducen la permeabilidad de la base o reducen el volumen disponible de almacenamiento.



Ilustración 88. La escorrentía pluvial, previamente gestionada y filtrada en un SUDS, en este caso, un Parterre inundable (Área de biorretención), puede ser almacenada en un depósito construido con celdas o cajas drenantes. Fuente: SUDS S.L - Atlantis.

- **En espacios urbanos consolidados también pueden instalarse SUDS:** A lo largo de este documento se adjuntan ejemplos en espacios urbanos consolidados donde, a priori, parecía imposible su instalación.



Ilustración 89. Instalación de pavimento permeable (SUDS) en un entorno urbano consolidado. Barrio Corell en Almassora (Castellón). Año 2022. Fuente: Eiffage Construcción.

- Los SUDS necesitan **mantenimiento**, lo que supone una implicación de las áreas verdes y de otros servicios de conservación de los Ayuntamientos, además de controlar la posible obstrucción del material de filtración.

A continuación, se describen algunas **tipologías de SUDS**:

- **Cubiertas vegetadas (o cubiertas verdes)**: Superficies cubiertas de vegetación en edificios o aparcamientos, etc., que retienen el agua de lluvia de manera que se reduce la escorrentía y disminuye el caudal pico.



Ilustración 90. Cubierta vegetada (SUDS) en el Colegio de Educación Primaria (CEP) Gozalbes Vera. Xàtiva (Valencia). Año 2013. Fuente: Green Blue Management S.L. (Grupo TYPSA).

- **Pavimentos permeables**: Consisten en la instalación de suelos/pavimentos permeables con una subbase adecuada, que dejan pasar el agua a su través, permitiendo la captación de la escorrentía pluvial y su infiltración al terreno, o su acumulación en la subbase para un posterior aprovechamiento o bien, su evacuación hacia el DPH/DPMT.

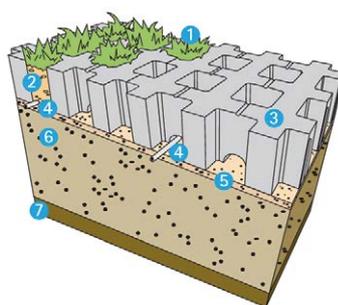
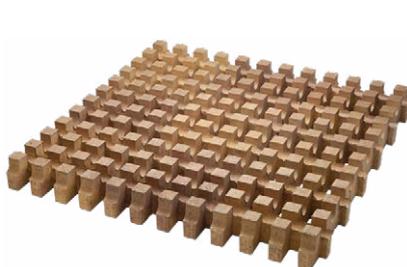


Ilustración 91. Pavimentos permeables (o drenantes). Pieza que crea una superficie de césped a la vez que soporta las cargas de vehículos. Fuente: Breinco.

- **Parterres inundables (jardines de lluvia y áreas de biorretención)**: Son áreas deprimidas y ajardinadas que permiten almacenar la escorrentía procedente de superficies impermeables adyacentes. Las aguas se filtran a través del sustrato (medio filtrante), que a su vez sirve de soporte para el crecimiento de la vegetación. Los parterres inundables se pueden clasificar según la procedencia de las lluvias que gestionan y el espesor de su medio filtrante, en:
 - **Jardines de lluvia**: gestionan escorrentías poco contaminadas, procedentes de zonas peatonales o cubiertas, y presentan un medio filtrante de bajo espesor (0,3-0,5 m).



Ilustración 92. SUDS: Parterre inundable en un entorno urbano consolidado. La escorrentía pluvial entra por superficie a la zona verde deprimida y, sólo ante grandes eventos de lluvia, rebosa a los imbornales del sistema de saneamiento. Barrio del Cabanyal (Valencia). Año 2024. Fuente: «Ciclo Integral del Agua» del «Ayuntamiento de Valencia».

- **Áreas de biorretención:** reciben escorrentías contaminadas, procedentes de zonas con tráfico rodado, que requieren un alto nivel de tratamiento y, para ello, presentan un mayor espesor de medio filtrante (0,8-1 m).

En el entorno de los pasos peatonales se suelen instalar parterres inundables (área de biorretención) donde, además de reducir la escorrentía pluvial en vías urbanas, destaca la naturalización de pasos peatonales y se crean zonas de mejor visibilidad para los transeúntes y conductores, mejorando la seguridad vial.



Ilustración 93. Paso peatonal permeable. Instalado en la calle Virgen del Rio (Pamplona). Año 2020. Fuente: HidroStank.

- **Drenos filtrantes:** Consisten en zanjas de poca profundidad rellenas de un material filtrante con un dren perforado en la capa inferior. La escorrentía suele llegar a la zanja por los laterales, y en ella se filtra y almacena temporalmente, laminando de este modo los caudales pico. Como material de relleno suelen emplearse gravas o cajas reticulares de polipropileno. Además, es recomendable incluir un geotextil superficial independiente a poca profundidad que retenga los sedimentos y facilite su mantenimiento.

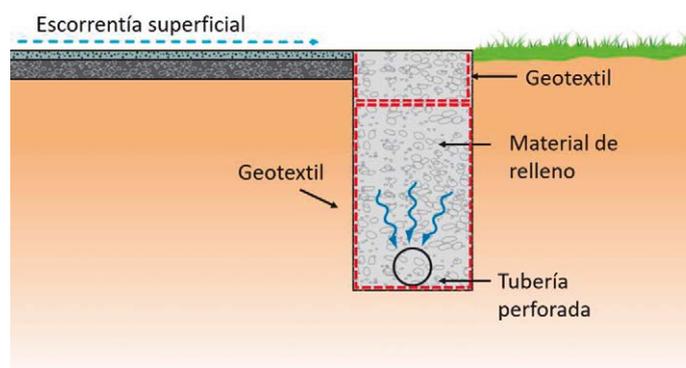


Ilustración 94. Esquema de un dren filtrante. Fuente: Adaptado de NHBC Foundation (2010). «Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València». Junio 2021.

- **Zanjas y pozos de infiltración:** Consisten en excavaciones en el terreno que se rellenan de materiales con un alto porcentaje de huecos, ya sean granulares o sintéticos. Este volumen subsuperficial sirve de almacenamiento temporal previo a la infiltración de las escorrentías. Atendiendo a la forma pueden clasificarse en:
 - Zanjas de infiltración: son excavaciones lineales y poco profundas, que pueden ser recubiertas de vegetación o gravas.
 - Pozos de infiltración: son perforaciones verticales de mayor profundidad. Las paredes pueden ir revestidas (mediante anillos de hormigón) o sin revestir.



Ilustración 95. Zanja de infiltración en el aparcamiento de una nave logística en Riba-roja de Túria (Valencia). Año 2018. Fuente: Green Blue Management S.L. (Grupo TYPSA).

- **Cunetas vegetadas:** Son canales anchos, de poca profundidad, y cubiertos de vegetación que reciben escorrentías procedentes de zonas impermeables adyacentes. Además de permitir el transporte de estas escorrentías, la vegetación favorece la eliminación de contaminantes a través de la sedimentación y la filtración. También pueden permitir la infiltración al terreno si ello resulta aconsejable. Suelen emplearse en viales, caminos y otras superficies alargadas, ya que la escorrentía entra lateralmente en las mismas. Generalmente son de sección trapezoidal o parabólica. En ocasiones, cuando la pendiente es pronunciada, pueden incluirse represas que optimicen el almacenamiento temporal y favorezcan la infiltración.



Ilustración 96. Esquema de una cuneta vegetada. Fuente: Adaptado de New Jersey Department of Environmental Protection Division of Watershed Management (2021). «Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València». Junio 2021.

- Alcorques estructurales:

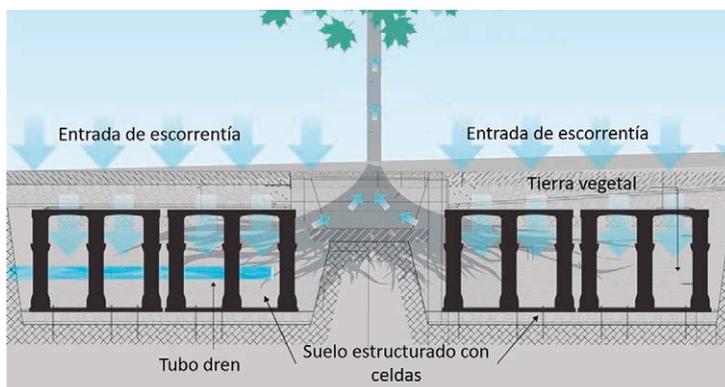


Ilustración 97. Esquema de un alcorque estructural. Fuente: Adaptado de The North Carolina Department of Environmental Quality (NCDEQ) (2020). «Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València». Junio 2021.

- Balsas de detención y/o infiltración:

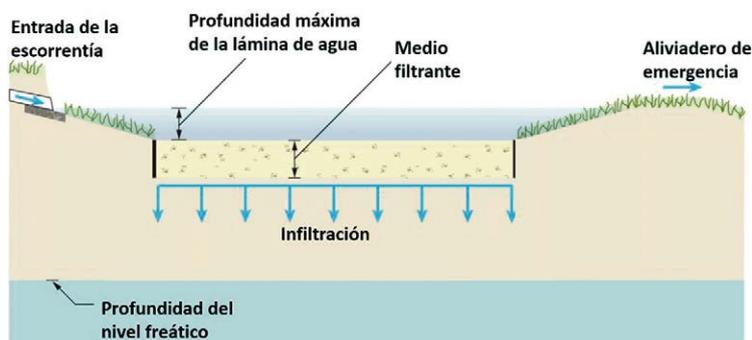


Ilustración 98. Esquema de una balsa de infiltración. Fuente: Adaptado de New Jersey Department of Environmental Protection Division of Watershed Management (2021). «Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València». Junio 2021.

- **Almacenamiento:** El agua puede ser almacenada en diferentes tipos de infraestructuras, para su uso posterior. Los elementos más comunes utilizados para implementar esta estrategia son: **aljibes, estanques y balsas de retención, depósitos superficiales o subterráneos, humedales artificiales, cubiertas aljibe, o las áreas bajo el pavimento permeable.**



Ilustración 99. Estanque de retención en Parque del Anillo de los Juegos Mediterráneos. Tarragona. Año 2018 (izquierda) y 2024 (derecha). Fuente: Green Blue Management S.L. (Grupo TYPSA).

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico ha editado una guía para el diseño de SUDS denominada «GUÍAS DE ADAPTACIÓN AL RIESGO DE INUNDACIÓN: SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE». Se puede consultar en los siguientes enlaces:

- [Acceso a la información de SUDS del MITECO](#)
- [guia-adaptacion-riesgo-inundacion-sistemas-urbano-drenaje-sostenible_tcm³0-503726.pdf](#)

A continuación, se indican diversas Guía de SUDS en España:

| Ciudad | Título del documento | Enlace de descarga |
|-----------------------------------|--|---|
| Azuqueca de Henares (Guadalajara) | Guía básica de diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) para el término municipal de Azuqueca de Henares. | https://www.azuqueca.es/documents/37218/2811489/WT9416-GuiaSUDS_AH-D04.pdf/de3a62d8-4d26-f125-39fe-47a399c008ad?t=1700465753272 |
| Barcelona | Guia Tècnica Per Al Disseny De Sistemes De Drenatge Urbà Sostenible Suds. | https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/PlecPrescripcionsTecniquesDrenatge_Guia.pdf |
| Castellón de la Plana | Guía Básica De Diseño De Sistemas Urbanos De Drenaje Sostenible Para El Término Municipal De Castelló De La Plana. | https://www.castello.es/documents/35637/3799404/Gu%C3%ADa+b%C3%A1sica+de+dise%C3%B1o+de+sistemas+urbanos+de+drenaje+sostenible+para+el+t%C3%A9rmino+municipal+de+Castell%C3%B3+de+la+Plana.pdf/5a10717f-f89c-a0ab-8c31-1eb7c1b02803?t=1683879945555 |
| Madrid | Guía Básica de Diseño de Sistemas de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales en Zonas Verdes y otros Espacios Libres de Aguas Pluviales en Zonas Verdes y otros Espacios Libres. | https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Agua/TODOSOBREAGUA(Informaci%C3%B3nSobreAgua)/SistemaUrbanosDrenajeSostenible/Gu%C3%A1s+de+dise%C3%B1o+de+sistemas+urbanos+de+drenaje+sostenible+para+el+t%C3%A9rmino+municipal+de+Castell%C3%B3+de+la+Plana.pdf/5a10717f-f89c-a0ab-8c31-1eb7c1b02803?t=1683879945555 |
| Murcia | Guía básica de diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en el Término Municipal de Murcia. | https://www.apirm.es/wp-content/uploads/2024/07/Guia-B%C3%A1sica-de-dise%C3%B1o-de-Sistemas-Urbanos-de-Drenaje-Sostenible-del-municipio-de-Murcia.pdf |
| Navarra | Diseño De Sistemas Urbanos De Drenaje Sostenible (SUDS) En Navarra. | https://www.nilsa.com/fls/dwn/saneamiento-y-depuracion/2023-julio-guia-drenaje-nilsa.pdf |
| Valencia | Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València. | https://www.ciclointegraldelagua.com/files/normativa/Guia_Basica_para_el_Diseño_de_Sistemas_Urbanos_de_Drenaje_Sostenible_en_la_Ciudad_de_Valencia_V02.pdf |

10.4.8. 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.



Ilustración 100. Campaña «Nuestro río empieza aquí», para sensibilizar sobre el buen uso de la red de saneamiento. Fuente: Ayuntamiento de Leganés (Madrid).

10.4.9. 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.



Ilustración 101. Retirada de toallitas higiénicas que provocan atascos en el sistema de saneamiento (acción correctiva). 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.



Ilustración 102. Arrastres de desechos en las márgenes de los ríos. Fuente: Proyecto RI-MAAS. 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.



Ilustración 103. Campañas de concienciación ciudadana. Fuente: Canal de Isabel II SA, MP.

10.5. Gestión de residuos

La gestión de los residuos tras los desbastes y tamizados en los desbordamientos puede realizarse de forma centralizada o localizada.

10.5.1. Gestión centralizada

Consiste en devolver el residuo de los desbastes y tamizados a los colectores de saneamiento, de forma que estos residuos sean gestionados en las plantas depuradoras (EDAR). Este sistema puede tener dos variantes, la devolución del residuo triturado o en su estado original.

La ventaja de la solución centralizada es la unificación de toda la gestión de los residuos en las plantas depuradoras, pero conlleva el posible riesgo de atasco de la red antes de que los residuos lleguen a la EDAR. En el caso de triturar los sólidos y flotantes este riesgo se minimiza, pero por el contrario se aumentan los costes de explotación y mantenimiento, al disponer de nuevos equipos electromecánicos, las trituradoras.

Sin embargo, en algunos sistemas de saneamiento, se ha probado que los sólidos gruesos y flotantes continúen por el colector hasta un punto centralizado de recogida.



Ilustración 104. Arquetas que reconducen los sólidos gruesos y flotantes al colector en el entorno de los PVDSS, para la centralización de la recogida de los residuos en la EDAR o en puntos centralizados. Proyecto de acondicionamiento y mejora de la red de saneamiento en el Parque de Infanta Elena y calles Demófilo, Avda. de las Ciencias y Avda. de Emilio Lemos. Sevilla. Fuente: EMASESA.

10.5.2. Gestión localizada

Cosiste en extraer los residuos en los propios puntos de tamizado, para ello se suelen disponer de arquetas, silos o contenedores donde se almacenan los residuos durante los episodios de desbordamientos para, posteriormente, ser extraídos y gestionados. La gran ventaja de este sistema es la minimización de los atascos en la red por los sólidos gruesos y flotantes, pero por el contrario aumentan los costes de gestión. Si el sistema de tamizado se ubica en lugares muy concurridos, es posible que este tipo de gestión se descarte atendiendo al impacto visual que pudieran generar.



Ilustración 105. Tamiz en espiral instalado en el aliviadero Río Seco del sistema de saneamiento de Castellón. Malla de paso de 10 mm, 2,10 m de largo y 0,5 m de diámetro. El tornillo sin fin dispone de unas escobillas que retiran los sólidos de la malla de paso y los conduce a otra arqueta independiente. En dicha arqueta se retiran los sólidos mediante camión cuba. Cortesía del Ayuntamiento de Castellón.

No obstante, a veces se llevan a cabo campañas de concienciación ciudadana, optando por mostrar los sólidos gruesos y flotantes que son tirados al alcantarillado y recogidos de una manera localizada.

10.6. Análisis coste-eficacia de actuaciones y costes desproporcionados

10.6.1. Análisis coste-eficacia/coste-beneficio

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.

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.

10.6.2. 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.

ANEXOS

RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN
DE PLANES INTEGRALES DE GESTIÓN
DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO

REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO
R.D. 849/1986 R.D. – 665/2023

Anexo I



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

ANEXO

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento



Metodología para simular y calibrar una red de alcantarillado en términos de cantidad (control volumétrico)

La metodología¹ que se ha de seguir para la construcción, modelización, calibración y validación de una red de alcantarillado debe seguir estos estándares:

1. Recogida de información

1.1. Actualización topográfica en el programa GIS, que se utilizará como fuente de información para otros programas o métodos de modelización

- Inventario del sistema de saneamiento.
- Descripción de la ocupación del suelo.
- Definición de las cuencas.

1.2. Datos fenomenológicos

- Caracterización de la lluvia.
- Instrumentación de la red (Sensores de nivel, caudal y pluviometría).

2. Modelización matemática

A continuación, se detallan las fases a seguir para realizar una modelación de la red de alcantarillado siguiendo los puntos:

2.1. Introducción de los datos al modelo/creación del modelo

La fuente básica de información por la creación del modelo es el **levantamiento de la red**. Los datos recogidos y almacenados en el GIS permiten conocer la estructura de la red a estudiar. Estos datos se traspasan directamente al modelo de simulación y consisten, básicamente, en el trazado en planta de los colectores, los datos de altimetría de la red (cota de las tapas de los pozos de registro y su profundidad), las correspondientes secciones y todos aquellos elementos que formen parte de la estructura de la red de alcantarillado, tales como aliviaderos, compuertas, estaciones, etc.

¹ **Autores:** Jackson Tellez*,a y Jesús Belda*,b

*Consorti Besòs-Tordera. CCBSM, SUA

E-mail: jdtellez@besos-tordera.cat; jbelda@besos-tordera.cat

Una vez introducidos estos datos en el modelo es importante hacer un repaso general de los datos para identificar posibles errores y, sobre todo, identificar los puntos singulares (bombeos, pozos, aliviaderos, etc.), comprobando los datos de estos elementos básicos en el funcionamiento del sistema.

El siguiente paso es la **creación de las cuencas vertientes** y de sus características hidrológicas. Éstas se obtienen a partir de planos topográficos de la zona de estudio y permiten obtener las condiciones de contorno de la zona de estudio, definiendo qué áreas aportan caudales a la red de saneamiento y cuáles no. Sobre la configuración de las cuencas hidrológicas, deben crearse las diferentes subcuencas vertientes, teniendo en cuenta la orografía del terreno, los posibles torrentes que cruzan la zona urbana y la estructura de la red de saneamiento.

El tamaño de estas subcuencas vertientes es variable y depende del criterio experto del modelizador y, del nivel de detalle que se quiera en el modelo. En esta tarea de definición de las subcuencas y parametrización (definición de sus áreas, grado de impermeabilización, población, punto de entrada del agua, etc.), de nuevo el GIS es una herramienta muy útil.

En el caso de redes separativas (aguas residuales y pluviales circulando por redes diferentes), se tendrán que definir cuencas diferentes para las aguas pluviales y para las aguas residuales.

Una vez creado el modelo y, antes de pasar a realizar la calibración y validación, conviene realizar algunas **pruebas (test) de inestabilidades**. Estos consisten en simular diferentes escenarios y comprobar que el balance de caudal entrante y saliente del sistema no varía en más de un 10% (atención, para realizar este test se debe asegurar que el tiempo simulado es suficiente para garantizar que no queda caudal dentro del sistema). Además, en diferentes puntos de la red se obtendrán gráficos de niveles y caudales para comprobar que no existen las típicas oscilaciones de las inestabilidades. En caso de que se obtengan evidencias de inestabilidades, éstas deben resolverse antes de continuar con la calibración del modelo.

2.2. Calibración y validación

La calibración del modelo consiste en ajustar sus parámetros, a ser posible los que no tengan un sentido físico directo, a partir de un juego de datos fenomenológicos medidos sobre el sistema real.

De esta forma se conocen valores tanto de las entradas al modelo (pluviometría, posiciones de compuerta, funcionamiento de los bombeos, etc.) como de la respuesta real del sistema.

La fase de calibración es un proceso iterativo en el que se van modificando parámetros del modelo hasta que el resultado de la simulación se ajusta a los datos medidos.

En general el proceso de calibración (ajuste) se realiza con datos de 2 o 3 episodios diferentes, y una vez se cree que el modelo está bien ajustado, se valida (comprueba) este ajuste con un nuevo episodio que no se debe utilizar en la fase de calibración.

La calibración se puede realizar por diferentes parámetros y en diferentes puntos (niveles, caudales, volúmenes, parámetros de calidad, etc.). La decisión sobre los parámetros a calibrar y puntos es un proceso que va íntimamente ligado al objetivo del modelo. Así, por ejemplo, si el objetivo del modelo es estimar los volúmenes de DSS anuales, no será tan importante calibrar las puntas de niveles o caudales, y se buscará más ajustar los volúmenes de agua del episodio.

La calibración y validación se debe hacer tanto para tiempo seco, como para tiempo de lluvia:

- **Tiempo seco:**

La calibración del modelo en tiempo seco consiste en ajustar los volúmenes y caudales diarios con los modelizados en el modelo.

En tiempo seco se tienen muchos datos de caudales en la depuradora que se pueden utilizar para calibrar el modelo, así lo primero es ajustar las dotaciones hasta que el volumen de agua diario se ajuste entre el real y el modelizado, para acto seguido modificar el perfil diario de caudales hasta ajustar los caudales máximos diarios.

Como se comentaba en el apartado anterior, los datos de funcionamiento habitual de los bombeos son básicos para conseguir un buen ajuste.

Otros problemas que pueden encontrarse que nos dificulten las tareas de calibración y validación son la infiltración (aguas parásitas) o exfiltración de aguas. La identificación de estos problemas se puede realizar analizando cambios en los patrones de los datos medidos en largas series temporales cuando estos cambios no se justifican por un aumento o disminución de población ayudados por inspecciones de las redes.

El criterio genérico para que un modelo sea conforme en tiempo seco sería:

- Comprobar que los tiempos de picos y valles modelizados y medidos no varían en más de una hora.
- Los caudales máximos deberían estar en un rango de $\pm 10\%$.
- El volumen debería estar en un rango de $\pm 10\%$.

- **Tiempo de lluvia**

La calibración del modelo en tiempo de lluvia consiste en ajustar los caudales o niveles medidos durante los episodios monitorizados con los simulados en el modelo.

También forma parte de la calibración del modelo, recoger la experiencia de técnicos municipales y habitantes de la zona de estudio que pueden dar información histórica muy valiosa de las zonas que se inundan con frecuencia y, que deberían poder reproducirse con el modelo, ya sea utilizando los datos pluviométricos reales medidos o aproximando la lluvia de período de retorno que provoca las inundaciones.

Por lo general los **pasos a seguir** en un proceso de calibración y validación son:

- Comprobación de los datos de las campañas de monitorización.
- Calibración y validación del modelo a partir de las campañas de monitorización.
- Verificación con datos de inundaciones históricas.
- Conformidad del modelo para estimar las inundaciones de un sistema.

El siguiente paso consiste en **modificar algunos parámetros del modelo para ajustar los datos medidos con los modelizados**. De nuevo aquí se dan algunas pautas genéricas sobre cómo realizar esta tarea, pero debe ser el criterio experto del modelizador el que en función de la problemática detectada en su modelo actúe en consecuencia.

En general la fase de calibración se realizará con dos episodios de lluvia y, una vez ajustados los parámetros del modelo, se validará con un tercer episodio.

Al igual que en la calibración en tiempo seco, lo primero que se hará, será ajustar los volúmenes de agua que circulan por la red modificando principalmente parámetros de pérdidas de los terrenos hasta un rango de valores lógicos y, posteriormente, ajustando el porcentaje de escorrentía que entra en la red y el que circula en superficie. Una vez se tiene el volumen ajustado, se busca el ajuste de los picos de caudales o de nivel, modificando parámetros que afecten a los tiempos de concentración de las cuencas principalmente.

Los **criterios generales para validar un modelo** se presentan a continuación. En general se debe comparar la forma de los gráficos de nivel y caudal de los diferentes puntos medidos, comprobando que los observados y los modelizados son similares tanto en forma como en magnitud hasta que éstos vuelven a los valores lógicos de tiempo seco. Adicionalmente, en dos de los tres episodios (siendo uno de ellos el episodio de validación) se comprobará que:

- Los tiempos en que se producen los picos son similares oscilando entre un $\pm 25\%$ de la duración del episodio.
- Los picos de caudal/nivel significativo se encuentran en un rango entre $+30\%$ y -15% .
- Los volúmenes de caudal se encuentran en un rango entre $+20\%$ y -10% .

Como ya se ha comentado en otros apartados, éstos son criterios generales. Es importante indicar que, es mejor que el modelo sobreestime los caudales, niveles y volúmenes, antes que infravalorarlos, pues esto garantizará que los resultados del modelo se encuentran del lado de la seguridad.

2.3. Diagnóstico del funcionamiento

Tras el planteamiento del modelo y su validación, se extraerán conclusiones en relación con su funcionamiento.

3. Modelización matemática: caso de estudio en el ámbito del Consorci Besòs Tordera

3.1. Paso 1: Introducción de los datos al modelo / creación del modelo

1. Topografía de la red de alcantarillado: Actualización de toda la red de alcantarillado, entre los que se destacan:
 - a. Tramos de alcantarilla o colector
 - b. Pozos de registro
 - c. Entroncamientos de tramos de colector
 - d. Aliviaderos
 - e. Bombeos
 - f. Puntos de vertido al medio receptor (río o torrente): PVDSS.
2. Instrumentación de la red de alcantarillado:
 - a. Pluviometría: Ubicación de las estaciones pluviométricas más cercanas a la cuenca de estudio. Los datos pluviométricos deben ser del orden de minutos. Si no existe una estación pluviométrica, se debe instalar para lograr realizar la calibración de los modelos.
 - b. Datos de niveles y caudales: Ubicación e instalación de limnímetros y caudalímetros en la red de alcantarillo, para poder calibrar los modelos.
3. Información del funcionamiento del sistema de saneamiento:
 - a. Información de la EDAR, caudales de entrada.
 - b. Información de bombeos.
 - c. Información del funcionamiento de la red de alcantarillado.
 - d. Etc.

3.2. Paso 2: Calibración y validación

– **Calibración y validación en tiempo seco:**

En esta fase el trabajo de ajuste inicial del modelo consiste en comprobar por tiempo seco que, los caudales diarios que llegan a la EDAR en el modelo corresponden a los medidos en la entrada de la EDAR y, por otro lado, por tiempo de lluvia comprobar los resultados del modelo SWMM.

Por tiempo seco llegan alrededor de 4.500 m³/d a la EDAR (Ilustración 1). Los valores reales diarios son bastante fluctuantes dependiendo del día y del mes como puede comprobarse en la Ilustración 2 y, aunque los 4.500 m³/d sean posiblemente superiores a los reales, el modelo por tiempo seco se considera correctamente ajustado.

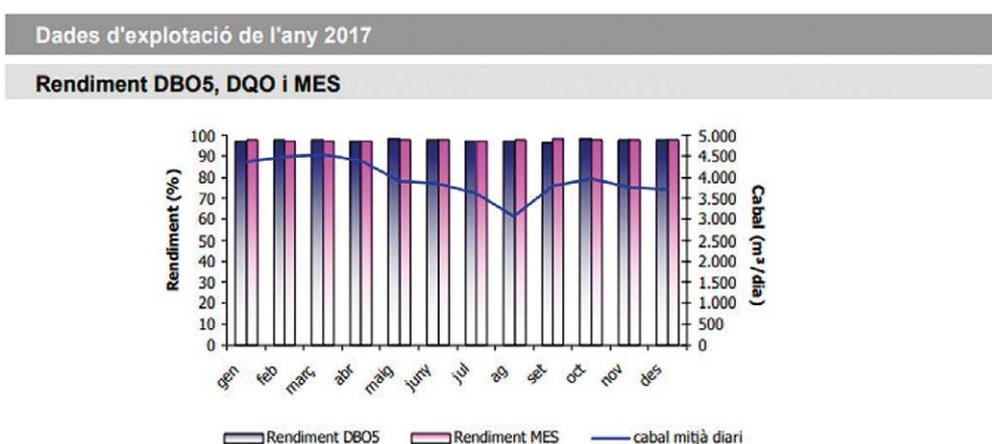


Ilustración 1. Caudales mensuales de la entrada EDAR durante todo el año.

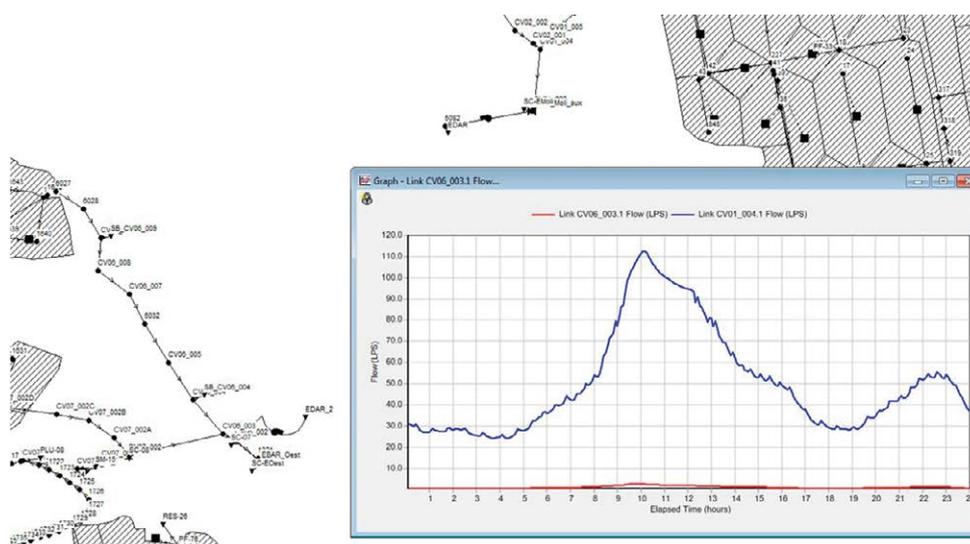


Ilustración 2. Caudales a la entrada de la EDAR (Azul). Resultados de la simulación SWMM de un día en tiempo seco.

– **Calibración y validación en tiempo de lluvia:**

Para la calibración del modelo de detalle se utilizan 10 episodios de lluvia con datos del pluviómetro instalado en la EDAR y de los caudalímetros y limnímetros instalados en los puntos de la red.

3.3. Instrumentación de la cuenca de estudio

Se ha propuesto la instalación de los siguientes sensores para completar la información:

- 1 pluviómetro ubicado dentro de la cuenca de estudio para medir la pluviometría y así extrapolarla a toda el área de estudio.
- 3 puntos de medida donde se mide el caudal circulante por la red de alcantarillado antes del punto de desbordamiento del sistema de saneamiento (PDSS) (mediante la instalación de caudalímetros) y 3 puntos donde se mide el caudal vertido al medio receptor en el punto de vertido por desbordamiento del sistema de saneamiento en episodios de lluvia (PVDSS) (mediante la instalación de limnímetros):
 - Punto 1: Corresponde al aliviadero de la red en alta y recibe el caudal de una cuenca de 26,55 ha.
 - Punto 2: Corresponde al aliviadero de la red en alta y recibe las aportaciones de una cuenca de 42,44 ha.
 - Punto 3: Corresponde al aliviadero de la red en alta y recibe las aportaciones de una cuenca de 24,34 ha.

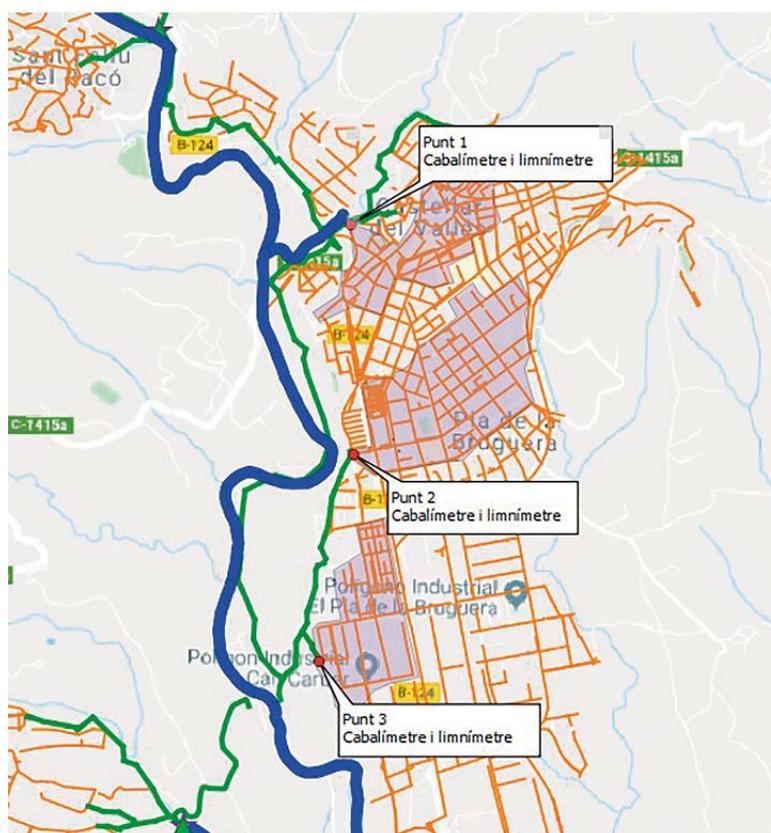


Ilustración 3. Muestra en un plano general la ubicación de los 3 puntos de sensorización en el alcantarillado.

3.4. Obtención de datos en episodios de lluvia

A continuación, se tabulan las principales características de los episodios de lluvia utilizados para calibrar el modelo:

| Nº | Episodio | Pd (mm) | I (mm/h) |
|----|------------|---------|----------|
| 1 | 13/04/2020 | 27,90 | 15,94 |
| 2 | 19/04/2020 | 56,00 | 55,98 |
| 3 | 07/06/2020 | 18,30 | 19,58 |
| 4 | 09/06/2020 | 11,10 | 48,00 |
| 5 | 18/06/2020 | 10,00 | 11,76 |
| 6 | 16/08/2020 | 14,00 | 30,24 |
| 7 | 29/08/2020 | 14,50 | 14,04 |
| 8 | 07/09/2020 | 12,00 | 18,72 |
| 9 | 09/09/2020 | 18,90 | 92,34 |
| 10 | 10/10/2020 | 53,10 | 74,98 |

Tabla 1. Precipitación diaria e intensidad máxima de los episodios de calibración.

Los 5 primeros episodios se utilizaron para calibrar el modelo mientras que los 5 últimos se utilizaron para su validación. Hay que decir que, ya desde un primer momento, los valores de los caudalímetros situados en la red ajustaron muy bien con los valores del modelo, indicando que los parámetros de definición de las cuencas, de transformación de lluvia a escorrentía y, de transporte del caudal por la red, estaban correctamente ajustados.

3.5. Calibración en tiempo de lluvia

A continuación, se observan algunos ejemplos de los resultados de calibración para cada uno de los puntos, realizando la comparación entre caudal medido y caudal simulado, como se puede observar en las ilustraciones 4, 5 y 6:

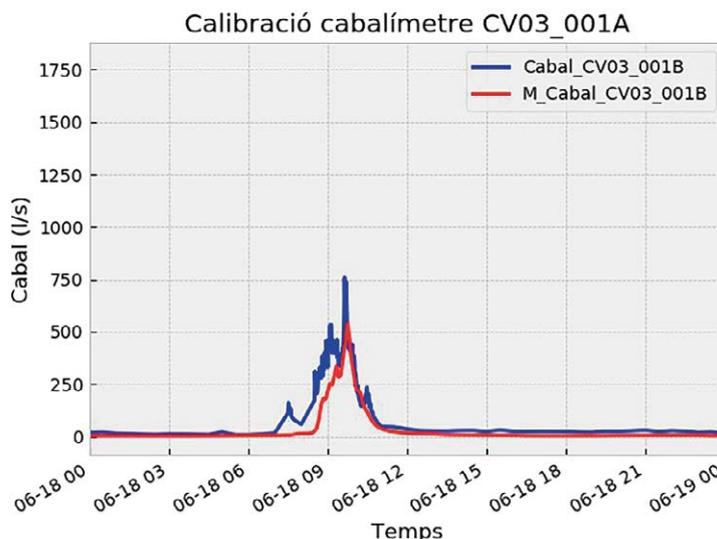
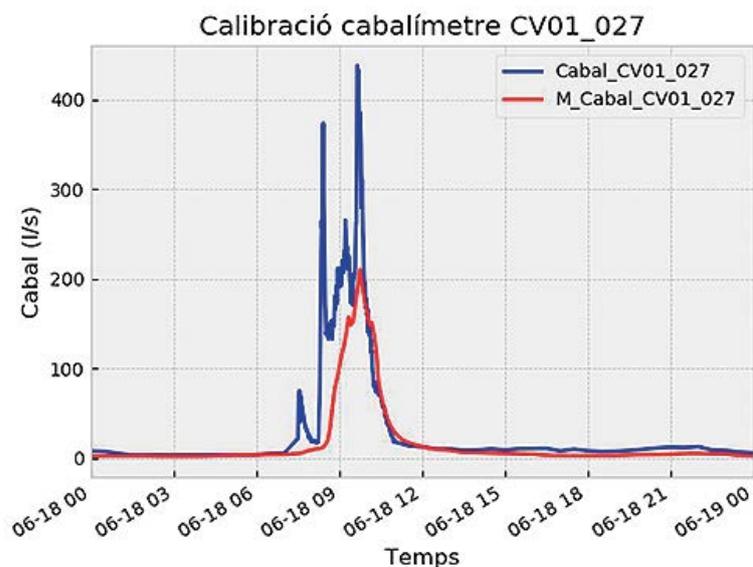
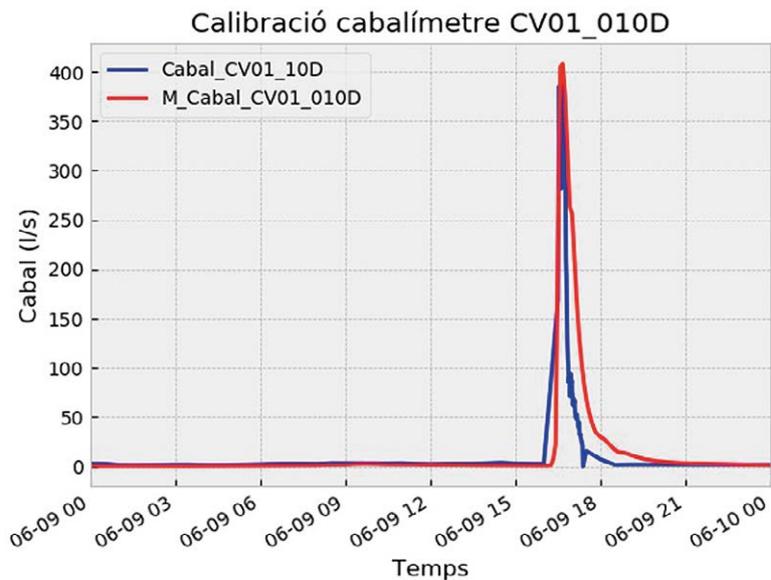


Ilustración 4. Resultados de calibración en Punto 1.



Il·lustració 5. Resultados de calibración en Punto 2.



Il·lustració 6. Resultados de calibración en Punto 3.

3.6. Validación en tiempo de lluvia

A continuación, se muestran los resultados de la validación para los tres puntos sensorizados, como se muestra en las ilustraciones 7, 8 y 9:

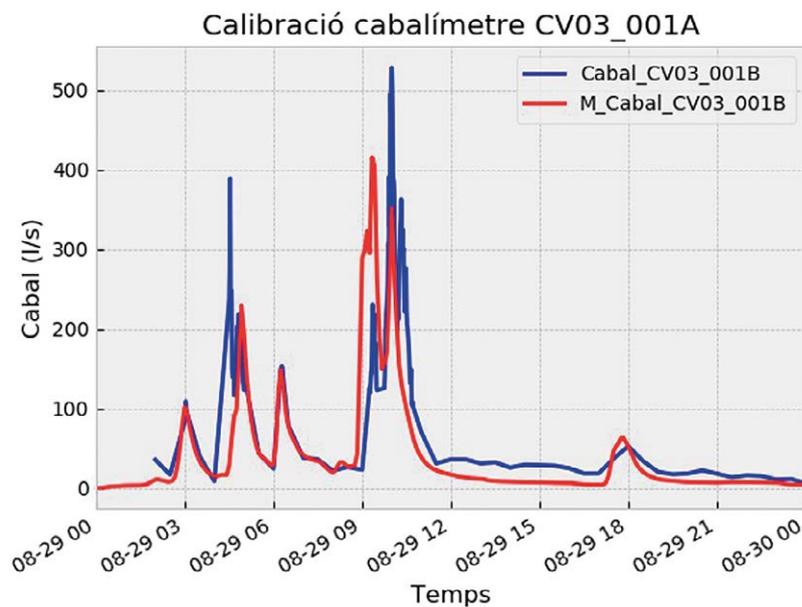


Ilustración 7. Resultados de validación del Punto 1.

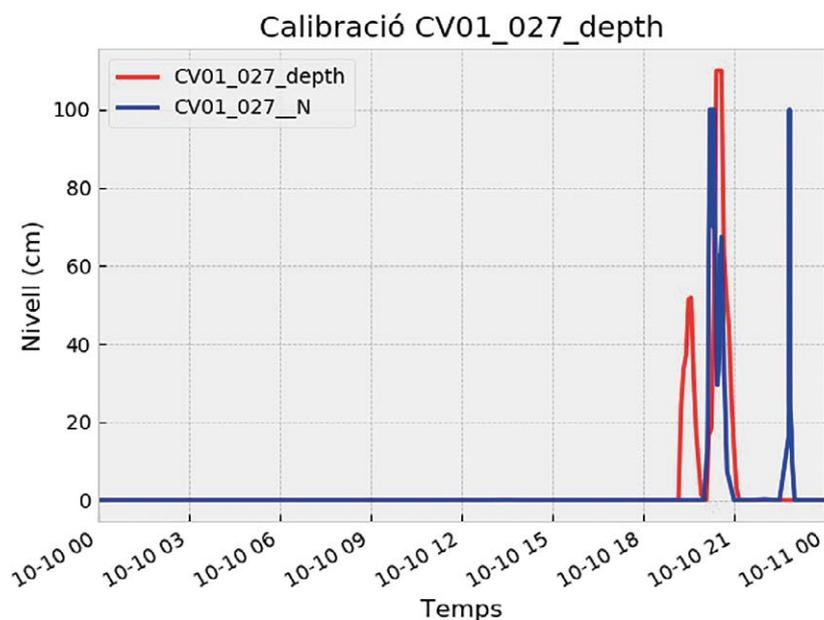
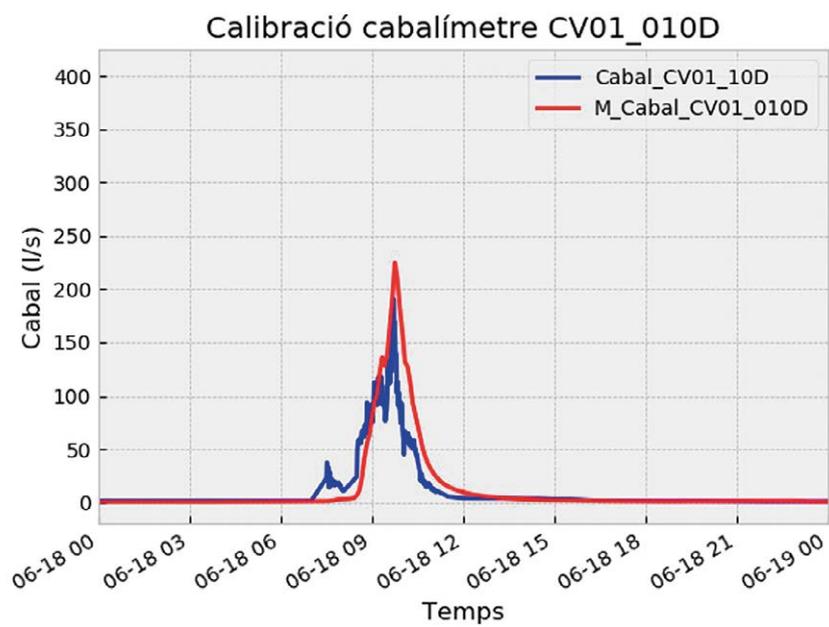


Ilustración 8. Resultados de validación del Punto 2.



Il·lustració 9. Resultados de validación del Punto 3.

ANEXOS

RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN
DE PLANES INTEGRALES DE GESTIÓN
DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO

REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO
R.D. 849/1986 R.D. – 665/2023

Anexo II



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

ANEXO

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento



Propuesta metodológica de cálculo de la ratio entre la carga contaminante vertida en desbordamientos de sistemas unitarios y la carga contaminante total de las aguas residuales anuales registradas en tiempo seco

1. Introducción

El presente anexo¹ tiene como objeto proponer una metodología de cálculo para estimar la ratio entre la carga contaminante vertida en desbordamientos de sistemas unitarios y la carga contaminante total de las aguas residuales anuales registradas en tiempo seco. Este análisis responde a las nuevas directrices establecidas por la normativa europea en materia de gestión de aguas residuales, es decir, la Directiva (UE) 2024/3019 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de noviembre de 2024, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Para ello, se han monitorizado los vertidos en aliviaderos en un sistema de drenaje urbano durante diversos eventos de precipitación, caracterizando los vertidos producidos en cada uno de ellos en términos de volumen (control cuantitativo) y calidad (control cualitativo). La información recolectada para cada evento incluye:

- Datos generales del evento:
 - Fecha del evento.
 - Precipitación registrada (mm).
- Datos por aliviadero:
 - Concentraciones de contaminantes en los desbordamientos (mg/l).
 - Caudal aliviado (l/s).
 - Duración del evento (s).
 - Volumen total aliviado (m³).

Esta información permite estimar la carga de contaminantes vertidos durante los eventos de precipitación y su relación con la carga contaminante total gestionada en la depuradora en tiempo seco.

¹ **Autores:** Cecilia Nieto^a, Jaime Botello^b y Antonio Lastra^c
^aÁrea de Desarrollo de la Innovación, Subdirección de I+D+i, Canal de Isabel II.
E-mail: acnieto@canal.madrid, bjbotello@canal.madrid, calastra@canal.madrid

2. Metodología de cálculo

Para cada episodio de precipitación y para cada volumen vertido por el aliviadero, se estima la Concentración Media del Suceso (CMS) de cada contaminante.

Se denomina **suceso** (evento, desbordamiento o VDSS) al periodo de tiempo durante el cual en una sección de control se observa una variación de caudales derivado por la llegada de aguas pluviales ya mezcladas con aguas residuales circulantes. Cada suceso se caracteriza por un caudal medio y las concentraciones de contaminantes circulantes.

El comportamiento de los contaminantes de cada suceso se suele expresar en valores de Concentración Media del Suceso. Dicha concentración es el resultado del cociente entre la masa total que ha pasado por la sección de control y la masa total de agua del suceso.

$$CMS(mg/l) = \frac{\sum(Q_i \cdot C_i \cdot \Delta t_i)}{\sum(Q_i \cdot \Delta t_i)}$$

Donde:

- C_i es la concentración del contaminante en el instante i (mg/l).
- Q_i es el caudal vertido en el instante i (l/s).
- Δt_i es la duración del intervalo de tiempo considerado (s).

Este cálculo permite determinar la carga contaminante promedio durante un episodio de precipitación y estimar las cargas anuales para otros episodios de precipitación registrados.

Se establecen correlaciones entre:

- Volumen vertido (VDSS) y precipitación.
- Contaminantes y precipitación.

Las rectas de regresión derivadas de estas correlaciones permiten estimar:

- Volumen vertido anual por cada aliviadero (VDSS).
- Masa total de contaminantes vertida por cada aliviadero.

La suma de las masas de ambos aliviaderos proporciona la carga total vertida de DQO y DBO₅ en kg/año.

La suma de las masas contaminantes de todos los aliviaderos proporciona la carga total vertida (kg/año), la cual se compara con la carga anual registrada en tiempo seco en la depuradora mediante la fórmula:

$$Ratio\ contaminante\ (\%) = \left(\frac{Masa\ total\ de\ contaminante\ aliviaderos}{Masa\ total\ anual\ de\ contaminante\ EDAR\ en\ tiempo\ seco} \right) \times 100$$

Estos valores permiten evaluar el impacto relativo de los vertidos de los aliviaderos sobre la carga total de contaminantes tratada en la depuradora y sirven como herramienta de apoyo en la gestión de las infraestructuras de saneamiento.

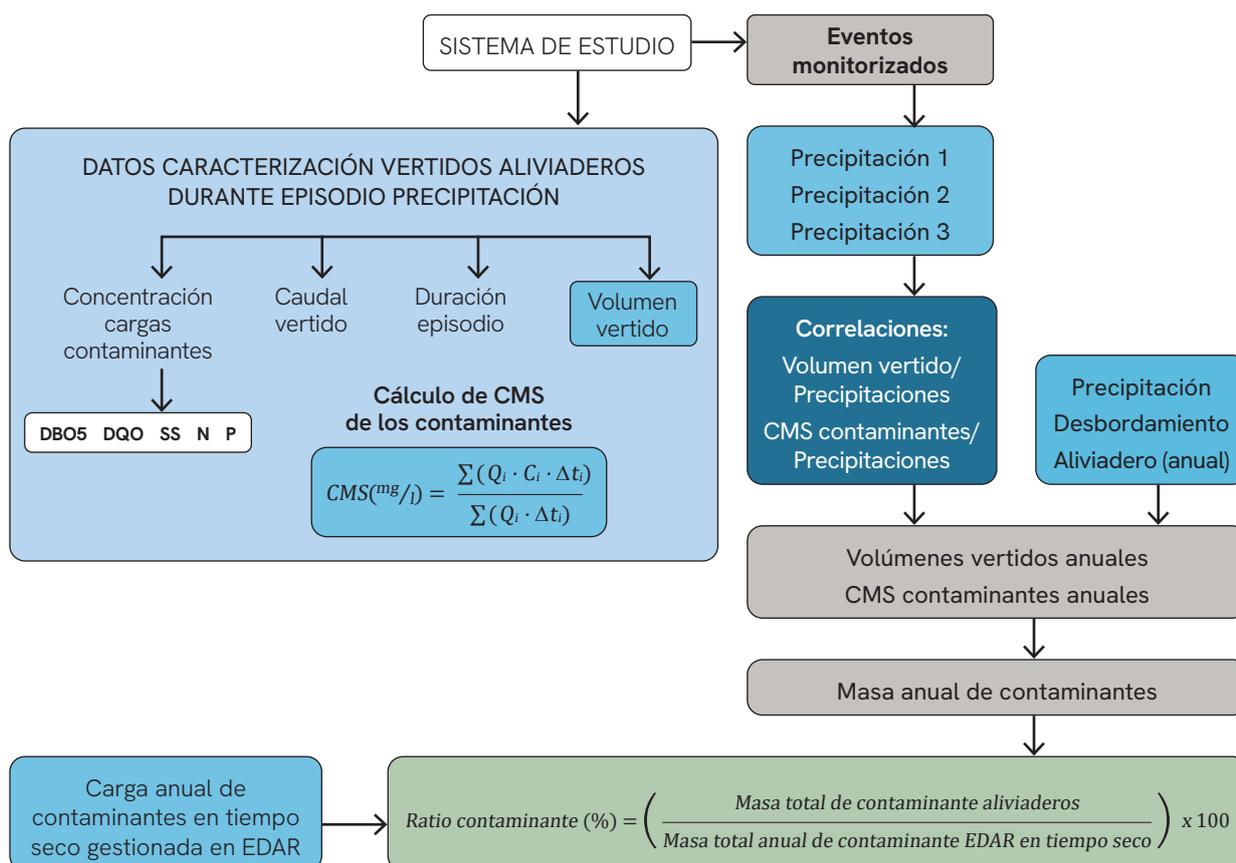


Ilustración 1. Esquema de la metodología de cálculo

3. Ejemplo de aplicación

A continuación, se expone un ejemplo práctico para la determinación de la ratio entre las masas de contaminantes (DQO y DBO₅) provenientes de los vertidos de aliviaderos en una red unitaria de saneamiento durante episodios de precipitación y, las cargas contaminantes anuales totales registradas en tiempo seco en la depuradora.

3.1. Datos de partida

Se analiza un sistema que consta de dos aliviaderos (A y B) en los que se monitorizan tres episodios de precipitación. Para cada uno de los episodios, se realiza la caracterización de los vertidos producidos en cada aliviadero. Para ello, se llevan a cabo las siguientes tareas:

- Clasificación del punto de vertido (PVDSS), en función de las características de su cuenca receptora.
- Clasificación del cauce al que vierte el punto de vertido.
- Caracterización de la calidad y la cantidad de efluente vertido a cauce en varios episodios de precipitación distintos.
- Cálculo del efluente estimado (volúmenes y concentraciones medias de contaminantes) para una precipitación uniforme de 5 años de período de retorno, de duración igual a 2 veces el tiempo de concentración de la cuenca urbana.

3.2. Campaña de registro de caudales y recogida de muestras

Se implementó un sistema de registro de caudales y toma de muestras mediante:

- Medidor multinivel ultrasónico.
- Electrónica y datalogger.
- Tomamuestras automático.

Las muestras se recolectaron según el siguiente procedimiento:

- Inicio de toma cuando el sensor detecta un nivel de alivio (desbordamiento).
- Registro de niveles cada 10 minutos mientras continúa el alivio (desbordamiento).
- Finalización del registro cuando el nivel de agua desciende por debajo del umbral.

Los episodios de precipitación estudiados se resumen en la tabla adjunta:

| CAMPAÑA | Precipitación (mm) | Duración (h) |
|-----------------|--------------------|--------------|
| Precipitación 1 | 6.6 | 4 |
| Precipitación 2 | 12.6 | 4 |
| Precipitación 3 | 31.8 | 8 |

Tabla 1. Episodios de precipitación estudiados

3.3. Estimación de los caudales vertidos a cauce en episodios de precipitación en el aliviadero A

Para ello se han realizados las siguientes tareas:

- Caracterización del episodio de lluvia registrado.
- Registro de niveles en el canal de entrada de la cámara de vertido y de contaminantes en las muestras recogidas y analizadas.
- Cálculo del volumen total de agua vertida al cauce.

Se muestran en las tablas siguientes los registros de caudales y cargas contaminantes en el Aliviadero A para los tres episodios de precipitación estudiados:

| Hora | At (min) | Carga contaminante (mg/l) | | | | | Vol. vertido (m³) | Caudal (l/s) |
|--------------|-----------|---------------------------|---------------|------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|
| | | DQO | SS | DBO ₅ | N | P | | |
| 01:55 | 5 | 312.00 | 404.00 | 90.00 | 26.70 | 3.42 | 0.000 | 4.001 |
| 02:00 | 5 | 192.00 | 62.00 | 70.00 | 34.70 | 3.10 | 11.171 | 82.835 |
| 02:05 | 5 | 122.00 | 66.00 | 92.00 | 31.70 | 2.76 | 32.602 | 108.958 |
| 02:10 | 5 | 166.00 | 62.00 | 67.00 | 31.60 | 2.78 | 25.357 | 48.547 |
| 02:15 | 5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.473 | 0.000 |
| 02:20 | 5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.000 |
| TOTAL | 30 | 792.00 | 594.00 | 319.00 | 124.70 | 12.06 | 72.603 | 244.34 |

Tabla 2. Datos registrados de caudales y contaminantes del episodio de Precipitación 1.

| Hora | At (min) | Carga contaminante (mg/l) | | | | | Vol. vertido (m ³) | Caudal (l/s) |
|--------------|-----------|---------------------------|----------------|------------------|--------------|-------------|--------------------------------|---------------|
| | | DQO | SS | DBO ₅ | N | P | | |
| 12:40 | 5 | 172.00 | 316.00 | 53.00 | 7.40 | 1.56 | 0.031 | 0.510 |
| 12:45 | 5 | 256.00 | 296.00 | 64.00 | 7.00 | 1.52 | 17.670 | 87.052 |
| 12:50 | 5 | 196.00 | 276.00 | 32.00 | 6.50 | 1.63 | 39.977 | 70.793 |
| 12:55 | 5 | 136.00 | 268.00 | 32.00 | 7.30 | 0.78 | 26.263 | 108.958 |
| 13:00 | 5 | 139.00 | 220.00 | 37.00 | 6.40 | 0.92 | 33.297 | 127.814 |
| 13:05 | 5 | 96.00 | 172.00 | 63.00 | 7.80 | 1.30 | 37.173 | 45.094 |
| TOTAL | 30 | 995.00 | 1548.00 | 281.00 | 42.40 | 7.71 | 154.411 | 440.22 |

Tabla 3. Datos registrados de caudales y contaminantes del episodio de Precipitación 2.

| Hora | At (min) | Carga contaminante (mg/l) | | | | | Vol. vertido (m ³) | Caudal (l/s) |
|--------------|-----------|---------------------------|---------------|------------------|--------------|-------------|--------------------------------|---------------|
| | | DQO | SS | DBO ₅ | N | P | | |
| 15:30 | 5 | 99.00 | 80.00 | 32.00 | 4.50 | 0.52 | 0.000 | 0.001 |
| 15:35 | 5 | 76.00 | 77.00 | 18.00 | 4.60 | 0.45 | 0.846 | 29.308 |
| 15:40 | 5 | 86.00 | 52.00 | 16.00 | 4.80 | 0.42 | 5.898 | 13.635 |
| 15:45 | 5 | 76.00 | 54.00 | 18.00 | 5.30 | 0.46 | 4.154 | 20.918 |
| 20:15 | 5 | 62.00 | 50.00 | 14.00 | 6.85 | 0.66 | 22.341 | 95.695 |
| 20:20 | 5 | 189.00 | 83.00 | 67.00 | 8.40 | 0.86 | 37.131 | 104.610 |
| TOTAL | 30 | 588.00 | 396.00 | 165.00 | 34.45 | 3.37 | 70.37 | 264.17 |

Tabla 4. Datos registrados de caudales y contaminantes del episodio de Precipitación 3

4. Cálculo de concentraciones medias del suceso (evento, desbordamiento o VDSS) en el aliviadero A

Las Concentraciones Medias del Suceso (evento, desbordamiento o VDSS) se calculan mediante es la siguiente expresión:

$$CMS(mg/l) = \frac{\sum(Q_i \cdot C_i \cdot \Delta t_i)}{\sum(Q_i \cdot \Delta t_i)}$$

Se muestran, a modo ejemplo, las CMS de los parámetros de DQO y DBO₅, para el Aliviadero A, obteniendo los siguientes resultados:

| CAMPAÑA | Precipitación (mm) | Duración (h) |
|-----------------|--------------------|--------------|
| Precipitación 1 | 6.6 | 4 |
| Precipitación 2 | 12.6 | 4 |
| Precipitación 3 | 31.8 | 8 |

Tabla 5. Concentraciones Medias del Suceso (evento, desbordamiento o VDSS) de DQO y DBO₅ de los diferentes episodios de precipitación de estudio

Teniendo en cuenta la precipitación de los eventos y, sus correspondientes valores de volúmenes vertidos y de CMS, se establecen las correlaciones:

- Volumen vertido (VDSS) y precipitación.

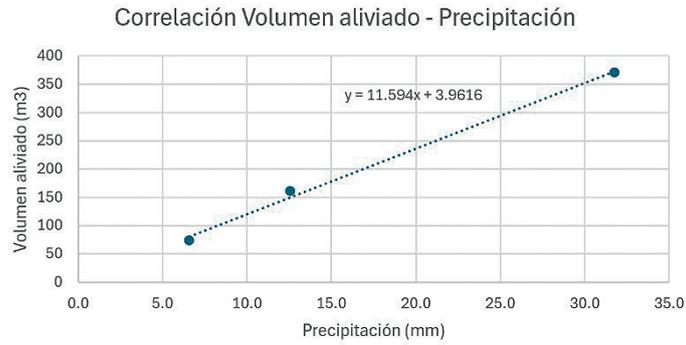


Ilustración 2. Correlación Volumen vertido-Precipitación

- DQO y precipitación.

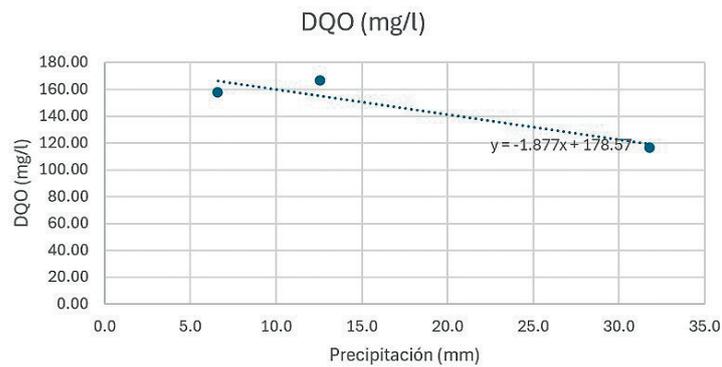


Ilustración 3. Correlación DQO-Precipitación

- DBO5 y precipitación.

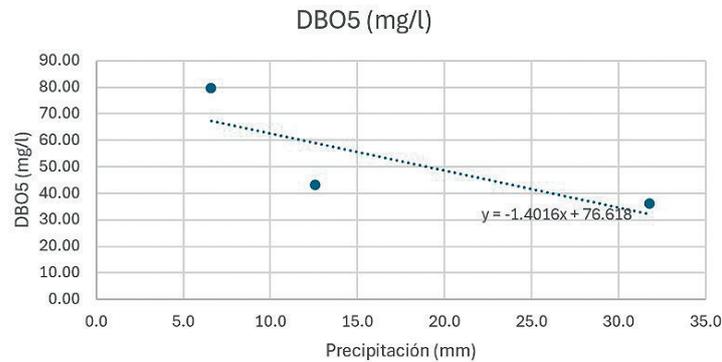


Ilustración 4. Correlación CMS DBO5-Precipitación

5. Cálculo de volúmenes y cargas de contaminantes anuales en los aliviaderos

Los resultados obtenidos en el punto anterior se extrapolan a las precipitaciones registradas en el año de estudio que han provocado vertido, 4 mm en este caso concreto, de acuerdo con un modelo de red.

Aplicando las correlaciones anteriormente obtenidas a los eventos registrados, resultan las siguientes cargas contaminantes para el Aliviadero A:

| Precipitación (mm) | Volumen vertido (m ³) | DBO ₅ (mg/l) | DQO (mg/l) | kg DBO ₅ | kg DQO |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------|---------------------|---------------|
| 5.0 | 61.932 | 69.610 | 169.185 | 4.311 | 10.478 |
| 5.2 | 64.250 | 69.330 | 168.810 | 4.454 | 10.846 |
| 5.4 | 66.569 | 69.049 | 168.434 | 4.597 | 11.213 |
| 5.6 | 68.888 | 68.769 | 168.059 | 4.737 | 11.577 |
| 5.8 | 71.207 | 68.489 | 167.683 | 4.877 | 11.940 |
| 6.2 | 75.844 | 67.928 | 166.933 | 5.152 | 12.661 |
| 6.4 | 78.163 | 67.648 | 166.557 | 5.288 | 13.019 |
| 6.6 | 80.482 | 67.367 | 166.182 | 5.422 | 13.375 |
| 6.8 | 82.801 | 67.087 | 165.806 | 5.555 | 13.729 |
| 6.8 | 82.801 | 67.087 | 165.806 | 5.555 | 13.729 |
| 7.4 | 89.757 | 66.246 | 164.680 | 5.946 | 14.781 |
| 7.6 | 92.076 | 65.966 | 164.305 | 6.074 | 15.129 |
| 8.0 | 96.714 | 65.405 | 163.554 | 6.326 | 15.818 |
| 8.6 | 103.670 | 64.564 | 162.428 | 6.693 | 16.839 |
| 9.2 | 110.626 | 63.723 | 161.302 | 7.049 | 17.844 |
| 10.0 | 119.902 | 62.602 | 159.800 | 7.506 | 19.160 |
| 11.9 | 141.930 | 59.939 | 156.234 | 8.507 | 22.174 |
| 12.6 | 150.046 | 58.958 | 154.920 | 8.846 | 23.245 |
| 12.8 | 152.365 | 58.678 | 154.544 | 8.940 | 23.547 |
| 29.6 | 347.144 | 35.131 | 123.011 | 12.195 | 42.702 |
| 31.8 | 372.651 | 32.047 | 118.881 | 11.942 | 44.301 |
| 48.0 | 560.474 | 20.000 | 88.474 | 11.209 | 49.587 |

Tabla 6. Volúmenes y cargas contaminantes anuales.

Para el Aliviadero B se procede de manera análoga a la anteriormente descrita. Las cargas contaminantes que resultan son las siguientes:

| Carga contaminante (kg) | |
|-------------------------|------------------|
| DQO | DBO ₅ |
| 157.58 | 79.54 |

Tabla 7. Cargas contaminantes en el aliviadero B.

Por último, se agregan las cargas contaminantes de los aliviaderos del sistema:

| Aliviadero | Carga (kg) | |
|--------------|---------------|------------------|
| | DQO | DBO ₅ |
| A | 151.18 | 427.70 |
| B | 56.69 | 160.39 |
| TOTAL | 207.87 | 588.09 |

Tabla 8. Cargas contaminantes de los aliviaderos del sistema.

6. Cálculo de la carga contaminante anual gestionada en la EDAR en tiempo seco

Para estimar la carga total en tiempo seco gestionada en la depuradora (EDAR), se dispone del registro diario de caudales de agua bruta y de los resultados de analíticas de contaminantes.

En caso de que la disponibilidad de los datos no sea completa, puede emplearse la interpolación de las series temporales u otra técnica que se estime más adecuada para completar los registros.

Tienen consideración de días de tiempo seco aquellos con un caudal registrado menor o igual que el percentil 80 de la serie histórica anual, una vez descartados aquellos valores extremos que exceden el percentil 75 más 1.5 veces el rango intercuartílico (Q3 - Q1).

Una vez determinados los días de tiempo seco, se calculan las cargas contaminantes diarias para los distintos parámetros, resultando un total anual para el sistema de estudio de:

- Kg DQO: 35.006
- Kg DBO₅: 20.154

Aplicando las fórmulas:

$$\text{Ratio DQO (\%)} = \left(\frac{\text{Masa total de DQO aliviaderos}}{\text{Masa total anual de DQO EDAR en tiempo seco}} \right) \times 100$$

$$\text{Ratio DQO}_5 (\%) = \left(\frac{\text{Masa total de DQO}_5 \text{ aliviaderos}}{\text{Masa total anual de DQO}_5 \text{ EDAR en tiempo seco}} \right) \times 100$$

Se obtienen las ratios:

- Ratio DQO: 1,68%
- Ratio DBO₅: 1,03%

6.1. Limitaciones a las CMS resultantes

Para evitar que las extrapolaciones de las rectas de regresión a precipitaciones muy bajas o elevadas den como resultado valores de CMS inverosímiles, se han limitado las CMS a los máximos y mínimos de acuerdo con diversos estudios consultados. Estos umbrales propuestos resultan:

$$80 \leq CMS DQO \leq 1.400$$

$$20 \leq CMS DBO_5 \leq 1.000$$

Si algún valor no cumpliera dichos rangos, se limitaría según los criterios definidos anteriormente.

7. Conclusiones

El procedimiento descrito permite evaluar la contribución de los vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia (VDSS), al total de contaminantes gestionados en la depuradora. Estos ratios proporcionan una herramienta clave para el diseño y optimización de estrategias de gestión de saneamiento, permitiendo minimizar el impacto ambiental de los vertidos urbanos en episodios de lluvia. Además, el análisis de correlaciones entre precipitación y carga contaminante ayuda a predecir y mitigar posibles efectos adversos en la calidad de la masa de agua receptora.

ANEXOS

RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN
DE PLANES INTEGRALES DE GESTIÓN
DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO

REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO
R.D. 849/1986 R.D. – 665/2023

Anexo III



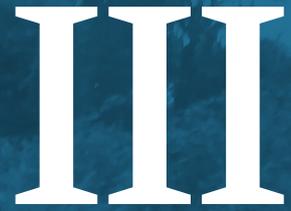
GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

ANEXO

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento



Aspectos técnicos de aplicación de los SUDS para el cumplimiento del RDPH

1. Introducción

El presente anexo¹ pretende incluir 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).4^o del RDPH, entre otros.

Los SUDS formarán parte del sistema de drenaje de los nuevos desarrollos y de las actuaciones de regeneración y modificación urbana, o reurbanización, y se diseñarán para contribuir a la reducción de la producción de la escorrentía, la laminación de los caudales pico, así como a la mejora de la calidad de las escorrentías, aprovechando la multifuncionalidad de los espacios urbanos.

Así, en los nuevos desarrollos, el sistema en su conjunto bien sea separativo o unitario, debe presentar un volumen de almacenamiento suficiente para limitar los caudales de escorrentía vertidos fuera del ámbito de actuación para las precipitaciones de diseño (cuyos periodos de retorno suelen comprenderse entre los 10 y los 25 años en España, y teniendo en cuenta las proyecciones climáticas más recientes), de modo que no se empeoren aguas abajo las condiciones hidrológicas pre-existentes. Así, sin tener en cuenta el caudal de residuales en su caso, el caudal de aguas pluviales pre-operacional deberá ser mayor o igual al caudal de aguas pluviales post-operacional ($Q_{pre} \geq Q_{post}$), debiéndose mantener esta relación con el tiempo (cambios futuros en las condiciones de urbanización deberán conservar esta premisa). Además, se dará cumplimiento a condicionantes adicionales que pudieran determinar las autoridades competentes en cada caso.

Adicionalmente al análisis del funcionamiento del sistema de saneamiento y drenaje urbano para las precipitaciones de diseño, las autoridades competentes podrán solicitar el estudio de la inundabilidad producida ante eventos de mayores periodos de retorno (como 100 o 500 años) y, en su caso, solicitar que el potencial incremento de la peligrosidad de la inundación se contenga dentro del nuevo desarrollo urbanístico para no provocar afección a terceros.

Asimismo, en los casos en que se determine que los caudales vertidos por el nuevo desarrollo urbanístico, para eventos frecuentes (por ejemplo, de periodo de retorno 2 años) pudieran tener una afección en el medio receptor (por ejemplo, en la morfología de pequeños arroyos), la autoridad competente podrá extender la limitación de no superar los caudales preexistentes también para estas precipitaciones de mayor frecuencia.

En el caso de las actuaciones de regeneración y modificación urbana, o reurbanización, las autoridades competentes establecerán las limitaciones en relación con los caudales pico.

2. Metodología de los índices de mitigación

Para que se pueda considerar que la escorrentía producida en el área drenada asociada a una determinada técnica SUDS, o una cadena de técnicas SUDS, ha recibido un tratamiento adecuado, estos SUDS, además de ser de los tipos y características adecuados, como mínimo, deben diseñarse

¹ Autor: Sara Perales Momparler. Green Blue Management. Grupo TYPESA.

para tratar íntegramente la $P_{d,80\%}$ (cuyo valor se obtendrá mediante el procedimiento definido en el apartado 5.2 del Anexo XI del RDPH).

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-Ballards *et al.*, 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:

$$\text{Índice de mitigación de contaminación del SUDS} \geq \text{Índice de peligrosidad de contaminación}$$

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:

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

A continuación, la Tabla 1 presenta los índices de mitigación de cada tipología SUDS para 3 tipos de contaminantes del agua (Sólidos Suspendedos Totales; Metales; Hidrocarburos) y la Tabla 2 muestra los índices de peligrosidad en función del uso del suelo en zonas urbanizadas para los mismos contaminantes del agua.

| Tipo de SUDS | Sólidos Suspendedos Totales | Metales | Hidrocarburos |
|--|-----------------------------|---------|---------------|
| Cubiertas vegetadas | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Parterres inundables (Jardín de lluvia) | 0,6 | 0,5 | 0,6 |
| Parterres inundables (Área de biorretención) | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Balsas de detención | 0,5 | 0,5 | 0,6 |
| Balsas de infiltración (*) | 0,6 | 0,5 | 0,6 |
| Cunetas vegetadas | 0,5 | 0,6 | 0,6 |
| Alcorques estructurales | 0,6 | 0,5 | 0,6 |
| Pavimentos permeables | 0,7 | 0,6 | 0,7 |
| Drenes filtrantes | 0,5** | 0,4 | 0,4 |
| Zanjas y pozos de infiltración | 0,5** | 0,4 | 0,4 |
| Humedales artificiales y estanques | 0,8 | 0,8 | 0,8 |

* Considerando una capa de vegetación densa sobre un sustrato de al menos 300 mm de profundidad. En caso de no disponer de vegetación, el rendimiento se reduce a 0,4-0,3-0,3 respectivamente.

** Considerando la existencia de una capa cercana a la superficie de geotextil o elemento de filtro adecuado.

Tabla 1. Índice de mitigación de contaminación por tipología SUDS. Fuente: Adaptación de la Guía básica para el Diseño de SUDS en la Ciudad de València (de la Fuente *et al.*, 2021).

| Uso del Suelo | Riesgo de contaminación | Sólidos Suspendidos Totales | Metales | Hidrocarburos |
|--|-------------------------|-----------------------------|---------|---------------|
| Tejados o cubiertas en zonas residenciales o industriales con una atmósfera limpia sin revestimientos de metal. | BAJO | 0,2 | 0,2 | 0,05 |
| Tejados o cubiertas en una atmósfera contaminada (industrial y terciario). | MEDIO | 0,3 | 0,2-0,8 | 0,05 |
| Pistas deportivas y otras zonas impermeables de uso lúdico. Garajes o zonas impermeables asociadas a edificaciones unifamiliares. Plazas o zonas de ocio. Zonas de aparcamiento y espacios comunes en zonas residenciales de menos de 50 viviendas. Zonas de aparcamiento de coches no residenciales con cambios poco frecuentes (p. ej. escuelas u oficinas). Calles de un solo carril (IMD < 300 v/d). Zonas residenciales de planta baja + primera. Zonas comerciales pequeñas. Aparcamientos residenciales y comerciales de menos de 50 vehículos. Pistas o carreteras con tráfico muy débil (IMD < 300 v/d). | BAJO | 0,5 | 0,4 | 0,4 |
| Calles con un carril por sentido (IMD < 2.000 v/d). Zonas residenciales hasta 5 plantas. Zonas comerciales medianas. Aparcamientos residenciales y comerciales de menos de 200 vehículos. Carretera convencional o periurbana de calzada única (IMD < 15.000 v/d). Zonas industriales sin contaminantes peligrosos. Aeródromos de baja intensidad de tráfico. Áreas agropecuarias sin uso de sustancias contaminantes. | MEDIO | 0,7 | 0,6 | 0,7 |
| Calles con dos, o más, carriles por sentido (IMD > 2.000 v/d). Zona residencial en altura a partir de 5 plantas. Grandes zonas comerciales. Aparcamientos residenciales y comerciales de más de 200 vehículos. Autovías o circunvalaciones urbanas de doble calzada (IMD > 15.000 v/d). Zonas peatonales o industriales de alta densidad de tráfico. Zonas de estacionamiento de alta renovación. Aeródromos con alta intensidad de tráfico. Áreas industriales de acopio que manejen sustancias contaminantes. Áreas vinculadas a EDARS o de tratamiento de RSU. Áreas de actividad agropecuaria con uso de sustancias contaminantes. | ALTO | 0,8 | 0,8 | 0,9* |

* En entorno urbano con actividad residencial/comercial, se podrá considerar un valor de 0,8

Tabla 2. Índices de peligrosidad en función del uso del suelo. Fuente: Adaptación de la Guía básica para el Diseño de SUDS en la Ciudad de València (de la Fuente et al, 2021).

En este sentido, cabe destacar que, entre las diferentes tipologías de SUDS a emplear, se debe priorizar el uso de aquellos que integren infraestructura verde, debido a los diferentes beneficios ecosistémicos adicionales que aportan: mejora de la biodiversidad, reducción del efecto urbano ‘isla de calor’, creación de espacios de uso ciudadano, etc. Asimismo, se deben primar los más superficiales e integrados en el entorno, por la facilidad de inspección y detección de fallos, así como los que presenten menores necesidades y mayor facilidad de mantenimiento.

3. Ejemplos de aplicación de la metodología de los índices de mitigación

Seguidamente, se incluyen 3 ejemplos de aplicación de la metodología expuesta:

- a. Los **tejados o cubiertas en una atmósfera contaminada (industrial o terciario)** presentan un riesgo de contaminación medio, con unos índices de peligrosidad de 0,3-0,2-0,05 para los sólidos suspendidos totales, metales e hidrocarburos, respectivamente (Tabla 2).

En consecuencia, la escorrentía procedente de estos elementos se puede tratar adecuadamente con cubiertas vegetadas, siempre y cuando el índice de peligrosidad relativo a los metales pesados sea inferior o igual a 0,4, puesto que, en ese caso, los índices de mitigación de contaminación asociados a esta tipología de SUDS (0,4-0,4-0,4) son superiores a los índices de peligrosidad de la estructura.

| Contaminantes de referencia | Índice de peligrosidad del uso del suelo | Índice de mitigación SUDS | ¿Cumple la capacidad de mitigación? |
|-----------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|
| Sólidos Suspendidos Totales | 0,3 | 0,4 | ✓ |
| Metales | 0,2 | 0,4 | ✓ |
| Hidrocarburos | 0,05 | 0,4 | ✓ |

Tabla 3. Método de los Índices, ejemplo a) Cubierta vegetada.

- b. Los **viarios con un nivel de riesgo de contaminación medio** (p. ej. carreteras convencionales de calzada única) tienen asociados unos índices de peligrosidad de 0,7-0,6-0,7 para los contaminantes de referencia (sólidos suspendidos totales, metales e hidrocarburos, respectivamente), de acuerdo con la Tabla 2.

En este caso, la escorrentía procedente de estas infraestructuras no se consigue tratar adecuadamente con un parterre inundable tipo jardín de lluvia, ya que los índices de mitigación de este SUDS (0,6-0,5-0,6) son inferiores a los índices de peligrosidad asociados a la infraestructura.

| Contaminantes de referencia | Índice de peligrosidad del uso del suelo | Índice de mitigación SUDS | ¿Cumple la capacidad de mitigación? |
|-----------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|
| Sólidos Suspendidos Totales | 0,7 | 0,6 | ✗ |
| Metales | 0,6 | 0,5 | ✗ |
| Hidrocarburos | 0,7 | 0,6 | ✗ |

Tabla 4. Método de los Índices, ejemplo b) Jardín de lluvia.

En cambio, con un área de biorretención se garantiza el tratamiento suficiente a la escorrentía procedente de viarios con un nivel de riesgo de contaminación medio, puesto que los índices de mitigación de dicha tipología de SUDS (0,8-0,8 -0,8) son superiores a los índices de peligrosidad de contaminación definidos para este tipo de viario (Tabla 2).

| Contaminantes de referencia | Índice de peligrosidad del uso del suelo | Índice de mitigación SUDS | ¿Cumple la capacidad de mitigación? |
|-----------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|
| Sólidos Suspendidos Totales | 0,7 | 0,8 | ✓ |
| Metales | 0,6 | 0,8 | ✓ |
| Hidrocarburos | 0,7 | 0,8 | ✓ |

Tabla 5. Método de los Índices, ejemplo b) Área de biorretención.

- c. El riesgo de contaminación de una **carretera periurbana de calzada única** es medio, con unos índices de peligrosidad de 0,7-0,6-0,7 para los contaminantes de referencia: sólidos suspendidos totales, metales e hidrocarburos, respectivamente (Tabla 2).

La calidad de la escorrentía generada en un vial de estas características no se mejoraría suficientemente con un único SUDS del tipo dren filtrante, puesto que los índices de mitigación de este SUDS (0,5-0,4-0,4) son inferiores a los índices de peligrosidad asociados a la infraestructura, para todos los contaminantes de referencia.

En este caso, se podría proponer un tren de tratamiento, compuesto por un dren filtrante (SUDS 1) que transporte el agua hasta una balsa de detención (SUDS 2), para garantizar la calidad de la escorrentía procedente de este tipo de viario. Los índices de mitigación de la balsa de detención son 0,5-0,5-0,6 para los contaminantes de referencia, de acuerdo con la Tabla 1.

Por tanto, los índices de mitigación de contaminación del tren de tratamiento se obtienen aplicando la siguiente expresión, para cada contaminante de referencia:

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

| Contaminantes de referencia | Índice de mitigación SUDS 1 | Índice de mitigación SUDS 2 | Índice de mitigación Tren de tratamiento |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| Sólidos Suspendidos Totales | 0,5 | 0,5 | 0,75 |
| Metales | 0,4 | 0,5 | 0,65 |
| Hidrocarburos | 0,4 | 0,6 | 0,70 |

Tabla 6. Índices de mitigación de contaminación del tren de tratamiento

| Contaminantes de referencia | Índice de peligrosidad del uso del suelo | Índice de mitigación Tren de tratamiento | ¿Cumple la capacidad de mitigación? |
|-----------------------------|--|--|-------------------------------------|
| Sólidos Suspendidos Totales | 0,7 | 0,75 | ✓ |
| Metales | 0,6 | 0,65 | ✓ |
| Hidrocarburos | 0,7 | 0,70 | ✓ |

Tabla 7. Método de los Índices, ejemplo c) Tren de tratamiento.

4. Cálculo del rendimiento hidráulico y modelización del sistema con SUDS

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.

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 $P_{d,80\%}$ (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.

ANEXOS

RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN
DE PLANES INTEGRALES DE GESTIÓN
DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO

REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO
R.D. 849/1986 R.D. – 665/2023

Anexo IV



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

ANEXO

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento

IV



Ejemplos de medidas implantadas en aglomeraciones urbanas para alcanzar los objetivos indicativos (η_{hid}): Medidas preventivas (actuaciones en origen); Medidas de operación y monitorización; Medidas para optimizar el uso de las infraestructuras existentes; Otras medidas adicionales, priorizando los SUDS [art. 259 quinquies.3.c) del RDPH]

A continuación, se incluyen ejemplos de medidas implantadas en diversos puntos de la geografía nacional para alcanzar los objetivos indicativos, entre ellos, el rendimiento hidráulico indicativo (η_{hid}) y, así, cumplir con el RDPH [art. 259 quinquies.3.c):

1. Medidas preventivas (actuaciones en origen):
 - Paisajes de retención hídrica.
 - Aprovechamiento de agua de lluvia y reutilización de aguas grises.
 - Aumento de los espacios verdes o de limitación de las superficies impermeables.
2. Medidas de operación y monitorización:
 - Programa de inspección y limpieza correctiva y preventiva de la red de saneamiento.
 - Monitorización de los VDSS.
3. Medidas para optimizar el uso de las infraestructuras existentes.
4. Otras medidas adicionales, priorizando los SUDS:
 - Adecuación de infraestructuras (arquetas sifónicas; 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.

1. Medidas preventivas (actuaciones en origen)

A continuación, se muestran 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 en las aglomeraciones [art. 259 quinquies.3.c).1º]:

- 1.1. Paisajes de retención hídrica.
- 1.2. Aprovechamiento de agua de lluvia y reutilización de aguas grises.
- 1.3. Aumento de los espacios verdes o de limitación de las superficies impermeables.

1.1. Paisajes de retención hídrica



Ilustración 1. Diseño hidrológico en Línea Clave en Finca agrícola-ganadera (≈ 15 ha) para evitar la erosión del suelo y creando zonas de encharcamiento, conservando y aumentando la biodiversidad. Ourense. Cortesía de Sustraiak Habitat Design Koop.

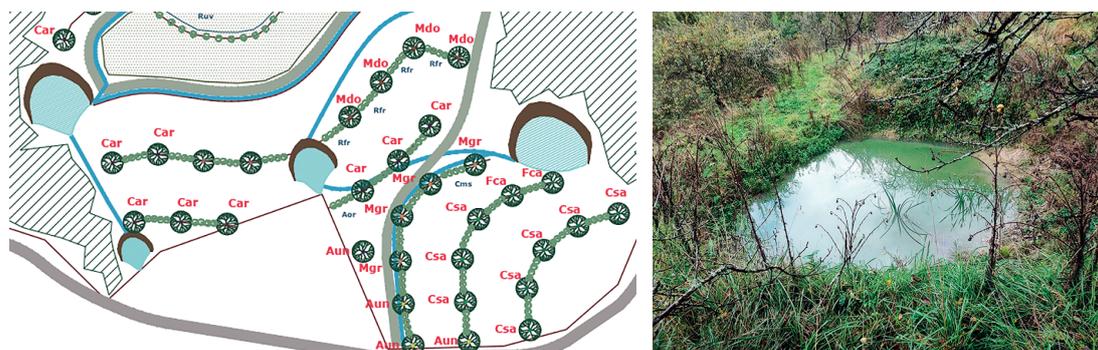


Ilustración 2. Diseño hidrológico en línea clave en finca (≈ 6 ha) con pendientes pronunciadas, solventando los problemas de escorrentía y pérdida de suelo fértil mediante un sistema de terrazas y canales de infiltración, evacuación, captación, riego y algunos estanques, para retener el agua en la fase de sequía y evacuarla en época de lluvias. Tolosaldea (Gipuzkoa). Cortesía de Sustraiak Habitat Design Koop.

1.2. Aprovechamiento de agua de lluvia y reutilización de aguas grises

1.2.1. Barcelona

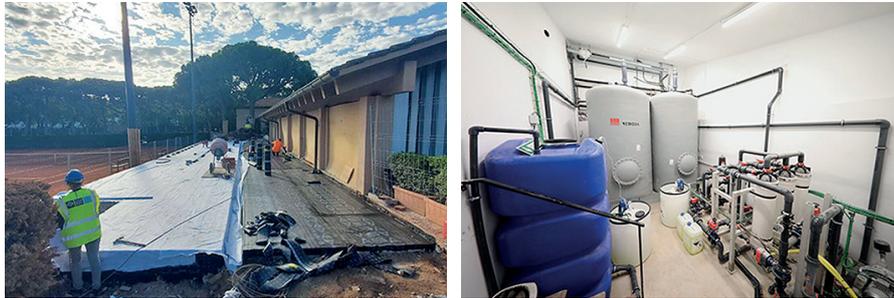


Ilustración 3. Reutilización de aguas grises y pluviales en el Reial Club de Tennis Barcelona 1899, para el riego de jardines y pistas de tenis. Barcelona (Barcelona). 2023. Fuente: RCTB-1899 y ACO.



Ilustración 4. Reutilización de aguas pluviales en el Hotel El Sant Cugat para el riego por aspersión y goteo. El equipo consta de un filtro (retiene y separa partículas de suciedad, hojas y pequeños animales que pueden ser arrastrados con el agua de lluvia) y un depósito de almacenamiento del agua filtrada, localizado en el garaje subterráneo del hotel, con recirculación continua y control de cloro. Sant Cugat del Vallès (Barcelona). 2023. Fuente: ACO Engineering.



Ilustración 5. Reutilización de aguas pluviales en un edificio de viviendas. Vilafranca del Penedès (Barcelona). 2023. Fuente: ACO Remosa.



Ilustración 6. Reutilización de las aguas grises de un edificio de 25 viviendas, para rellenar las cisternas de los inodoros. En la planta subterránea del edificio de 25 viviendas se instaló la estación de reciclaje GREM 2500 VS (sistema vertical formado por 2 equipos capaces de regenerar 2.500 litros/día). Vilanova i la Geltrú (Barcelona). 2022. Fuente: ACO Remosa.

1.2.2. Gipuzkoa



Ilustración 7. Aprovechamiento de las aguas pluviales de los tejados y cubiertas del MUBIL Center, centro de movilidad inteligente y sostenible (Polígono Industrial Eskuzaitzeta Donostia), para el llenado de cisternas de inodoros. Donostia (Gipuzkoa). 2023-2024. Fuente: MUBIL.

1.2.3. Valencia



Ilustración 8. Creación de 3 niveles de parterres inundables (área de biorretención) y gravas filtrantes (SUDS) que tratan y filtran el agua de lluvia de las cubiertas y la escorrentía pluvial de terrazas y zonas adyacentes (pistas de tenis y zona Norte del Club), hasta un depósito de almacenamiento. Mediante bombeo el agua almacenada se utilizará para el riego de jardines y baldeo de las terrazas. Puçol (Valencia). «Plan Verdea SbN. Renaturalización del entorno construido». Fuente: Club de Campo Los Monasterios de la Urbanización Valle R. Los Monasterios.



Ilustración 9. Excavación e instalación de un depósito de 25 m³ para almacenamiento de agua pluvial e instalación de bombeo para su aprovechamiento en el riego de los jardines y baldeo de las terrazas del Club Social. «Plan Verdea SbN. Renaturalización del entorno construido». Puçol (Valencia). Fuente: Club de Campo Los Monasterios de la Urbanización Valle R. Los Monasterios.

2. Medidas de operación y monitorización

Medidas de operación, inspección, mantenimiento, renovación de infraestructuras y preparación ante un episodio de lluvias, así como un sistema de monitorización de los vertidos por desbordamientos en episodios de lluvia con los elementos de control que permitan estimar los caudales, tiempo, volúmenes y contaminantes asociados [art. 259 quinquies.3.c).2º].

2.1. Programa de inspección y limpieza correctiva y preventiva de la red de saneamiento

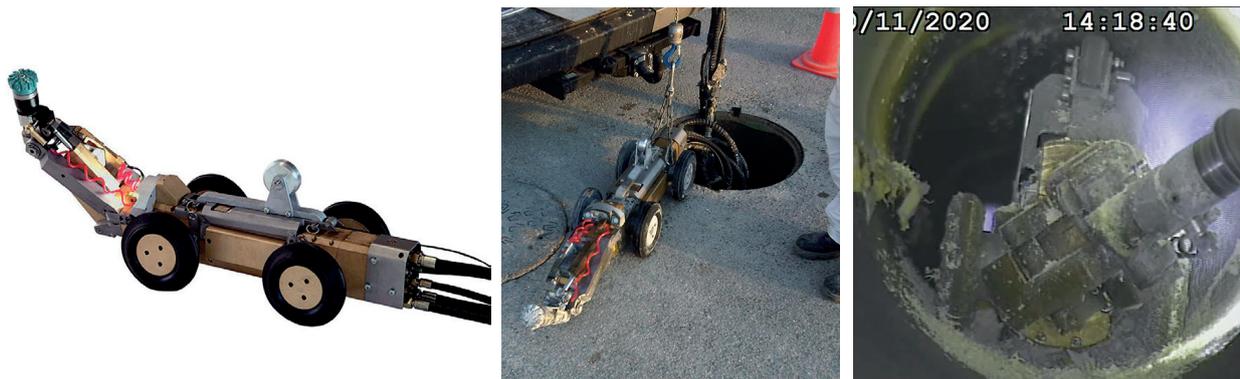


Ilustración 10. Fresadora para el interior del sistema de saneamiento. Fuente: Hidrostack.



Ilustración 11. Tareas de limpieza tras un VDSS (acción correctiva) en el aliviadero Camino de Retama, junto al Puente Jesús Nazareno (Gis 170). Consta de un sistema de retención de sólidos gruesos y flotantes con reboso superior para que el sistema de saneamiento no entre en carga: Las rejas atrapan los primeros sólidos (toallitas higiénicas y papeles) y las bolsas desechables el resto de los sólidos menos voluminosos. Alcalá de Guadaíra (Sevilla). Fuente: EMASESA.

2.2. Monitorización de los VDSS



Ilustración 12. Control cuantitativo de los VDSS: Conjunto de sensor de nivel por ultrasonidos (US) sin contacto + Sensor de velocidad Radar VRad-i sin contacto. Fuente: LACROIX SOFREL.



Ilustración 13. Control cuantitativo y cualitativo de los VDSS: Conjunto de sensor de nivel por ultrasonidos (US) para medir el caudal, sin contacto + Sensor de conductividad + Sensor de pH en vertedero triangular + Registrador de Datos SOFREL LT-US (Data logger). Fuente: LACROIX SOFREL.



Ilustración 14. Caudalímetro con tecnología Radar: Conjunto de sensor de nivel por ultrasonidos (US) sin contacto + Sensor de velocidad Radar VRad-i sin contacto + Registrador de Datos SOFREL LT-US (Data Logger) + Caja estanca de conexión. Se puede calcular el caudal a partir de la fórmula $\text{Caudal} = \text{Velocidad} \times \text{Área mojada}$. Fuente: LACROIX SOFREL.



Ilustración 15. Control cuantitativo y cualitativo de los VDSS: Conjunto de sensor de nivel por ultrasonidos (US) para medir el caudal, sin contacto + Sonda multiparamétrica pH (pH; Redox; temperatura), conductividad [salinidad; Sólidos disueltos (TDS)] y turbidez (Turbidez; Sólidos en suspensión; temperatura) + Registrador de datos SOFREL DL4W (Data logger). Fuente: LACROIX SOFREL.



Ilustración 16. Sonda multiparamétrica: pH (pH; Redox; temperatura), conductividad [salinidad; Sólidos disueltos (TDS)] y turbidez (Turbidez; Sólidos en suspensión; temperatura). Fuente: LACROIX SOFREL.



Ilustración 17. Conjunto: Sensor de conductividad [salinidad; Sólidos disueltos (TDS)] + Registrador de datos DL4W (Data logger). Fuente: LACROIX SOFREL.



Ilustración 18. Control cuantitativo y cualitativo de los VDSS: Conjunto de sensor de nivel por ultrasonidos (US) para medir el caudal, sin contacto + Sonda de pH (pH; Redox; temperatura) + Sonda de conductividad [salinidad; Sólidos disueltos (TDS)] + Registrador de datos SOFREL DL4W-HP (DL4W/LT-US) (Data logger). Fuente: LACROIX SOFREL.



Ilustración 19. Caudalímetro: Conjunto de sensor de nivel por ultrasonidos (US) sin contacto + Registrador de datos SOFREL LT-US (Data logger), sin alimentación eléctrica, en un aliviadero. Fuente: LACROIX SOFREL.

3. Medidas para optimizar el uso de las infraestructuras existentes

Medidas para optimizar el uso de las infraestructuras existentes, incluyendo los sistemas colectores, los volúmenes almacenados y las estaciones depuradoras de aguas residuales, con el objetivo de garantizar que la escorrentía urbana es recogida y tratada, minimizando el vertido del agua residual urbana no tratada en masas de agua [art. 259 quinquies.3.c).2º]:



Ilustración 20. Ejemplo de tanque de tormentas. Fuente: Canal de Isabel II S.A.M.P.

3.1. Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia



Ilustración 21. Ejemplo de tanque de tormentas. Fuente: Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia.

3.2. Alemania



Ilustración 22. Tanque de tormentas rectangular sedimentador (Clarificador). El regulador de caudal de alivio se localiza al fondo para lograr una velocidad horizontal constante en la estructura, favoreciendo la decantación. Se retiene un volumen determinado de agua y se trata por sedimentación antes de su vertido, reduciendo la contaminación de los VDSS en episodios de lluvia. Alemania. Fuente: CleanWater.

4. Otras medidas adicionales, priorizando los SUDS

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 sistemas urbanos de drenaje sostenible, tales como cubiertas ecológicas, jardines verticales, pavimentos permeables, jardines de lluvia, sumideros filtrantes y canales permeables, favoreciendo así la biodiversidad [art. 259 quinquies.3.c.4º]:

- 4.1. Adecuación de infraestructuras (arquetas sifónicas; Red unitaria; Cámaras y pozos de registro; Aliviaderos; PVDSS).
- 4.2. Elementos de retención de sólidos gruesos y flotantes.
- 4.3. Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).
- 4.4. Campañas de concienciación ciudadana.

4.1. Adecuación de infraestructuras (arquetas sifónicas; Red unitaria; Cámaras y pozos de registro; Aliviaderos; PVDSS)

- Cámaras y pozos de registro:

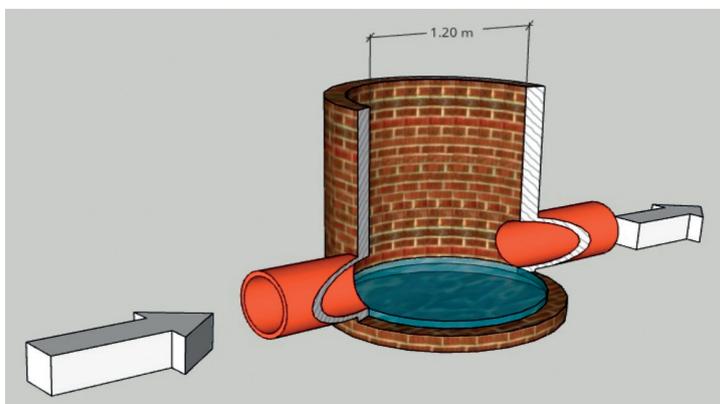


Ilustración 23. Adecuación de infraestructuras. Pozos de registro cada 35/50 m. Fuente: EMASESA.

- Red unitaria:



Ilustración 24. Las válvulas antirretorno tipo pico pato o pinza controlan los retornos de agua de las EDAR o de las crecidas de ríos o mareas. Son pasivas al paso del flujo de agua a su través y no requieren de ninguna fuente de energía. Sustituyen a las clapetas antirretorno ante la presencia de sólidos ya que se cierran incluso con sólidos atrapados en su interior. Cortesía de HidroStank.



Ilustración 25. Clapeta antirretorno circular. Modelo FluidSwing RM con un DN de 600 mm e instalada en el exterior de un tanque de tormentas para evitar que el agua del río/cauce se introduzca en la infraestructura. Asturias. Fuente: CleanWater.

4.2. Elementos de retención de sólidos gruesos y flotantes



Ilustración 26. Tamiz de aliviadero tipo tornillo en espiral (Modelo CWi-OVF). Los sólidos gruesos y flotantes se extraen mediante tornillo vertical a contenedor. Fuente: CleanWater.



Ilustración 27. Tamiz de aliviadero tipo tornillo en espiral, montado aguas abajo. Gestión localizada de los residuos a una arqueta adyacente. Al fondo, aliviadero flexible para verter un elevado caudal (l/s-m) y que no entre en carga el sistema de saneamiento. Fuente: CleanWater.



Ilustración 28. Filtro-Tamiz rotativo (Modelo FluidRotor) (DN 1.200 mm; L 4 m) con devolución de los sólidos gruesos y flotantes al colector. Recomendado para caudales elevados (≤ 1.300 l/s-m). Fuente: CleanWater.

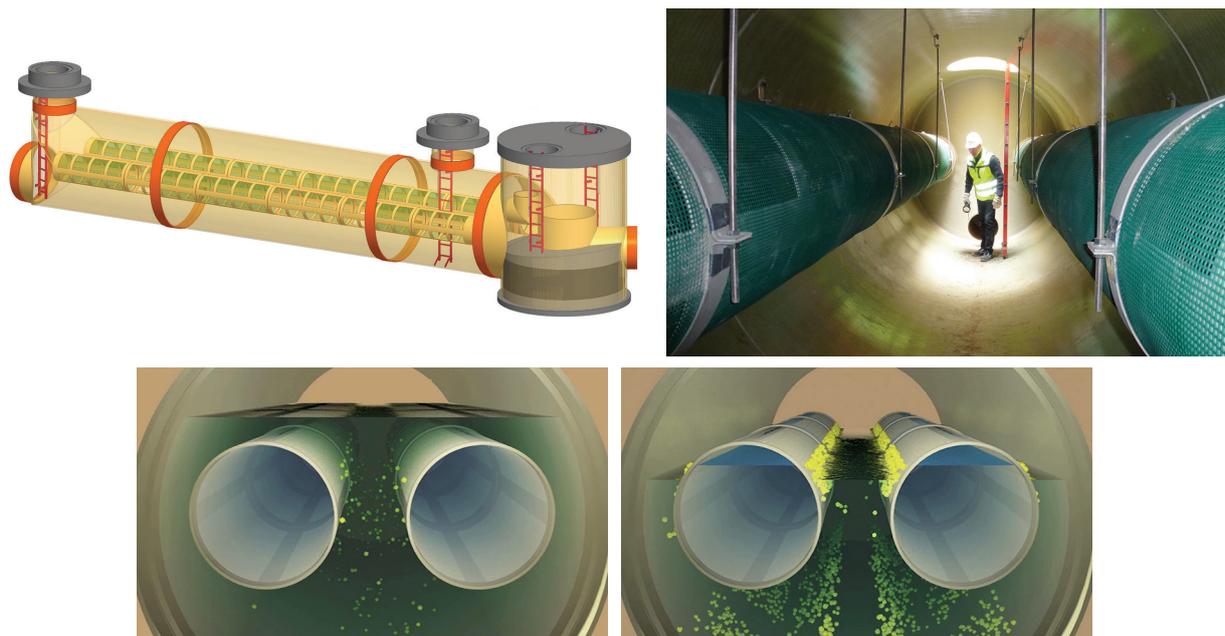


Ilustración 29. Sistema Amiscreen de retención y filtrado de sólidos de > 8 mm para los vertidos en aliviaderos, en el sistema de saneamiento mixto. Fuente: Amiblu.

4.2.1. Barcelona



Ilustración 30. Rejillas en incorporación a cauce. Fuente: Consorci Besòs Tordera.



Ilustración 31. Rejas de retención. Retención de sólidos gruesos y flotantes mediante Grapas TecnoGrabber®. Sant Feliu de Llobregat (Barcelona). Fuente: Tecnoconverting.



Ilustración 32. Retención de sólidos gruesos y flotantes mediante 3 cestas del modelo de alto rendimiento TecnoGrabber® (entradas rectangulares y mallas High-Strength). Manresa (Barcelona). Fuente: Tecnoconverting.



Ilustración 33. Retención de sólidos gruesos y flotantes mediante la instalación de 8 cestas TecnoGrabber® en el Canal de l'Aviació. Prat de Llobregat (Barcelona). 04/05/2023 Fuente: Tecnoconverting.



Ilustración 34. Retención de sólidos gruesos y flotantes mediante la instalación de 10 cestas TecnoGrabber®. Rubí (Barcelona). Fuente: Tecnoconverting.



Ilustración 35. Retención de sólidos gruesos y flotantes mediante 3 cestas TecnoGrabber® en un colector del sistema de saneamiento. Sabadell (Barcelona). Río Ripoll. 21/10/2020. Fuente: Tecnoconverting.



Ilustración 36. Sistema combinado con grapas y un deflector equipado con 14 mallas High-Strength en Riera La Salut. Sant Feliu de Llobregat (Barcelona). 04/05/2023. Fuente: Tecnoconverting.



Ilustración 37. Retención de sólidos gruesos y flotantes tras un episodio de lluvia en el sistema combinado con grapas y un deflector equipado con 14 mallas High-Strength en Riera La Salut. Sant Feliu de Llobregat (Barcelona). Fuente: Tecnoconverting.

4.2.2. Empresa Municipal de Aguas de Gijón (Asturias)

Para dar cumplimiento al RDPH, el Ayuntamiento de Gijón está implantando diversas medidas en instalaciones del sistema de saneamiento. A continuación, se incluyen ejemplos suministrados por la Empresa Municipal de Aguas de Gijón.



Ilustración 38. Muro vertedero y chapa deflectora del aliviadero Pilón 6 Treflería (Gijón). Fuente: Empresa Municipal de Aguas de Gijón, S.A.U.

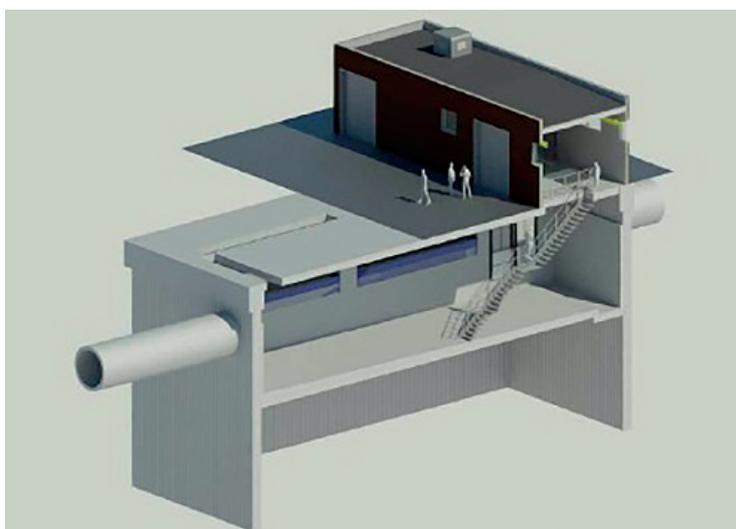


Ilustración 39. Imagen 3D de estructura de tratamiento de pluviales de Pecuaría.

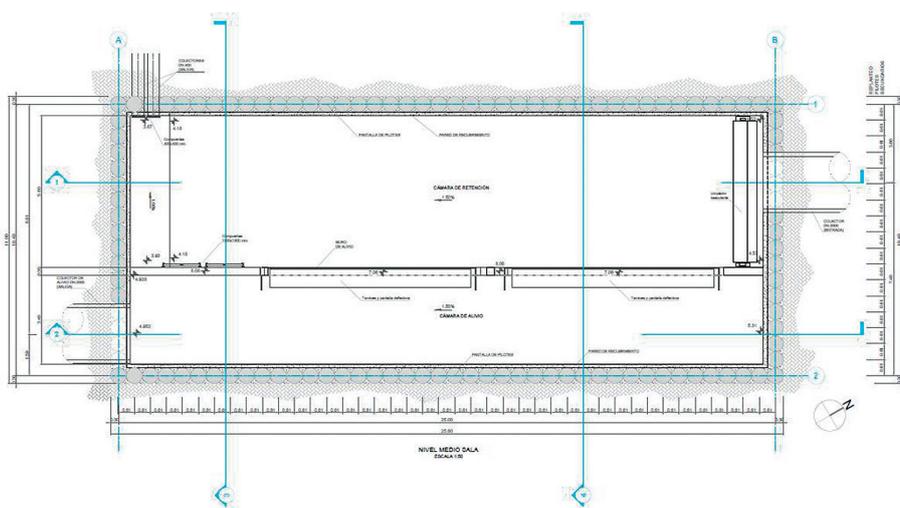


Ilustración 40. Plano de planta de estructura de tratamiento de pluviales de Pecuaría.

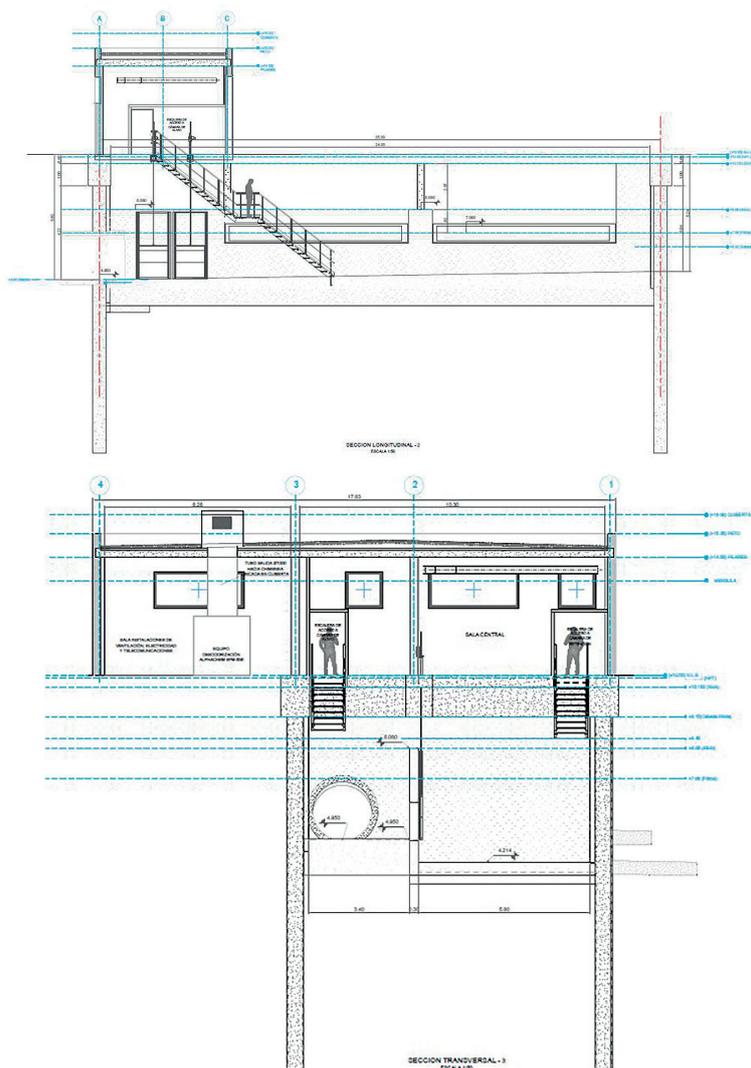


Ilustración 41. Secciones de estructura de tratamiento de pluviales de Pecuaria.

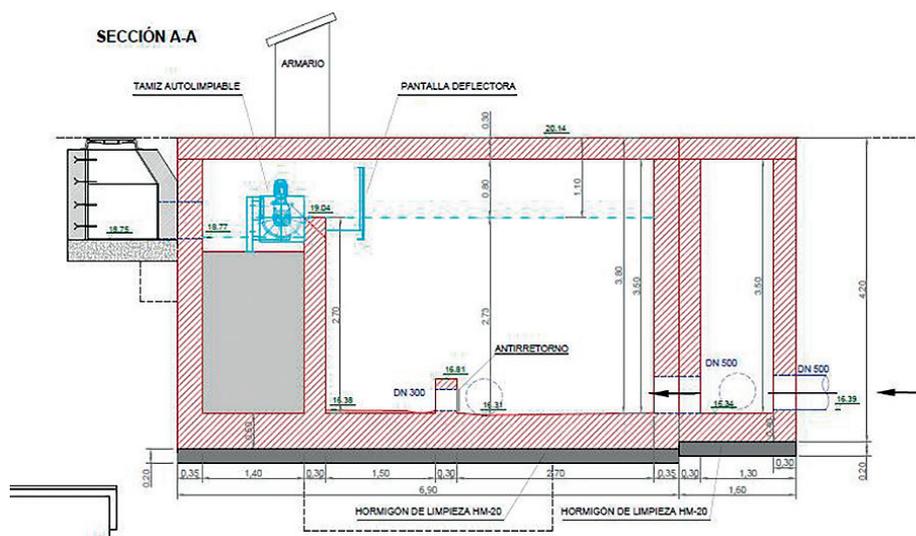


Ilustración 42. Secciones de instalación de tamiz y pantalla deflectora en aliviadero existente para cumplimiento de R.D.

4.2.3. Castellón



Ilustración 43. Tamices en espiral instalados en aliviaderos del sistema de saneamiento de Castellón. Fuente: Ayuntamiento de Castellón.

4.2.4. Madrid



Ilustración 44. Retención de sólidos gruesos y flotantes mediante la instalación de 2 cuellos (acero inoxidable AISI-316) para colectores de 1.500 mm de diámetro con 2 cestas TecnoGrabber®, gestionados por la «Sociedad Española de Ornitología» (SEO BirdLife) en el sistema de saneamiento de Coslada (Madrid), que vierte al río Jarama. Fuente: Tecnoconverting.

4.2.5. Sevilla



Ilustración 45. Sistema de retención de sólidos gruesos y flotantes con rebose superior para que el sistema de saneamiento no entre en carga. Los barrotos autolimpiables atrapan los primeros sólidos (toallitas higiénicas y papeles) y las bolsas desechables el resto de los sólidos menos voluminosos. Aliviadero Camino de las Aceñas o Cercadillos (Gis 100). Río Guadaíra. Alcalá de Guadaíra (Sevilla). Fuente: EMASESA.



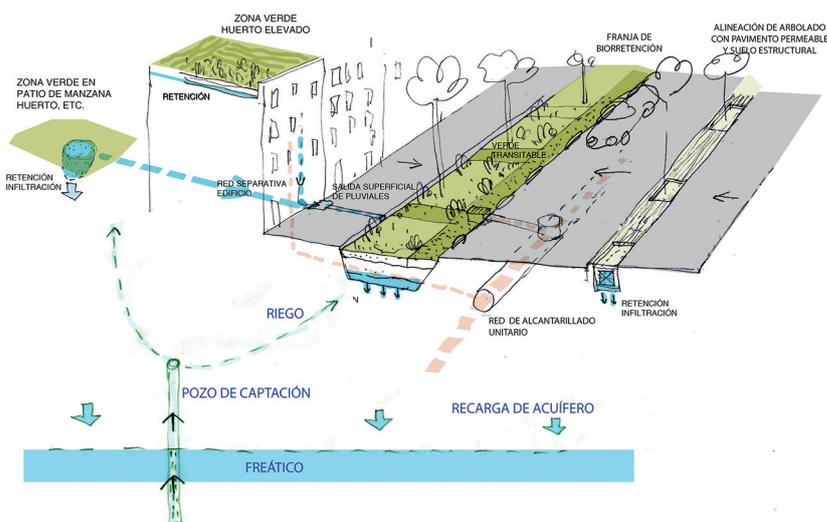
Ilustración 46. Sistema de retención de sólidos gruesos y flotantes con rebose superior para que el sistema de saneamiento no entre en carga: Las rejas atrapan los primeros sólidos (toallitas higiénicas y papeles) y las bolsas desechables el resto de los sólidos menos voluminosos. Aliviadero junto al Puente Jesús Nazareno (Gis 170). Alcalá de Guadaíra (Sevilla). Fuente: EMASESA.

4.3. SUDS



Ilustración 47. Representación de un pavimento permeable con infiltración al terreno. Fuente: SUDS S.L - Atlantis.

4.3.1. Barcelona



CICLE DE L'AIGUA
Districte de Sant Andreu

SUDS

Elaborada: Consell Municipal de Desenvolupament Urbà (CMUD) que treballa amb el Servei de Regim d'Urbanisme de l'Ajuntament d'Barcelona i el Servei d'Enginyeria i Manteniment d'Urbanisme (SEMUR) de l'Ajuntament de Barcelona.

| | |
|----------------------------|--|
| 1. Paviment permeable | 11. Biorretenció, jardineria de pluja i zones verdes |
| 2. Retenció | 12. Alcorcs, zones verdes i zones de pluja |
| 3. Retenció i infiltració | 13. Paviment permeable |
| 4. Retenció i infiltració | 14. Paviment permeable |
| 5. Retenció i infiltració | 15. Paviment permeable |
| 6. Retenció i infiltració | 16. Paviment permeable |
| 7. Retenció i infiltració | 17. Paviment permeable |
| 8. Retenció i infiltració | 18. Paviment permeable |
| 9. Retenció i infiltració | 19. Paviment permeable |
| 10. Retenció i infiltració | 20. Paviment permeable |

Ajuntament de Barcelona

Ilustración 48. Esquema de la cadena de SUDS en cartel informativo sobre la gestión del agua de lluvia. Barrio del Bon Pastor en Barcelona. Fuente: Roberto Soto Fernández, «Instituto Municipal de Urbanismo, Ayuntamiento de Barcelona».



Ilustración 49. Cadena de SUDS: Pavimentos permeables, parterres inundables (jardines de lluvia y áreas de biorretención), alcorques con suelo estructural y carteles informativos sobre la gestión del agua de lluvia. Barrio del Bon Pastor en Barcelona. Fuente: Roberto Soto Fernández, «Instituto Municipal de Urbanismo, Ayuntamiento de Barcelona».

4.3.2. Madrid

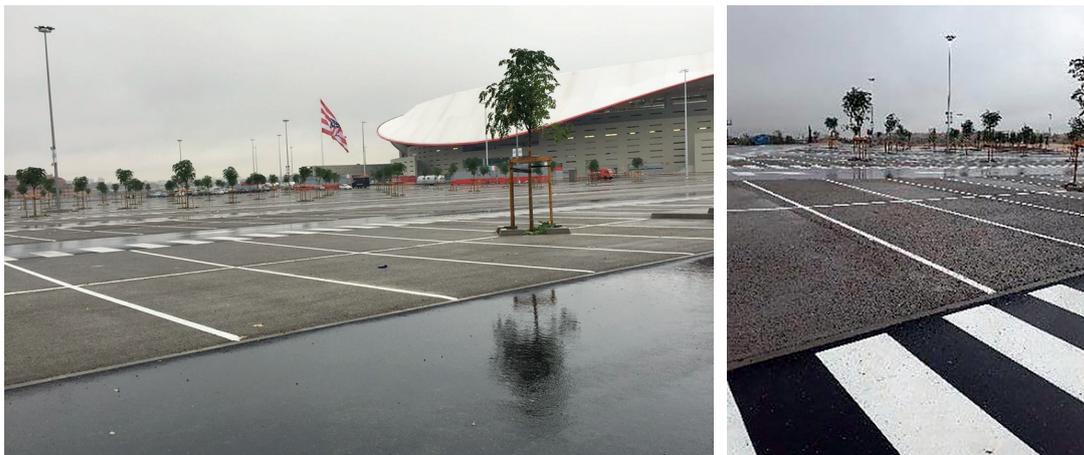


Ilustración 50. Pavimento permeable en el aparcamiento del recinto deportivo del Club Atlético de Madrid. Barrio de Rosas, distrito de San Blas-Canillejas (Madrid). Año 2017. Fuente: Dirección General del Espacio Público, Obras e Infraestructuras del Ayuntamiento de Madrid.



Ilustración 51. Parterre inundable (área de biorretención) y drenes filtrantes. C/ Raimundo Fernández Villaverde (Madrid). Año 2021. Fuente: Dirección General del Espacio Público, Obras e Infraestructuras del Ayuntamiento de Madrid.

4.3.3. Logroño



Ilustración 52. Cubierta ecológica que crea lugares estanciales y de convivencia. Estación de Ferrocarril y Autobuses de Logroño. Años 2012-2013. Fuente: SUDS S.L - Atlantis.

4.3.4. Pamplona

PASO PEATONAL VERDE

[1 INTERVENCIÓN, 4 OBJETIVOS]

OBJETIVO PEATONAL

Eliminación del estacionamiento 5 metros antes de los pasos peatonales (Ordenanza de Morfología)
Aumento de la visibilidad conductores-peatón (señales itinerarias peatonales)
Permite reducir la anchura de los carriles, obligando a los vehículos a reducir la velocidad (calmado de tráfico)

OBJETIVO DRENAJE

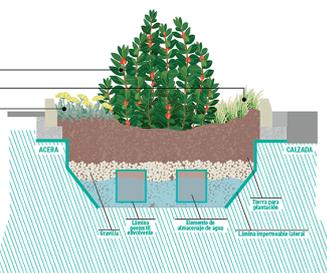
Creación de un sistema de drenaje urbano sostenible
- Permeabilización de superficies
- Reducción de escorrentía superficial y por lo tanto de las inundaciones
- Recarga de acuíferos
- Filtrado de contaminantes presentes en el agua de escorrentía

OBJETIVO BIODIVERSIDAD

Creación de un espacio de protección para la avifauna
El matorral, durante el invierno, ofrece refugio y alimento a las aves
La hierba pluma tiene rápido crecimiento, es poco resistente y muy decorativa
La siempreviva tiene un color amarillo muy atractivo para los insectos polinizadores y desprende un olor similar al curry

OBJETIVO VERDE

Creación de nuevas zonas verdes que acercan la naturaleza a la ciudadanía
Mejora de la calidad ambiental
Fijación CO2
Disminución de la temperatura del entorno
Intervención de bajo coste tanto en la ejecución como en el mantenimiento (sostenibilidad económica)



Proyecto cofinanciado por Gobierno de Navarra



Ilustración 53. Paso peatonal permeable. Instalado en la calle Virgen del Río (Pamplona). Año 2020. Fuente: Hidrostack.

4.3.5. Sevilla



Ilustración 54. Cadena de SUDS en la renovación de la Avda. de las Asociaciones de Vecinos (Sevilla): Pavimento permeable y parterre inundable (área de biorretención). Año 2023. Fuente: Green Blue Management S.L. (Grupo TYPESA).

4.3.6. Tarragona



Ilustración 55. Cunetas vegetadas en el Parque del Anillo de los Juegos Mediterráneos. Tarragona. Año 2024. Fuente: Green Blue Management S.L. (Grupo TYPSA).

4.3.7. Valencia



Ilustración 56. SUDS: Zanjas y pozos de infiltración. Parque Central de Valencia. La escorrentía pluvial llega al depósito una vez ha sido captada y filtrada por las zanjas drenantes. Fuente: «Ciclo Integral del Agua» del «Ayuntamiento de Valencia».



Ilustración 57. Cubierta vegetada (SUDS) en el Centro de Día de Benaguasil (Valencia). Año 2014. Fuente: Green Blue Management S.L. (Grupo TYPESA).

4.3.8. Valladolid

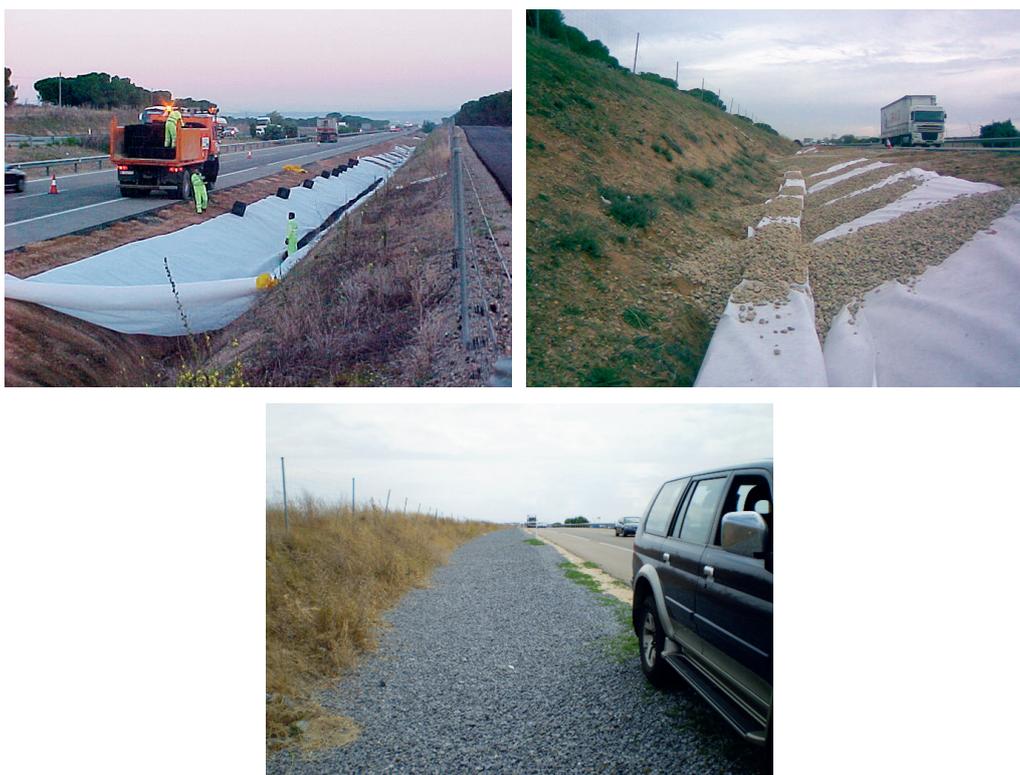


Ilustración 58. Ecocuneta antivuelco construida con cajas drenantes Atlantis envueltas en geotextil y cubiertas con gravilla. Autovía A-6 (Valladolid). Las cunetas permeables permiten aumentar la superficie útil de la carretera integrando el desnivel de las cunetas actuales, transformándolas en superficies permeables, mejorando la seguridad vial y preservando su capacidad de evacuación. Año 2008. Fuente: SUDS S.L - Atlantis.

4.4. Campañas de concienciación ciudadana

4.4.1. Sevilla



Ilustración 59. Campaña de educación y concienciación ambiental (acción preventiva) en relación con la problemática de las toallitas higiénicas. Alcalá de Guadaíra (Sevilla). Fuente: EMASESA.

ANEXOS

RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN
DE PLANES INTEGRALES DE GESTIÓN
DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO

REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO
R.D. 849/1986 R.D. – 665/2023

Anexo V



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

ANEXO

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento



Normativa internacional

A continuación, se resumen los contenidos de guías de redacción de PIGSS en otros países:

1. Alemania. Normativa DWA-A 166. Estructuras de tratamiento y retención de agua de lluvia: diseño estructural y equipamiento. Noviembre 2013.
2. Francia. Elementos para el desarrollo de un Plan Maestro de Gestión de Aguas Pluviales adaptado al contexto local. Febrero 2011.
3. Francia. Guía para la elaboración de un plan de gestión de aguas pluviales. Asociación Regional para el Estudio y Mejoramiento de Suelos. Departamento de Sena Marítimo. Mayo 2006.
4. Canadá. Guía de gestión del agua de lluvia. Estrategias de planificación, principios de diseño y mejores prácticas de gestión de redes de drenaje en zonas urbanas.

1. Alemania. Normativa DWA-A 166

Título original: "Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung – Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung".

Traducción: Estructuras de tratamiento y retención de agua de lluvia: diseño estructural y equipamiento.

Fecha de publicación: noviembre de 2013.

Autor: DWA (Asociación Alemana para la Gestión del Agua, Alcantarillado y Residuos).

Objetivo y Alcance:

La normativa DWA-A 166 establece directrices para el diseño, construcción y equipamiento de estructuras de tratamiento y almacenamiento centralizado de aguas pluviales, con un enfoque en garantizar la funcionalidad hidráulica, la durabilidad de los materiales y la eficiencia operativa a largo plazo. Está orientada a la gestión integral de las aguas de lluvia en entornos urbanos e industriales, especificando los requisitos constructivos y los equipos necesarios para la retención, tratamiento y desagüe controlado del agua de lluvia.

Ámbito de aplicación:

La DWA-A 166 es aplicable a la **planificación y construcción de obras de tratamiento y retención** de aguas pluviales en sistemas de drenaje urbano y rural, tales como:

- **Sistemas de retención** como balsas, estanques, y depósitos subterráneos o superficiales.
- **Instalaciones de tratamiento** que incluyan procesos físicos y químicos (como filtración y separación de sólidos).
- **Sistemas de almacenamiento** de agua tratada para usos posteriores, como riego o reutilización industrial.

Aspectos que desarrolla:

- a. **Diseño Constructivo:** La norma aborda el diseño de estructuras para el tratamiento del agua de lluvia, incluyendo aspectos de estructurales, hidráulicos y funcionales. Se considera:
- b. **Equipamiento y Componentes:** Se especifican los equipos necesarios para el tratamiento y almacenamiento del agua.
- c. **Normativas de Seguridad y Mantenimiento:** La norma a su vez describe los requisitos de seguridad para la operación de estas instalaciones, incluyendo accesos, señalización y medidas contra riesgos ambientales. Además, establece pautas para el mantenimiento regular de las estructuras como objeto de asegurar su **funcionalidad a largo plazo**.
- d. **Medidas para la reducción de costes.**
- e. **Consideraciones Medioambientales:** La normativa subraya la importancia de minimizar el impacto ambiental de las infraestructuras mediante el uso de materiales sostenibles y la integración de soluciones que favorezcan la reutilización del agua y la conservación del entorno natural.

2. Francia

Título original: “Éléments pour l’élaboration d’un Schéma Directeur de Gestion des eaux pluviales adapté au contexte local” (Graie).

Traducción: Elementos para el desarrollo de un Plan Maestro de Gestión de Aguas Pluviales adaptado al contexto local.

Fecha de publicación: febrero de 2011.

Autor: Documento elaborado por el grupo de trabajo regional sobre la toma en cuenta del agua de lluvia a escala de cuenca liderado por Graie (Grupo de investigación, coordinación técnica e información sobre el agua).

Objetivo del Documento:

El presente documento proporciona directrices técnicas para la elaboración de un Plan maestro para la Gestión de Aguas Pluviales, adaptado a las especificidades locales, con el fin de gestionar de manera eficaz el drenaje urbano, minimizando riesgos de inundación, contaminaciones y optimizando el uso de los recursos hídricos. Su enfoque es la integración de las aguas pluviales en la gestión urbana sostenible. Esta guía complementaría la Guide pour la prise en compte des eaux pluviales dans les documents de planification et d’urbanisme (Graie, 2009).

Ámbito de aplicación:

El Plan está diseñado para ser implementado a nivel local, ya sea en municipios individuales o en agrupaciones intercomunales. Su objetivo es abordar la gestión de las aguas pluviales de manera integral, considerando las características específicas del territorio, incluyendo zonas urbanas y rurales, infraestructuras existentes y futuras, así como las particularidades hidrológicas y climáticas locales.

Etapas de elaboración del Plan:

La elaboración de un plan de gestión de aguas pluviales de acuerdo con el documento de referencia se clasifica en 5 fases, agrupadas en dos etapas:

- Paso 1 (Fase 0): Estudio preliminar del alcance del Plan.

- Paso 2: Desarrollo del Plan.
 - Fase 1: Diagnóstico del funcionamiento actual del sistema.
 - Fase 2: Identificación de presiones futuras o previstas.
 - Fase 3: Elaboración de zonificación y prescripciones técnicas.
 - Fase 4: Programa de acción para remediar los problemas actuales o anticipar el futuro próximo.

1. Paso 1 (Fase 0): Estudio Preliminar: que tiene como objetivo:

- **Definir el área de estudio** y los actores involucrados.
- **Recopilar información existente** sobre infraestructuras, hidrología y normativa.
- **Establecer objetivos y la metodología** de análisis.

2. Paso 2: Desarrollo del Plan. En este paso se realizará:

- Fase 1: Diagnóstico del Sistema Actual:
 - Inventario de infraestructuras y evaluación del drenaje.
 - Modelización hidráulica para detectar puntos críticos.
 - Análisis de calidad del agua pluvial y contaminación.
- Fase 2: Identificación de Presiones Futuras:
 - Evaluación del impacto del crecimiento urbano y cambio climático.
 - Identificación de necesidades de ampliación del sistema de drenaje.
- Fase 3: Zonificación y Prescripciones Técnicas:
 - Delimitación de zonas de riesgo de inundación y recarga de acuíferos.
 - Definición de normas y técnicas de drenaje sostenible para nuevas urbanizaciones.
- Fase 4: Programa de acción para remediar los problemas actuales o anticipar el futuro próximo:
 - Diseño de programa de obras en el dominio público (sobre obras existentes o para la construcción de nuevas obras).
 - Diseño de un programa de mantenimiento de obras públicas.
 - Diseño de un programa de estudios complementarios, más detallados y sectoriales.
 - Establecer un calendario de trabajos y estudios futuros.
 - Establecer una estimación económica del programa y un estudio de la financiación que se puede movilizar (también en relación con el impuesto sobre las aguas pluviales).
 - Autocontrol del sistema de gestión del agua de lluvia y, de los entornos receptores.
 - Establecer un programa de comunicación y sensibilización para los actores locales (funcionarios electos y población).

El documento presenta como ejemplo en su parte final distintos estudios previos para la creación de un Plan de Gestión de Aguas Pluviales en entornos rurales, urbanos y periurbanos.

3. Francia

Título original: “Guide d’élaboration d’un schéma de gestion des eaux pluviales”. Association Régionale pour l’Etude et l’Amélioration des Sols. Département de Seine-Maritime”.

Traducción: Guía para la elaboración de un plan de gestión de aguas pluviales. Asociación Regional para el Estudio y Mejoramiento de Suelos. Departamento de Sena Marítimo.

Fecha de publicación: mayo 2006.

Autor: Asociación Regional para el Estudio y Mejoras de Suelos.

Ámbito de aplicación:

El territorio del departamento de Sena Marítimo se enfrenta periódicamente a escorrentías incontroladas que provocan inundaciones y/o contaminación de los recursos hídricos.

La «Guide d’élaboration d’un schéma de gestion des eaux pluviales» es un documento publicado en mayo de 2006 por la «Association Régionale pour l’Étude et l’Amélioration des Sols», en Francia. El objetivo de esta guía es proporcionar un marco técnico y metodológico para la elaboración de documentos urbanísticos y proyectos de obra en las redes de aguas pluviales en el Departamento del Sena Marítimo con objeto de impulsar la creación de un plan de gestión del agua de lluvia pero sin pretender ser un Plan de Prevención de Riesgos de Inundaciones.

Necesidades:

Un plan de gestión de aguas pluviales debe considerar de acuerdo con la guía, los siguientes puntos:

- a. **Análisis del territorio:** Identificar las vaguadas y las zonas de infiltración y retención de escorrentías.
- b. **Impacto de la urbanización:** Evaluar cómo la expansión urbana afecta a la gestión de las aguas pluviales y las posibles obras para regular las escorrentías.
- c. **Protección del agua potable:** Prevenir problemas como la turbidez y la contaminación por lixiviados.

Objetivos principales:

- **Prevención de inundaciones:** Identificar áreas vulnerables y establecer zonas de retención e infiltración.
- **Evaluación del sistema de drenaje:** Analizar las redes de saneamiento pluvial, sus componentes y capacidades.
- **Zonificación del saneamiento de aguas pluviales:**
 - Crear un mapa con las áreas que requieren de una red de aguas pluviales.
 - Definir zonas donde se gestionarán las aguas pluviales sin conexión a la red drenaje central, utilizando estrategias como la infiltración o retención.
- **Propuestas y soluciones:**
 - Priorizar soluciones, combinando medidas preventivas y correctivas, siguiendo un enfoque “upstream-downstream”.
 - Estimar los costes de las soluciones (inversión y operación).

- **Regulación:**

- Desarrollar normativas y recomendaciones técnicas para el saneamiento de aguas pluviales, que no se encuentra centralizado en una red pública de alcantarillado, alineadas con la planificación urbanística.
- Integrar el riesgo de escorrentías e inundaciones en la normativa urbanística, regulando las áreas de riesgo y los elementos del paisaje que ayuden a la gestión del agua.

Objetivo del Plan: gestionar el agua de lluvia de manera sostenible, minimizando riesgos y protegiendo los recursos hídricos.

Fases que establece la guía para la Gestión de las escorrentías en la elaboración de documentos de planificación urbana:

- Fase 1. Diagnóstico del Territorio:
 - Identificación de las características del territorio (topografía, uso del suelo, características de los sistemas de drenaje existentes).
 - Evaluación de las infraestructuras actuales de drenaje (redes de alcantarillado, canales, depósitos, etc.).
 - Estudio de los riesgos asociados a las aguas pluviales (inundaciones, erosión, contaminación de cursos de agua).
- Fase 2. Simulaciones hidráulicas de la red pluvial:
 - Modelizando el estado actual, para compararlo con las averías identificadas en la red.
 - Modelizando el estado futuro teniendo en cuenta los desarrollos urbanísticos futuros.
- Fase 3. Propuestas:
 - Propuesta de las soluciones técnicas y su integración en la planificación territorial.
 - Definición de los puntos de captación de aguas pluviales, su almacenamiento y su eventual tratamiento.
 - Análisis de la viabilidad económica y, posibles ayudas financieras.
 - Implementación de sistemas de monitoreo de las infraestructuras.
 - Establecimiento de planes de mantenimiento y limpieza de los sistemas de drenaje.
 - Evaluación periódica de los resultados y ajustes según necesidades futuras.

La guía está enmarcada en una serie de normativas y políticas ambientales locales y nacionales que buscan reducir los impactos negativos de las aguas pluviales, tanto en términos de inundaciones como de contaminación hídrica. Se alinea con políticas europeas que promueven la gestión sostenible de los recursos hídricos.

4. Canadá

Título original: "Guide de gestion des eaux pluviales". **Stratégies d'aménagement, principes de conception et pratiques de gestion optimales pour les réseaux de drainage en milieu urbain.**

Traducción: Guía de gestión del agua de lluvia. Estrategias de planificación, principios de diseño y mejores prácticas de gestión de redes de drenaje en zonas urbanas.

Autor: Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire.

Objetivos:

El principal objetivo de la Guía de Quebec para la gestión del agua de lluvia es el de presentar diferentes enfoques y técnicas para minimizar los impactos hidrológicos que pueden asociarse con el desarrollo urbano. El documento pretende esencialmente ser una herramienta práctica para guiar a los proyectistas de sistemas de drenaje, así como a otros actores involucrados en el desarrollo urbano en la identificación, uso e implementación de mejores prácticas para la protección de los recursos hídricos que puedan verse afectados por la escorrentía urbana.

Ámbito y contenido:

Aunque varias de las técnicas presentadas en la guía pueden aplicarse bajo ciertas condiciones en un entorno rural, esta se refiere principalmente al agua de lluvia en un entorno urbano.

La guía aborda en 13 capítulos y tres apéndices los siguientes puntos:

1. Impactos del desarrollo urbano sobre la escorrentía y justificaciones.
2. Planificación integrada de la gestión de las aguas pluviales en Québec.
3. Desarrollo territorial y gestión de aguas pluviales.
4. Sistema de drenaje en zona urbana.
5. Evaluación cuantitativa de la escorrentía - aspectos hidrológicos.
6. Aspectos hidráulicos para el análisis y diseño de redes de drenaje.
7. Calidad del agua de lluvia.
8. Control de la erosión de arroyos.
9. Modelización.
10. Prácticas óptimas de gestión del agua de lluvia.
11. Consideraciones de operación, mantenimiento y monitoreo.
12. Costes de construcción y operación.
13. Cuadro de análisis de apoyo a decisiones.

ANEXO A Plantaciones.

ANEXO B Caracterización.

ANEXO C Ejemplos de aplicación.

ANEXOS

RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN
DE PLANES INTEGRALES DE GESTIÓN
DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO

REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO
R.D. 849/1986 R.D. – 665/2023

Anexo VI



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

ANEXO

Recomendaciones para la elaboración
de planes integrales de gestión
del sistema de saneamiento

VI



Estructura del Informe Anual con las Medidas realizadas y los resultados del Sistema de Monitorización de los Vertidos por Desbordamientos [arts. 251.2.C) y 259 quinquies.5 del RDPH]

A continuación, se muestra una estructura del Informe anual de las medidas y resultados del sistema de saneamiento en relación con los VDSS, a remitir a los Organismos de cuenca en cumplimiento de los artículos 251.2.c) y 259 quinquies.5 del RDPH:

Informe anual de las medidas y resultados del sistema de saneamiento en relación con los VDSS [arts. 251.2.c) y 259 quinquies.5 del RDPH]

1. Documento (versión/autores).
2. Expediente de Autorización de Vertido.
3. PIGSS asociado.
4. Conjunto de medidas realizadas:
 - Actuaciones para controlar la contaminación (con fichas resumen de las actuaciones previstas, así como esquemas y planos descriptivos de las mismas):
 - Programa de operación y mantenimiento del sistema de saneamiento.
 - Medidas para la eliminación de VDSS en tiempo seco.
 - Medidas para la maximización de la capacidad de almacenamiento en la red de saneamiento.
 - Medidas para la maximización de caudales transportados a EDAR para tratamiento.
 - Programa de vigilancia y caracterización de los VDSS.
 - Medidas para la reducción de la contaminación en VDSS.
 - Medidas para limitar la presencia de sólidos y flotantes en VDSS.
 - Otras actuaciones.
 - Cronograma de ejecución de las actuaciones.

5. Elementos de control de las medidas, obras e instalaciones para limitar la contaminación producida por VDSS:

Se deben describir los elementos de control de las medidas, obras e instalaciones consideradas para limitar la contaminación producida por los VDSS, adjuntándose la documentación necesaria que lo acredite.

- N.º elemento de control: Se deben consignar tantos elementos de control como existan, asignándoles un número consecutivo.
- N.º de los PVDSS asociados: Se deben indicar todos los PVDSS, según la numeración asignada en el Formulario 5'.1.A que están asociados al elemento de control. En caso de existir más de un punto de vertido del desbordamiento, se indicarán todos ellos separados por comas.
- Tipo de elemento de control: Se debe incluir una breve descripción del elemento de control: caudalímetro, limnómetro, medidor en continuo de determinados parámetros de contaminación, tomamuestras automático para mediciones discretas, etc.
- Objetivo del elemento de control: Se debe indicar el objetivo del elemento de control.
 - Medición de caudal.
 - Medición de nivel.
 - Caracterización de la contaminación.
 - Otros.
- Ubicación del elemento de control: Se debe indicar la ubicación del elemento de control.
 - Provincia.
 - Municipio.
 - Localidad.
 - Coordenadas ETRS89:
 - UTM X (6 dígitos).
 - UTM Y (7 dígitos).
 - Huso.

6. Resultados del sistema de monitorización de los VDSS [art. 259 quater.1.c) y Anexo XI.8].

- Información anual de los PVDSS monitorizados:

| PIGSS: | | | | | | | | | EXP. Adv: | | | | | |
|-----------------------|----------------------|---------------|----------------|------|-------------------------------|-------------|-------------|--|---------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------|--|
| PVDSS (Código único): | | LOCALIZACIÓN: | | | | | | | AÑO DE MEDICIÓN: | | | | | |
| Número del evento | CONTROL CUANTITATIVO | | | | | | | | CONTROL CUALITATIVO | | | | | |
| | Inicio del evento | | Fin del evento | | Tiempo de duración del evento | | | Volumen estimado del VDSS (m ³ /evento) | Ph | Conductividad (µS/cm a 25°C) | Turbidez (NTU) | Sólidos en Suspensión (mg/L) | Otros parámetros | |
| | Fecha | Hora | Fecha | Hora | Días | Horas | Segundos | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL: | | | | | | SUMA | SUMA | SUMA | SUMA | PROMEDIO | PROMEDIO | PROMEDIO | PROMEDIO | |

El Real Decreto 665/2023, de 18 de julio, ha modificado de una manera significativa el RDPH en relación con los vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia (VDSS) y, en su Anexo XI se ha desarrollado la «Norma técnica básica para el control de los vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia», que establece ciertas condiciones para las autorizaciones de vertido que cuenten con VDSS.

El artículo 259 quinquies impone la obligación de elaborar el documento denominado «Plan integral de gestión del sistema de saneamiento» (PIGSS) a las siguientes aglomeraciones urbanas (AAUU):

- Aglomeraciones de ≥ 50.000 h-e.
- Aglomeraciones de ≥ 10.000 h-e y < 50.000 h-e, 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, siendo evaluadas individualmente por los organismos de cuenca.
- Aglomeraciones de < 10.000 h-e cuyos vertidos tienen una especial incidencia en el medio receptor, siendo seleccionadas motivadamente por los organismos de cuenca,

además de alcanzar cierto rendimiento hidráulico indicativo (η_{HID}) (Anexo XI.6), lo que supone un nuevo enfoque en la gestión de los VDSS.

Mediante los PIGSS se conocerá la situación actual del sistema de saneamiento de cada aglomeración urbana, estableciéndose unos objetivos indicativos a alcanzar, entre ellos, el rendimiento hidráulico indicativo (η_{HID}), para ello, las aglomeraciones urbanas adoptarán medidas preventivas basadas en la naturaleza, medidas de operación, inspección, mantenimiento e, incluso, renovación de infraestructuras, siendo necesaria la monitorización de los VDSS donde se estimarán sus caudales, el tiempo, los volúmenes y la contaminación de dichos vertidos. Además, se deben contemplar medidas para optimizar el uso de las infraestructuras existentes u otras medidas adicionales, siempre priorizando los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).

Para alcanzar los objetivos indicativos se imponen unos plazos para la ejecución de las actuaciones donde la monitorización de los VDSS deberá implantarse durante los tres primeros años de vigencia del PIGSS y, el resto de las medidas, hasta los diez años o en el periodo que se establezca en la autorización de vertido.

En definitiva, este documento pretende servir de orientación a los titulares de autorizaciones de vertido que deban elaborar un PIGSS, en cumplimiento de la normativa en vigor y con el objetivo de asegurar el buen estado de las masas de agua receptoras de los VDSS.