

### **3.7 CICLO INTEGRAL DEL AGUA URBANA. SISTEMAS DE GESTIÓN Y ATENCIÓN AL CIUDADANO, CAPTACIÓN Y POTABILIZACIÓN, DISTRIBUCIÓN, ALCANTARILLADO Y DRENAJE URBANO, DEPURACIÓN Y GESTIÓN DE LODOS.**

#### **ÍNDICE**

3.7 SISTEMAS DE GESTIÓN DEL CICLO INTEGRAL Y ATENCIÓN AL CIUDADANO .....	2
3.7.1 GESTIÓN DEL CICLO INTEGRAL: CAPTACIÓN Y POTABILIZACIÓN .....	8
3.7.2 GESTIÓN DEL CICLO INTEGRAL: DISTRIBUCIÓN .....	10
3.7.3 GESTIÓN DEL CICLO INTEGRAL: ALCANTARILLADO Y DRENAJE URBANO .....	12
3.7.4 GESTIÓN DEL CICLO INTEGRAL: DEPURACIÓN .....	15
3.7.5 GESTIÓN DEL CICLO INTEGRAL: GESTIÓN DE LODOS EN LA DEPURACIÓN .....	18

## SERVICIO

### 3.7 SISTEMAS DE GESTIÓN DEL CICLO INTEGRAL Y ATENCIÓN AL CIUDADANO

#### DESCRIPCIÓN

La gestión del ciclo integral del agua urbana abarca la completa y compleja labor de manejo de los sistemas o procesos que permiten el abastecimiento urbano (con aguas aptas para el consumo), la reutilización (para usos distintos al consumo humano) así como el saneamiento de las aguas residuales (ya usadas) generadas en las ciudades. En España, la gestión se desarrolla por entidades públicas, empresas privadas o mixtas, aplicándose diversos modelos de colaboración público-privada en forma de BOT y derivados, y mediante concesiones o contratos de servicios.

El ciclo del agua urbana, desde que el recurso se capta o recoge y llega al grifo, hasta que, una vez usado, se devuelve a la naturaleza o se reutiliza, se puede dividir en tres fases: abastecimiento, saneamiento y reutilización. A lo largo del ciclo integral existen actores encargados de los aspectos técnicos y de la gestión comercial, sistema de tarifas, atención al cliente, análisis de indicadores y datos, y elaboración de estándares y normativa técnica.

- El abastecimiento abarca las fases desde la captación de agua hasta que llega a las acometidas y contadores de los edificios.
- El saneamiento se encarga del agua que sale de las casas ya utilizada y la devuelve a su cauce natural respetando el medio ambiente.
- La reutilización, que se lleva a cabo en algunos casos, aprovecha el agua para usos distintos al consumo humano como el riego de jardines, la agricultura o algunos usos industriales.

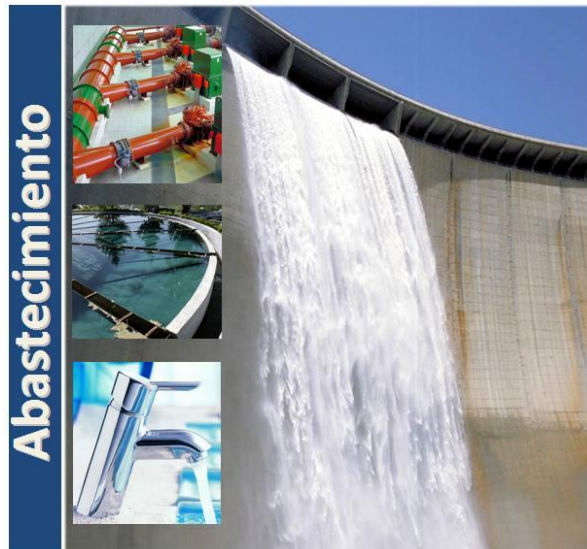
Una labor fundamental dentro de la gestión del ciclo integral del agua urbana es la atención al cliente, que busca la cercanía y comodidad del cliente, la agilidad e inmediatez de las gestiones y la completa y transparente información.

Aproximadamente el 20 % del agua consumida en España se destina al uso urbano (4.066 Hm<sup>3</sup> al año). El 70% del consumo urbano corresponde al consumo propiamente doméstico, y la media a nivel nacional es de 122 litros por habitante y día. Se registran más de 580.000 boletines (3,6 millones de determinaciones analíticas) anuales de control de calidad en 6.600 zonas de abastecimiento. En cuanto al saneamiento y depuración de aguas residuales se gestionan 70 millones de habitantes equivalentes (con tratamiento secundario o biológico). Los operadores españoles gestionan agua a 47 millones de españoles, a 58 millones de visitantes y turistas y prestan servicio a más de 100 millones de personas en el resto del mundo. Reutilizamos, con plena garantía, 430 Hm<sup>3</sup> al año, algo más del 10% del volumen total usado en el ámbito urbano.

#### Abastecimiento:

- Aducción o Captación: El agua se capta de fuentes como ríos, embalses, pozos, o incluso del mar para ser desalada, se regula y almacena para su uso a largo plazo, se transporta desde su origen a las áreas urbanas y se potabiliza para asegurar las adecuadas condiciones sanitarias. Se conoce como “agua en alta” a la fase de abastecimiento a los depósitos urbanos, y “aguas prepotables” las aguas sin tratar.

- **Distribución:** El agua “apta para consumo humano” se almacena en depósitos urbanos y se conduce por tuberías de transporte y secundarias (formando complejas redes malladas) hasta llegar a las acometidas y contadores de los edificios.



**Ilustración 1: Distintas fases del abastecimiento: captación, potabilización y distribución.**

### Saneamiento:

- **Alcantarillado:** Las aguas urbanas una vez usadas y producidas por las viviendas, o vertidas por los comercios e industrias urbanas, se recogen, de manera conjunta o separada de las aguas de lluvia, a través de tuberías para su transporte hacia los sistemas de depuración y vertido.
- **Depuración:** Dichas aguas residuales, así recogidas, se depuran merced a complejas y tecnificadas infraestructuras dotadas con procesos físicos, químicos y biológicos, y se vierten a los cauces naturales en condiciones de salubridad y respeto al medio ambiente. La contaminación se separa y se convierte en productos inocuos o aprovechables, tales como fertilizantes, enmiendas orgánicas o son empleados para la producción de energía



**Ilustración 2: Fase de recolección de las aguas residuales (alcantarillado) en el saneamiento.**

### Reutilización:

Es una fase fundamental en un país seco, como es el caso de gran parte del territorio español. Permite reaprovechar un recurso escaso.

- **Regeneración:** Las aguas residuales convenientemente depuradas pasan por un tratamiento complementario de afino, llevado a cabo en infraestructuras específicas, para su posterior utilización segura (desinfección), en usos distintos al consumo humano (riego de jardines, producción agrícola, usos industriales....)
- **Transporte:** El agua regenerada se transporta y se entrega al usuario de reutilización mediante tuberías, diseñadas de manera diferente a las de abastecimiento para evitar su confusión. Es usual que sea sometida a procesos de desinfección adicionales en el punto de uso.

### Atención al cliente:

Con el objetivo de atender al usuario receptor del servicio y propiciar la máxima comodidad y garantías al cliente, facilitar la simplicidad, agilidad e inmediatez en las gestiones y la transparencia en la información, se llevan a cabo prácticas para facilitar los mecanismos de facturación y cobro, habilitando todas las figuras posibles en una sociedad avanzada y compleja, se establecen alertas a la ciudadanía (recomendaciones de consumo, campañas de ahorro eficiente, avisos de incidencias o averías o de actuaciones programadas, etc.), acciones de marketing en medios convencionales y emergentes (publicidad de consumo responsable) y se estructuran modelos tarifarios para una gestión óptima de los recursos. En este respecto, el modelo español considera como condiciones imprescindibles y “buenas prácticas” la adecuada gestión de las tarifas y la promoción del uso racional y responsable del agua.

La estructuración de dichos modelos tarifarios está enfocada a alcanzar los principios básicos de autosuficiencia económica (cobertura de costes del servicio), la equidad e igualdad por criterios de uso (en cada sistema o unidad de gestión), y la progresividad del precio a la magnitud del consumo (“bloques” de consumo a precios crecientes) buscando el resultado óptimo para el mantenimiento y el progreso de los estándares de servicio, la satisfacción de los clientes y de la ciudadanía en general.



**Ilustración 3: Oficina de atención al cliente.**

## GOBERNANZA

En España disponemos de una gran diversidad, riqueza y coexistencia de modelos de gobernanza, teniendo presente que las responsabilidades políticas y administrativas son diferentes en función de la parcela del ciclo integral a que nos refiramos.

Así, son las Demarcaciones Hidrográficas (Cuencas), dependientes del Estado Central o de las Comunidades Autónomas (CCAA), las responsables de la administración y control del recurso “natural”, tanto como en la fuente como en la devolución de las aguas usadas a los cauces. Los ayuntamientos son los responsables de los servicios de distribución y alcantarillado y, junto con las CCAA, son los encargados de la depuración de las aguas residuales. Las CCAA y el propio Estado (Ministerio de Sanidad) son los reguladores en materia de calidad de aguas “aptas para el consumo humano”.

## TECNOLOGÍAS

La gestión del ciclo integral del agua es una actividad compleja que tiene dos grandes condicionantes:

- Multidisciplinariedad (de acciones, labores, trabajos y técnicas). Entre otras:
  - Técnica hidráulica
  - Procesos físico-químicos y biológicos
  - Técnicas de ingeniería sanitaria y ambiental
  - Laboratorios de control de calidad
  - Mantenimiento industrial
  - Comunicaciones y telecontrol
  - Técnicas informáticas y automáticas (Bases de datos complejas)
  - Relaciones comerciales con clientes
  - Seguridad
  - Estructuración y gestión tarifaria
  - Gestión empresarial (económica/financiera)
- Gran incidencia social:
  - Por ser el agua un bien básico y vital y, en España, un recurso escaso
  - Sanidad, higiene y salubridad
  - Soporte de procesos productivos e industriales
  - Recurso básico medioambiental
  - Gestión de recursos no convencionales
  - Política y legal

Son muchas y complejas las tareas de gestión (véanse fichas complementarias) que los operadores de servicio gestionan. Sin esas tecnologías, experiencias en la aplicación de “buenas prácticas” y control de procedimientos no se podría ofrecer, durante las 24 horas al día, los 365 días al año, durante años, la calidad del producto y los servicios que los asentamientos urbanos requieren para la sostenibilidad, desarrollo y seguridad sanitaria de sus habitantes, y a un precio asequible y muy competitivo (la incidencia en el presupuesto familiar es del 0,7%).

## INFRAESTRUCTURA

Son muchas las infraestructuras y servicios que se requieren para atender a las demandas ciudadanas y sociales, destacando: presas, azudes, tomas, canales, tuberías, impulsiones, acueductos, estaciones de tratamiento de agua potable, plantas de desalación, depósitos, redes de tuberías de distribución, acometidas, contadores de medición individual, bombes de aguas residuales, imbornales, sumideros, redes de

alcantarillado, colectores, emisarios, estaciones depuradoras de aguas residuales, tanques de laminación o tormentas, plantas de secado, incineración o compostaje de fangos y producción de biosólidos, plantas de regeneración de aguas depuradas previamente, tuberías de transporte de aguas reutilizables, entre otras.

En España se gestionan más de 150.000 Km de tuberías de agua potable (3,2 m/hab.) y 95.000 Km. de colectores de alcantarillado (2,01m/hab.). Disponemos de una capacidad de almacenamiento en depósitos urbanos superior a dos días de consumo, en valor medio. Tenemos instalados 0,4 contadores de medición por habitante censado.

### MÁS INFORMACIÓN:

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua	<a href="http://www.magrama.gob.es/es/agua">http://www.magrama.gob.es/es/agua</a>
Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS)	<a href="http://www.aeas.es">www.aeas.es</a>
Asociación de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a poblaciones (AGA)	<a href="http://www.asoaga.com">www.asoaga.com</a>
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	<a href="http://www.tecniberia.es">www.tecniberia.es</a>

### ALGUNOS EJEMPLOS DE CASOS DE ÉXITO

Muchos son los operadores que prestan servicio en condiciones de excelencia, entre ellos los de mayor tamaño se relacionan a continuación (puede verse la relación de asociados a AEAS y AGA en las páginas web citadas con anterioridad):

Canal de Isabel II Gestión S.A.	<a href="http://www.canalgestion.es">http://www.canalgestion.es</a>
Aigües de Barcelona S.A.	<a href="http://www.aiguesdebarcelona.cat/inicio">http://www.aiguesdebarcelona.cat/inicio</a>
Aguas de Valencia S.A.	<a href="http://www.aguasdevalencia.es">http://www.aguasdevalencia.es</a>
Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla S.A. (EMASESA)	<a href="http://www.emasesa.com/">http://www.emasesa.com/</a>
Consortio de Aguas Bilbao Bizkaia	<a href="https://www.consorciodeauas.com">https://www.consorciodeauas.com</a>
Empresa Municipal de Aguas de Málaga S.A. (EMASA)	<a href="https://www.emasa.es/">https://www.emasa.es/</a>
Empresa Municipal de Aguas de Córdoba S.A. (EMACSA)	<a href="http://www.emacsa.es/">http://www.emacsa.es/</a>
Empresa Municipal de Aguas de La Coruña S.A. (EMALCSA)	<a href="http://www.emalcsa.es/">http://www.emalcsa.es/</a>

<p>Aguas Municipales de Vitoria-Gasteiz S.A. (AMVISA)</p>	<p><a href="http://www.vitoria-gasteiz.org/we001/was/we001Action.do?idioma=es&amp;accionWe001=ficha&amp;accion=amvisa">http://www.vitoria-gasteiz.org/we001/was/we001Action.do?idioma=es&amp;accionWe001=ficha&amp;accion=amvisa</a></p>
<p>Mancomunidad de la Comarca de Pamplona</p>	<p><a href="http://www.mcp.es/agua">http://www.mcp.es/agua</a></p>
<p>Sociedad Municipal Aguas de Burgos S.A.</p>	<p><a href="https://www.aguasdeburgos.com/">https://www.aguasdeburgos.com/</a></p>
<p>Aigües de Vic S.A.</p>	<p><a href="http://www.aiguesvic.com/es/inicio">http://www.aiguesvic.com/es/inicio</a></p>
<p>Acciona Agua S.A.</p>	<p><a href="http://www.acciona-agua.es/">http://www.acciona-agua.es/</a></p>
<p>Hidrogea Gestión Integral de Aguas de Murcia S.A.</p>	<p><a href="http://www.hidrogea.es">http://www.hidrogea.es</a></p>
<p>Aqualia Gestión Integral del Agua S.A.</p>	<p><a href="http://www.aqualia.es/">http://www.aqualia.es/</a></p>
<p>Valoriza Agua S.L.</p>	<p><a href="http://www.valoriza-agua.com/">http://www.valoriza-agua.com/</a></p>

## SERVICIO

### 3.7.1 GESTIÓN DEL CICLO INTEGRAL: CAPTACIÓN Y POTABILIZACIÓN

La gran incidencia social del servicio de la gestión del ciclo integral del agua urbana es un condicionante a tener en cuenta a lo largo del proceso. Se ofrece este bien básico escaso y vital que los asentamientos urbanos requieren para su sostenibilidad, desarrollo y para la seguridad sanitaria de sus habitantes durante las 24 horas al día, los 365 días al año. Todo ello a un precio asequible y muy competitivo.

La potabilización del agua se lleva a cabo para asegurar las adecuadas condiciones sanitarias y aptitud para el consumo humano. Las Plantas de Tratamiento de Aguas Potables (ETAP) se alimentan de agua natural del embalse y producen a la salida esta “agua apta para consumo humano”, es decir, son las responsables de suministrar el agua en perfectas condiciones sanitarias. Las sustancias no deseadas que se eliminan del agua se concentran como fangos y se someten a un tratamiento adecuado, aprovechándose en algunos casos para el relleno de canteras o como material de construcción.

En las ETAP se llevan a cabo procesos físico-químicos y se aplican técnicas para alcanzar la eficiencia en el consumo energético, en el empleo de reactivos químicos, en las aguas de lavado y en la inertización de los lodos resultantes.

En la operación de estos sistemas e infraestructuras se emplean técnicas de simulación de procesos (modelización), que permiten tomar decisiones de operación sobre una base más técnica y científica, y sistemas de control industrial tipo SCADA, sensores de calidad “on line”, y se hace uso de modernas redes de comunicaciones que aseguran la posibilidad de telecontrol y telemando, facilitando la operación a distancia.

El mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo se aplica a la compleja maquinaria y al equipamiento electro-mecánico.

Desde el punto de vista del control de la calidad, los parámetros que se determinan son agentes biológicos, químicos o físicos que se controlan en el agua de consumo para conocer la calidad de esta. Usualmente se controlan (por el SINAC) 53 parámetros oficiales que nos indican si un agua de consumo podría tener un riesgo para la salud, en el caso de sobrepasar unos determinados valores señalados en la legislación. El tipo de parámetros que se recogen en el SINAC son:

- Microbiológicos: indican sobre todo el riesgo de posible contaminación fecal y sus riesgos derivados.
- Químicos: indican una contaminación química industrial, agrícola, urbana o por el propio tratamiento de potabilización realizado de forma inadecuada.
- Indicadores: señalan la calidad general del agua, la eficacia del tratamiento de potabilización y la posible aceptación del consumidor.
- Radiactivos: indican la posible contaminación natural o artificial por elementos radiactivos.





**Ilustración 4: Filtros de arena**



**Ilustración 5: Decantador de una ETAP**

**MÁS INFORMACIÓN:**

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua	<a href="http://www.magrama.gob.es/es/agua">http://www.magrama.gob.es/es/agua</a>
Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS)	<a href="http://www.aeas.es">www.aeas.es</a>
Asociación de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a poblaciones (AGA)	<a href="http://www.asoaga.com">www.asoaga.com</a>
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	<a href="http://www.tecniberia.es">www.tecniberia.es</a>

## SERVICIO

### 3.7.2 GESTIÓN DEL CICLO INTEGRAL: DISTRIBUCIÓN

La distribución es la fase por el cual el agua “apta para consumo humano” se almacena en depósitos urbanos y se conduce por tuberías de transporte y reparto que se conforman en complejas redes malladas hasta llegar a las acometidas y contadores de los edificios o de las viviendas.

Se emplean, en su operación y mantenimiento o conservación, complejos modelos informáticos de simulación de redes (apoyados en GIS) para estimar y conocer caudales y presiones de la red urbana de tuberías; técnicas para la reducción de fugas (mediante geófonos, correladores y otras técnicas avanzadas); se emplean georradars para la detección de la posición de las tuberías antiguas y balizas electrónicas para la localización de las nuevas; se elaboran planes de renovación (selección y priorización) de conducciones y se emplean caudalímetros electrónicos e inteligentes, y sistemas de telelectura a distancia de los mismos. El empleo de estas tecnologías, medidas y procedimientos de trabajo permiten alcanzar un eficiente rendimiento técnico de la red y han hecho posible reducir la dotación de agua- la que sale de los depósitos de distribución para el consumo en viviendas, industrias, comercios y servicios de la ciudad como el riego de jardines y parques- en un 24% en los últimos 20 años, de los 310 litros por habitante y día a los 236 litros actuales que tenemos en España.

La infraestructura en distribución está configurada por todo el sistema de almacenamiento diario (depósitos urbanos), tuberías de transporte (en régimen hidráulico de presión) y redes malladas y sectorizadas de conducciones para suministro urbano y domiciliario, las acometidas y los sistemas de medición individual (contadores).

Las infraestructuras más relevantes son los depósitos urbanos, los bombeos de presión, la red de distribución, las galerías de servicios y las acometidas de usuarios.

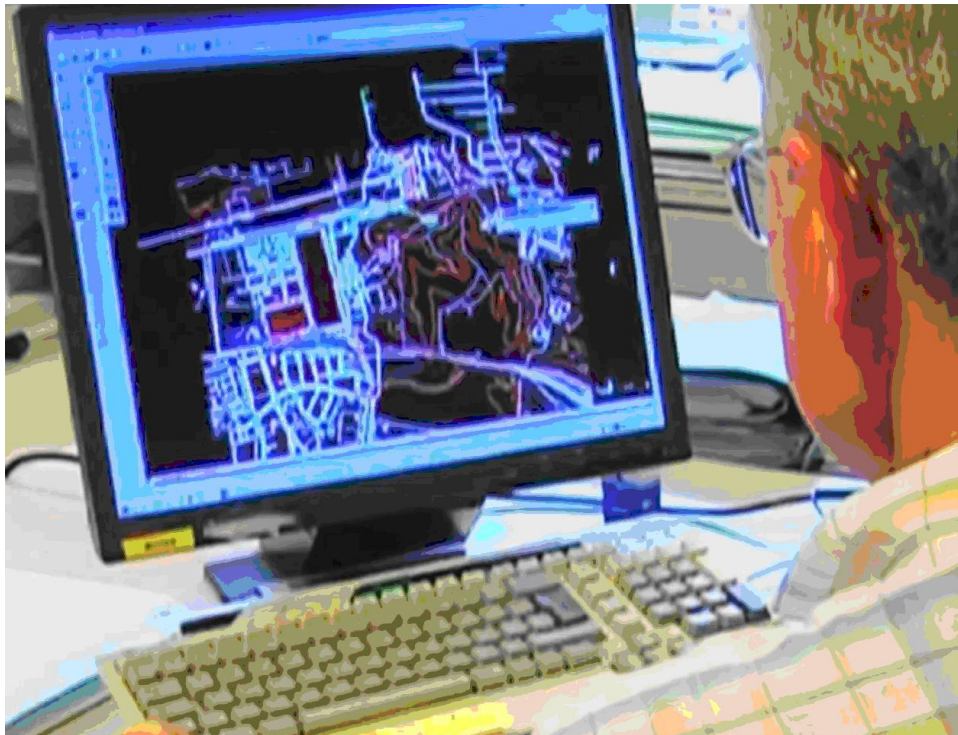
Los depósitos urbanos están diseñados para almacenar el agua requerida para el consumo urbano entre 8 y 48 horas. En ellos, a veces, se disponen pequeños grupos de “recloración” para asegurar las condiciones sanitarias del agua distribuida

Los bombeos de presión, aunque no siempre están presentes en los sistemas de abastecimiento, son imprescindibles en localizaciones urbanas de topografía muy plana, donde es imposible situar depósitos en cotas elevadas para presurizar la red de distribución.

La red de distribución está formada por la compleja red (en forma arborescente o, más comúnmente, en forma de malla) de tuberías de distribución a los consumidores, que son tuberías a presión (habitualmente no mayor de 7 atm.). La red suele estar jerarquizada en función del tamaño o la importancia de los ramales principales y secundarios. Está constituida por tuberías enterradas de materiales féreos (fundición), plásticos (polietileno, polipropileno, PVC, etc.), y en menor medida (por estar en fase de eliminación) con tuberías de asbesto-cemento. Sus diámetros más comunes son aquellos próximos a 100 mm siendo los valores cercanos a 500 mm para los ramales principales, y menores de 80 mm para los secundarios. Cada día es más frecuente que las redes estén sectorizadas mediante valvulería que permite la independización de áreas de suministro.

Las galerías de servicio se dan únicamente en grandes ciudades, y no de una manera generalizada (túneles de pequeña sección), de forma que pueden albergar tuberías y cables de diferentes servicios urbanos (agua, vapor, telefonía, electricidad, etc.), al tiempo que permiten el acceso de personal de mantenimiento. Las tuberías de distribución (generalmente ramales de transporte) se ubican en el interior de ellas con el fin de protegerlas o asegurar su mantenimiento.

Las acometidas de usuarios forman la parte final de la distribución. Son los pequeños dispositivos o sistemas que permiten la distribución individual, su medición y la administración de este servicio público. Constan de dispositivo de conexión o acometida, la “llave de acometida”, y de armario de contadores (con valvulería de corte y retención, y el medidor o contador).



**Ilustración 6: Modelo informático de simulación de redes de distribución.**

**MÁS INFORMACIÓN:**

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua	<a href="http://www.magrama.gob.es/es/agua">http://www.magrama.gob.es/es/agua</a>
Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS)	<a href="http://www.aeas.es">www.aeas.es</a>
Asociación de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a poblaciones (AGA)	<a href="http://www.asoaga.com">www.asoaga.com</a>
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	<a href="http://www.tecniberia.es">www.tecniberia.es</a>

## SERVICIO

### 3.7.3 GESTIÓN DEL CICLO INTEGRAL: ALCANTARILLADO Y DRENAJE URBANO

Es la fase por la cual las aguas urbanas ya usadas o utilizadas, producidas por las viviendas, comercios e industrias urbanas, se recogen, de manera conjunta o separada de las aguas de lluvia, a través de tuberías para su transporte.

En la operación y conservación del alcantarillado, el empleo de técnicas informáticas de apoyo y optimización de tareas de limpieza y de conservación, preventiva y correctiva de las infraestructuras (tubos, colectores, pozos de registro) y la búsqueda de la eficiencia en estas labores ayudan en las tareas principales de los operadores. Tecnologías como la revisión robotizada (cámaras ópticas autodesplazables por colectores no visitables), la resolución de averías o deterioros con robots dirigidos a distancia o las técnicas de re-piping (encamisados de viejas tuberías existentes) son cada vez más empleadas.

El novedoso equipamiento electromecánico para facilitar la operación inteligente de las redes de saneamiento (retención y acumulación de caudales, aprovechamiento de capacidades de almacenamiento en conducciones, etc.), y el empleo de instrumentación (niveles, caudales, velocidades, pero también sensores de calidad) permiten el control más evolucionado, tecnificado e inmediato de estos sistemas de drenaje urbano y recogida de aguas residuales.

Los modelos hidráulicos de simulación de redes de alcantarillado (apoyados en GIS) son ampliamente utilizados, incluso en su extensión a otros elementos del urbanismo superficial (calles y viario en general).

La fijación de ordenanzas o reglamentos de vertido para mantener la adecuada disciplina de aporte de los caudales industriales y especiales, y el control rutinario de las calidades de los vertidos generados, se han identificado como técnicas relevantes para proteger la integridad de las infraestructuras de saneamiento.



**Ilustración 7: Empleado en trabajos en la red saneamiento.**



**Ilustración 8: Robot para supervisión y de reparación.**

### Drenaje urbano sostenible

Las empresas españolas dedicadas a la gestión del ciclo integral del agua, y también las dedicadas a la ingeniería civil y sanitaria, trabajan en solucionar, o al menos minimizar, los problemas del drenaje urbano, atendiendo a una visión global de la economía, el medio ambiente y la sociedad, tres aspectos que van ligados y no deben separarse. Esto deriva hacia un tratamiento integral de los diversos aspectos de diseño asociados al agua de lluvia: cantidad, calidad y servicio. Por tanto, en el diseño

del drenaje urbano no sólo se debe tener en cuenta el punto de vista de control de avenidas, sino también el de la calidad de las aguas y su contribución al bienestar de la población.

Las soluciones para la gestión del agua de lluvia en las ciudades están estrechamente relacionadas con el concepto de desarrollo sostenible. Dentro de este movimiento global se incluyen una serie de soluciones novedosas para completar y mejorar el drenaje urbano actual que ahorren problemas a los sistemas de saneamiento existentes.

Una de las soluciones que se ha implementado en España con éxito es el uso de técnicas de drenaje urbano sostenible (TEDUS, SUDS en inglés), cuyo objetivo principal es reproducir en el ámbito urbano el comportamiento natural del agua de escorrentía, es decir, contrarrestar los efectos negativos del continuo crecimiento urbano y la consecuente impermeabilización del suelo.

Los mecanismos utilizados por las TEDUS para conseguir los objetivos de drenaje sostenible van desde la filtración o infiltración en el terreno (pozos de infiltración, zanjas filtrantes, pavimentos porosos) hasta su detención en el terreno o depósito al aire libre para facilitar la sedimentación de los contaminantes (estanques de detención) o su tratamiento mediante procesos de biodegradación o bioasimilación por parte de la vegetación presente (por ejemplo, humedales).

Se aplican en áreas normalmente ubicadas en zonas urbanas o peri-urbanas, donde las condiciones del terreno y la tipología de urbanización hacen más propicio y ventajoso su uso.

Ejemplos de estas aplicaciones incluyen:

- Pavimento poroso instalado en el aparcamiento experimental Las Llamas (Santander)
- Proyecto de implementación de TEDUS a escala piloto en Urretxu (País Vasco)
- Parque Felipe IV (San Sebastián)
- Aparcamiento Restollal (Santiago de Compostela)
- Parque de Gomeznarro (Madrid)
- Balsa de laminación de Los Camachos (Cartagena)
- Proyecto Aquaval (Valencia)
- Dren filtrante en el campus de la UPC (Barcelona)



**Ilustración 9: Ejemplos de drenaje urbano sostenible**

**MÁS INFORMACIÓN:**

Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS)	<a href="http://www.aeas.es">www.aeas.es</a>
Asociación de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a poblaciones (AGA)	<a href="http://www.asoaga.com">www.asoaga.com</a>
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	<a href="http://www.tecniberia.es">www.tecniberia.es</a>
Proyecto de implementación de TEDUS en Urretxu (País Vasco)	<a href="http://www.premioconama.org/premios12/premios/proyectos_popup.php?id=118">http://www.premioconama.org/premios12/premios/proyectos_popup.php?id=118</a>

## SERVICIO

### 3.7.4 GESTIÓN DEL CICLO INTEGRAL: DEPURACIÓN

El agua residual recogida se depura en complejas infraestructuras gracias a procesos físicos, químicos y, sobre todo, biológicos, y se vierte a los cauces naturales en óptimas condiciones para preservar las condiciones naturales del medio ambiente.

Las EDAR (Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales) recogen las aguas fecales o sucias y las transforman en agua limpia apta para su devolución al sistema fluvial. Las sustancias no deseadas se extraen y concentran como fangos, y deben ser tratados para estabilizar e higienizar la materia orgánica que contienen.

Además de las plantas EDAR tradicionales de depuración basadas en procesos de fangos activos o de lechos bacterianos en sus diferentes variantes con líneas, independizadas o no, de fangos, en España para las pequeñas poblaciones se emplean tecnologías “blandas” o de “bajo coste energético” basadas en procesos más naturales, tales como “lechos de turba”, “filtros verdes”, “humedales de macrófitas”, filtros de subsuelo y procesos similares, los cuales requieren también un extremo cuidado en su operación, control y mantenimiento.

Dada la complejidad de estas instalaciones y su industrialización (ya que son verdaderas fábricas de fangos o biosólidos), es necesario el uso de modelos de simulación de procesos (especialmente los de carácter biológico) y el control automático de parámetros de proceso y de elementos de accionamiento automático. Una operación óptima requiere la familiarización con el uso de técnicas de operación y automatización de los procesos físico-químicos y biológicos (con que están dotadas las EDAR).

La eficiencia en el consumo energético es trascendente, dado el importante consumo de estas plantas y el aseguramiento de las calidades, tanto de los efluentes como de los fangos (aprovechables como fertilizantes o enmiendas orgánicas, o como combustibles de baja capacidad calorífica) requieren un control industrial (calibración de instrumentos) y de laboratorio muy sofisticado y profesional.

El empleo de técnicas de mantenimiento, del sofisticado equipamiento electro-mecánico, preventivas, programadas y predictivas (con especial atención a la corrosión) es ampliamente empleado por los operadores del sector.



**Ilustración 10: EDAR del Prat de Llobregat (Barcelona).**

En España, en cuanto al saneamiento, alcantarillado y depuración de aguas residuales, se gestionan 70 mill. de habitantes equivalentes (en Europa se define como “habitante equivalente” la unidad de contaminación que aporta 60 gramos de DBO5 al día) mediante tratamiento secundario o biológico y 95.000 Km. de colectores de alcantarillado (2,01m/hab.).

#### Control de calidad del agua residual depurada y vertidos de devolución al medio

Finalmente, de una EDAR se obtiene:

- Agua limpia
- Basuras y detritus
- Fangos estabilizados y aprovechables

En los laboratorios de las propias EDAR se determinan las características de funcionamiento de los procesos de depuración y las calidades básicas del agua vertida y los fangos obtenidos.

Normalmente, los operadores de un sistema complejo de saneamiento (grandes ciudades o concentraciones municipales) cuentan con laboratorio central de depuración, muy sofisticado, especializado y dotado para hacer las determinaciones físicas, químicas o biológicas correspondientes al agua de entrada y salida de las depuradoras ( a través del correspondiente muestreo) y a las características de los fangos según su destino final.

Las entidades autonómicas especializadas o los ayuntamientos se encargan del control de los efluentes (los residuos líquidos entregados a la red de alcantarillado) y las comisarías de agua (Demarcaciones Hidrográficas de Cuenca), del vertido a cauce y del control y seguimiento de las condiciones de calidad de las aguas en los cuerpos de agua (cauces, lagos, zona marítimo-terrestre, etc.).

#### **MÁS INFORMACIÓN:**

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua

<http://www.magrama.gob.es/es/agua>



Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS)	<a href="http://www.aeas.es">www.aeas.es</a>
Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a Poblaciones (AGA)	<a href="http://www.asoaga.com">www.asoaga.com</a>
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	<a href="http://www.tecniberia.es">www.tecniberia.es</a>
Asociación Española de Empresas de Tecnologías del Agua (ASAGUA)	<a href="http://www.asagua.es">www.asagua.es</a>

## SERVICIO

### 3.7.5 GESTIÓN DEL CICLO INTEGRAL: GESTIÓN DE LODOS EN LA DEPURACIÓN

La operación de las depuradoras de aguas residuales genera grandes cantidades de lodos, fundamentalmente orgánicos, como producto final de la depuración del agua. El destino de estos lodos puede ser la agricultura (cuando cumplen las condiciones adecuadas de calidad), utilizados como enmienda orgánica o fertilizante pero también como combustible de bajo poder calorífico o para la valorización energética.

Las EDAR suelen estar dotadas de sistemas de estabilización aeróbica o digestión anaeróbica, empleándose estas últimas en las instalaciones de mayor magnitud. Este proceso de putrefacción controlada permite obtener un biogás, muy rico en metano, del cual se puede obtener energía calorífica o eléctrica. Se puede llegar a ahorrar casi el 50% del gasto energético en depuración aprovechando la energía del biogás que se obtiene de los fangos de depuración.

Las tecnologías principales de tratamiento de lodos fuera de las depuradoras son las siguientes:

- Compostaje: consiste en una estabilización aerobia de la materia orgánica para minimizar los fenómenos anaerobios que terminan generando olores y dificultando la gestión. Se consiguen, de esta forma, condiciones homogéneas y la máxima valorización del lodo como enmienda orgánica o fertilizante (biosólidos).
- Secado térmico: mediante aplicación de elevada temperatura se consigue un producto altamente estabilizado, con baja humedad, que permite una gestión del mismo para distintos usos (agricultura, combustible de bajo poder calorífico, material estructurante, etc.) y un fácil y económico transporte.
- Incineración: de menor implementación en España, tiene aplicación cuando el contenido en metales pesados u otros contaminantes no permite el uso del lodo en agricultura, o no se dan condiciones posibles de aplicación.

En los últimos años, se ha producido una importante evolución de las diferentes tecnologías para el tratamiento de los lodos de depuración, dando paso a sistemas medioambientalmente sostenibles que emplean energías renovables para dar tratamiento a los lodos. En este sentido, cabe destacar la proliferación de diferentes sistemas de secado solar de lodos, en los que empleando la combinación de la energía solar con sistemas electromecánicos de volteo del lodo y de renovación del aire dentro de la nave de proceso, permiten incrementar el grado de sequedad en los lodos. Estos sistemas de secado solar son viables en zonas con elevada disponibilidad de terreno dados los elevados requerimientos de superficie del proceso, y suponen una alternativa de tratamiento de los lodos en países en vías de desarrollo.

La producción anual de lodos de depuración en España, asciende a la cifra de 759.915 toneladas de materia seca. La producción de fango de cada español es de unos 20 kg de materia seca por "habitante equivalente" y año, por lo que cada español produce casi un cuarto de kilo de fango de EDAR al día (20% de humedad).

Los lodos de depuración tras el proceso de deshidratación mecánica al que son sometidos en las estaciones depuradoras de origen, tienen un contenido medio de materia seca comprendido entre el 20-25%.

Actualmente el destino de los lodos producidos en España es aproximadamente el siguiente:

- 78,5% van al suelo, bien sea directamente, compostados o secados térmicamente.
- 3,2% a valorización energética, (porcentaje que aumenta progresivamente).
- 7,1% a incineración.
- 11,2% a vertedero controlado, (cifra en disminución progresiva).



**Ilustración 11: Compostaje de lodos en trincheras.**



**Ilustración 12: Secado térmico de lodos.**

### MÁS INFORMACIÓN:

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua	<a href="http://www.magrama.gob.es/es/agua">http://www.magrama.gob.es/es/agua</a>
Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS)	<a href="http://www.aeas.es">www.aeas.es</a>
Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a Poblaciones (AGA)	<a href="http://www.asoaga.com">www.asoaga.com</a>
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	<a href="http://www.tecniberia.es">www.tecniberia.es</a>
Asociación Española de Empresas de Tecnologías del Agua (ASAGUA)	<a href="http://www.asagua.es">www.asagua.es</a>