

# GUÍA PRÁCTICA

## para la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL DUERO

# **GUÍA PRÁCTICA**

## **para la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL DUERO

Reservados todos los derechos. No se puede reproducir ninguna parte de esta publicación, ni almacenar en ningún sistema de reproducción, ni transmitir de ninguna forma mecánicamente, en fotocopias, en grabación, digital o de ninguna otra forma sin el permiso de los propietarios de los derechos de autor.

## Guía práctica para la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones

**Edita:** © Confederación Hidrográfica del Duero (CHD)

**Dirección y Coordinación Confederación Hidrográfica del Duero:** Rosa Huertas (CHD)

**Autores:** Rosa Huertas y Carlos Marcos (CHD),  
Nuria Ibarguren y Sergio Ordás (OMICRON-AMEPRO, S.A.)

**Colaboraciones:** Urbano Sanz (CHD)  
Vicente Paredes (Hydra, S.L.)  
Carmen Cordero y Jorge Rodríguez (OMICRON-AMEPRO, S.A.)

**Revisión de texto y formato:** Celia García - Asistencia Técnica para CHD

### Fotografías:

Confederación Hidrográfica del Duero, todas excepto:

OMICRON-AMEPRO, S.A., pág. 14 (2 parte superior, 1ª fila y 2 parte inferior, 3ª fila), 35, 37, 43 (parte superior), 57 y 61 (2 parte superior)

Ignacio Rodríguez (CHD), pág. 12

Celia García (AT CHD), Cubierta, Portada interior (derecha), pág. 21 y 27

MAGRAMA, pág. 24

### Ilustraciones:

OMICRON-AMEPRO, S.A., todas excepto:

Vicente Paredes (Hydra, S.L.), pág. 10

MAGRAMA, pág. 17

CEDEX, pág. 42 y 44

**Diseño y maquetación:** Nuria Ibarguren (OMICRON-AMEPRO, S.A.)

**Impresión y encuadernación:**

**Imprenta:** Gráficas CELARAYN S.A.

**Depósito legal:** VA 3-2013

**NIPO (en formato papel y en línea):** 283-12-005-9

**Catálogo de publicaciones oficiales:** <http://publicacionesoficiales.boe.es/>

**Portada:** Depuradora de Gordoncillo (León)

Este trabajo se ha impreso en papel libre de cloro respetuoso con el medio ambiente; interior 150 gramos y cubierta 250 gramos acabado plastificado mate.

# GUÍA PRÁCTICA

## para la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL DUERO



## PRESENTACIÓN

Disponer de agua de calidad es esencial para la salud humana, la protección del medio ambiente y el desarrollo económico. Por ello, la depuración de las aguas residuales se convierte en necesidad ineludible. Es esta además una responsabilidad de todos los ciudadanos y una obligación legal de la que participamos todas las Administraciones Públicas, cada una en su ámbito competencial.

Lograr este objetivo no es sin embargo fácil en la cuenca del Duero, caracterizada por el elevado número de pequeños núcleos rurales, dispersos por un amplio territorio con importantes valores naturales. Las limitaciones técnicas y económicas de estos municipios comprometen la eficacia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales urbanas, al menos la de los sistemas de tecnologías convencionales.

No obstante, abordar con éxito la depuración de estos núcleos no es hoy un problema técnico: las habitualmente llamadas tecnologías no convencionales o de bajo coste han sido ya probadas con éxito y existen numerosos manuales que las exponen con rigor. La Confederación Hidrográfica del Duero entiende que el auténtico reto está, primero, en la concienciación de los ciudadanos y de sus gestores municipales y, segundo, en la correcta elección de la tecnología más adecuada a cada población. Con estos dos objetivos este Organismo ha puesto ya en marcha dos proyectos: el proyecto *Escuela de Alcaldes* y el de *Tratamientos singulares de carácter experimental de vertidos en pequeñas poblaciones de la cuenca del Duero*. El primero pretende facilitar formación e información sobre diversas cuestiones relacionadas con la gestión del agua a ediles y técnicos municipales. El segundo plantea, mediante la ejecución de sistemas concretos, soluciones tecnológicas asumibles por parte de un pequeño municipio para la depuración de sus aguas residuales, no sólo desde el punto de vista del coste de inversión, sino también, y lo que es más importante, desde el punto de vista del mantenimiento y la explotación.

Para complementar estos dos proyectos se presenta ahora esta breve publicación, eminentemente divulgativa. Su ánimo no es otro que prestar apoyo a los pequeños municipios de la cuenca del Duero, concienciando a sus vecinos de la necesidad de depurar sus aguas residuales asumiendo su coste y ayudando a los responsables municipales a encontrar la solución que mejor encaje con su concreto problema de depuración. Apostamos por estas iniciativas como ejemplo de lo que creemos que debe ser la colaboración interadministrativa entre la administración hidráulica y la local, aprovechando sinergias en la búsqueda de soluciones de depuración en el ámbito rural que sean realmente viables desde el punto de vista técnico, económico y ambiental. Sólo con un compromiso conjunto y decidido de ciudadanos y Administraciones llegaremos a ese objetivo del buen estado ecológico que nos demanda la Directiva Marco del Agua, y no porque lo imponga la Unión Europea, sino por la convicción de que ese es el camino que permitirá, a través de la mejora sustancial de nuestro patrimonio natural, asegurar la sostenibilidad del desarrollo de nuestros municipios.

Valladolid, diciembre de 2012

***José Valín Alonso***

**Presidente**

## ÍNDICE

PRESENTACIÓN.....	5
1. LA DEPURACIÓN: UNA GARANTÍA PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE .....	9
2. LA DEPURACIÓN: UNA OBLIGACIÓN LEGAL Y UNA RESPONSABILIDAD COMPARTIDA .....	15
3. CONDICIONANTES DE DEPURACIÓN EN PEQUEÑOS NÚCLEOS DE POBLACIÓN EN LA CUENCA DEL DUERO.....	21
4. EL RETO DE LA DEPURACIÓN EN PEQUEÑAS POBLACIONES: ELEGIR LA SOLUCIÓN ADECUADA.....	25
5. TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN APLICABLES EN PEQUEÑAS POBLACIONES .....	34
6. PARA SABER MÁS.....	64





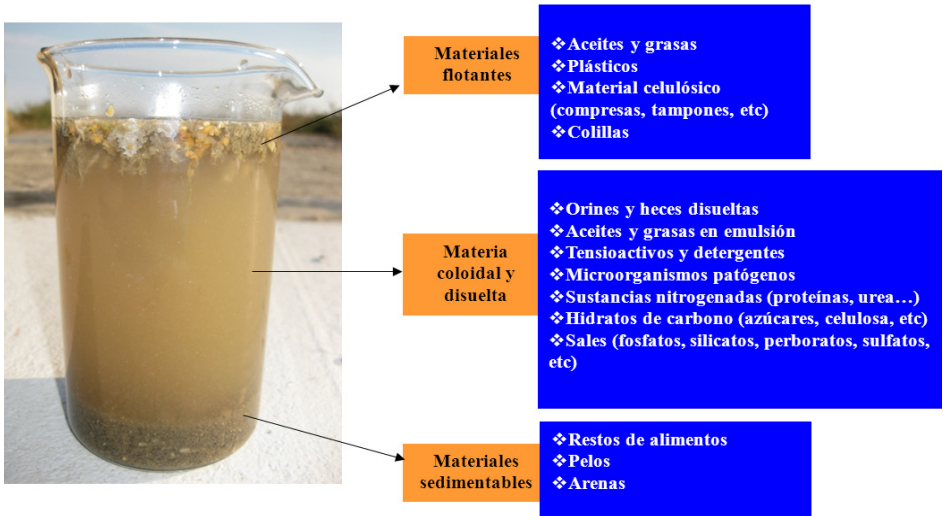
# 1. LA DEPURACIÓN: UNA GARANTÍA PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE

## ¿Qué son las aguas residuales urbanas?

Las actividades humanas generan inevitablemente aguas residuales que contaminan nuestros ríos. Las **aguas residuales domésticas** son las procedentes de zonas de vivienda y de servicios producidas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas. En las aguas residuales urbanas estarán siempre presentes las aguas residuales domésticas, pero también puede haber, dependiendo del grado de industrialización de la aglomeración urbana, **aguas industriales** procedentes de actividades de este tipo que descargan sus vertidos a la red de alcantarillado municipal, así como **aguas de escorrentía pluvial**, si la red de saneamiento es unitaria (las aguas de lluvia son recogidas por el mismo sistema de alcantarillado que se emplea para la recogida y conducción de las domésticas y las industriales).



Estas aguas residuales presentan una serie de contaminantes:



### ¿Cómo se mide la contaminación?

Para medir la contaminación se usan una serie de parámetros. Los más habituales son:

- **DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días):** cuantifican la cantidad de materia orgánica presente en el agua residual, medida en forma de mg O<sub>2</sub>/l. Estos parámetros suponen una medida del impacto que tendría el vertido sobre los niveles de oxígeno del cauce receptor.
- **Sólidos en Suspensión (SS):** cuantifica el impacto de los sólidos en el cauce receptor, cuya acumulación da lugar a la turbidez y a la formación de fangos.
- **Nitrógeno Total (NT) y Fósforo Total (PT):** medida de nutrientes responsables de la eutrofización (crecimiento excesivo de algas y otras plantas) del cauce receptor.

## ¿Cómo se mide la contaminación de las aguas residuales de una población?

Para ello se usa el concepto de **habitante-equivalente (h-e)**, que es una unidad de medición de la contaminación biodegradable presente en las aguas residuales urbanas.

### Habitante-equivalente (h-e)

Carga orgánica biodegradable con DBO<sub>5</sub> de 60g de oxígeno por día.

El habitante-equivalente es una unidad de contaminación que hace referencia no sólo a los habitantes sino también a la industria, ganadería etc. del municipio

En las poblaciones en que estas están integradas mayoritariamente por las aguas residuales domésticas, el número de habitantes-equivalentes será similar al número de habitantes de hecho de la población o aglomeración. Este concepto es muy útil porque permite comparar cargas contaminantes con independencia del origen o naturaleza de sus aguas residuales.

## ¿Cuál es la contaminación promedio de las aguas residuales domésticas?

Parámetro	Dotación y carga contaminante por h-e y día	Concentración
Caudal	200 l	-
DQO	125 g O <sub>2</sub>	400-600 mg O <sub>2</sub> /l
DBO <sub>5</sub>	60 g O <sub>2</sub>	250-300 mg O <sub>2</sub> /l
SS	90 g	300-450 mg/l
NT	12 g	40-60 mg/l
PT	3 g	10-15 mg/l



## ¿Por qué es importante la depuración de aguas residuales urbanas?

El vertido de las aguas con estos contaminantes causa importantes efectos negativos:

- **Aparición de fangos y flotantes**, lo que puede provocar impacto visual, malos olores y degradación de los lechos de los ríos.
- **Disminución del contenido de oxígeno de las aguas** por degradación de la materia orgánica, perjudicando a la flora y la fauna propia de los ecosistemas acuáticos.
- **Aporte excesivo de nutrientes**, principalmente nitrógeno y fósforo, que provocan crecimiento excesivo de algas y otras plantas (eutrofización).
- **Fomento de la propagación de organismos patógenos**, que pueden causar daños a la salud al transmitir enfermedades.
- **Dificulta la posterior aplicación del agua para otros usos**, comprometiendo el uso racional y sostenible de un recurso limitado.



Vertido doméstico directo sin depuración

Por eso es necesaria la depuración, que consiste en retirar de las aguas residuales los contaminantes que ha recibido durante su uso, hasta dejarla en un estado adecuado para su retorno al ciclo natural del agua, cumpliendo todas las garantías medioambientales exigibles.

**La depuración es imprescindible para garantizar la protección del medio ambiente, la salud de las personas, y el uso racional y sostenible de nuestros recursos hídricos.**

## ¿Cómo se realiza la depuración?

La eliminación de los contaminantes se realiza de forma ordenada y secuencial a través de diferentes etapas, que aplicadas de forma sucesiva proporcionan un grado de tratamiento creciente de las aguas.



- **Pretratamiento:** separación previa de la mayor cantidad posible de contaminantes que por naturaleza o tamaño puedan dar problemas posteriormente (sólidos gruesos, arenas y flotantes principalmente).
- **Tratamiento primario:** el principal objetivo es la eliminación de sólidos sedimentables y flotantes.
- **Tratamiento secundario:** en este caso el objetivo es la eliminación de la materia orgánica biodegradable disuelta o en forma coloidal, así como el resto de sólidos y parte de los nutrientes presentes en el agua.
- **Tratamiento terciario:** permite obtener efluentes de mayor calidad, para ser vertidos en zonas con requisitos más exigentes. Generalmente se busca la eliminación de nutrientes y patógenos.

También existe una línea de fangos que tiene como objetivos el espesamiento, la estabilización, el acondicionamiento y la deshidratación de los fangos generados durante la depuración.

**Mediante la depuración, las aguas residuales se someten a una serie de procesos físicos, químicos y biológicos con el fin de reducir sus contaminantes y permitir su vertido, minimizando los riesgos para el medio ambiente y para la salud.**

## PRETRATAMIENTO

**OBJETO:**  
Eliminación de objetos gruesos, arenas y grasas

**PROCESOS FÍSICOS:**  
Separación de grandes sólidos, desbaste, tamizado, desarenado, desengrasado



## TRATAMIENTO PRIMARIO

**OBJETO:**  
Eliminación de materia sedimentable y flotante

**PROCESOS FÍSICOS Y QUÍMICOS:**  
Decantación primaria y tratamiento físico-químico (coagulación, floculación)



## TRATAMIENTO SECUNDARIO

**OBJETO:**  
Eliminación de materia orgánica disuelta o coloidal

**PROCESOS BIOLÓGICOS:**  
Degradación bacteriana y decantación secundaria



## TRATAMIENTO TERCIARIO

**OBJETO:**  
Eliminación de SS, materia orgánica residual, N, P y patógenos

**PROCESOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS:**  
Floculación, filtración, eliminación de N y P y desinfección



## 2. LA DEPURACIÓN: UNA OBLIGACIÓN LEGAL Y UNA RESPONSABILIDAD COMPARTIDA

### ¿Qué normativa nos obliga a depurar las aguas residuales?

España, como estado miembro de la Unión Europea, está obligada a cumplir la normativa comunitaria. La **Directiva 91/271/CEE** del Consejo, de 21 de mayo de 1991, estableció los requerimientos mínimos para la recogida, el tratamiento y el vertido de las aguas residuales urbanas.

Esta Directiva fue traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el **Real Decreto Ley 11/1995**, desarrollado por otros reales decretos posteriores. Según esta normativa, ya en el año 2006 deberían haberse conseguido unos niveles adecuados de depuración, un objetivo aún pendiente. Esto hace que la calidad de las aguas no sea la adecuada, comprometiendo también la obligación de los Estados de conseguir el buen estado ecológico de sus aguas para 2015 establecido en la **Directiva Marco del Agua** (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 fecha 14 de abril de 2011, España ya ha sido condenada por el Tribunal de Justicia de la Unión Europea por no tratar adecuadamente las aguas residuales urbanas.

TRATAMIENTO EXIGIDO SEGÚN EL REAL DECRETO LEY 11/1995 PARA VERTIDOS EN AGUAS CONTINENTALES		
Tamaño de población	Tipo de tratamiento	Fecha límite
0 -2.000 h-e	Tratamiento adecuado	31/12/2005
2.000 – 15.000 h-e	Tratamiento secundario	31/12/2005
>15.000 h-e	Tratamiento secundario*	31/12/2000

\* en poblaciones de más de 10.000 h-e en zonas sensibles se exige tratamiento terciario



## ¿Cuáles deben ser los objetivos de calidad del vertido?

Vertido bruto			Salida depurada (mínimo)		
Parámetro	Concentración		Parámetro	Límite de vertido*	% Reducción
DQO	400-600 mg O <sub>2</sub> /l	→	DQO	125 mg O <sub>2</sub> /l	75
DBO <sub>5</sub>	250-300 mg O <sub>2</sub> /l		DBO <sub>5</sub>	25 mg O <sub>2</sub> /l	90
SS	300-450 mg/l		SS	60 mg/l	70
NT	40-60 mg/l		NT	10-15 mg/l	70-80
PT	10-15 mg/l		PT	1-2 mg/l	80

\*Requisitos exigibles a las aguas residuales urbanas de acuerdo con el Anexo I del Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales. La eliminación de N y P se exige para vertidos en zonas sensibles.

Algunos límites son más rigurosos en poblaciones de más de 10.000 h-e

## ¿Quién tiene la obligación de depurar?

La prestación de los servicios de alcantarillado, tratamiento y depuración de aguas residuales compete a los **Ayuntamientos** en aplicación de lo dispuesto en la legislación de régimen local.

**Otras Administraciones Públicas** tienen competencias en materia de auxilio técnico y financiero a los municipios, como las Diputaciones Provinciales y las Administraciones Autonómicas. La Administración General del Estado puede también intervenir bien ejecutando obras declaradas de interés general o bien participando en la financiación de actuaciones en virtud de acuerdos firmados con otras Administraciones.

**La depuración de las aguas es una obligación del Estado español para cumplir los compromisos adquiridos en el marco de la Unión Europea. Para conseguirlo, todas las Administraciones Públicas deben colaborar y ejercer sus competencias de forma responsable.**

## ¿Cómo se gestionan estos servicios?

La prestación de estos servicios por parte de los Ayuntamientos puede hacerse mediante **gestión directa o indirecta**. En cualquier caso, en municipios pequeños de escasos recursos, es conveniente adoptar formas de **gestión mancomunada o asociada** entre varios, lo que resulta sin duda más eficiente tanto desde un punto de vista técnico como económico.

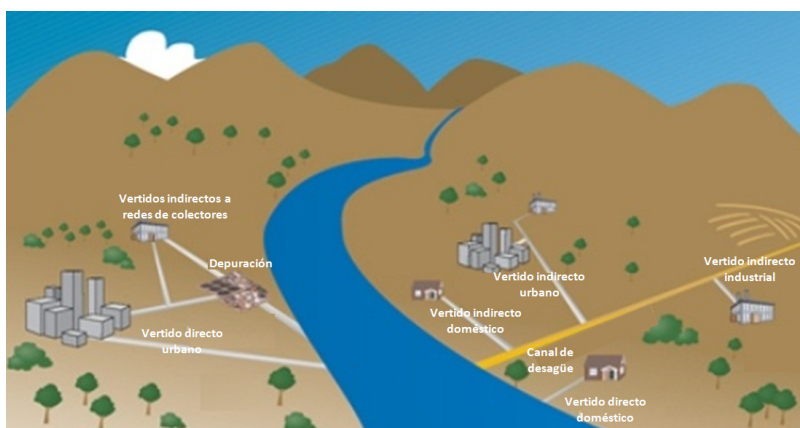
Existen para ello diversas fórmulas como las mancomunidades, los consorcios o las comunidades de vertidos, una figura asociativa propia de la legislación de aguas que puede constituirse con la simple firma de un convenio entre los Ayuntamientos interesados.

Obviamente, la prestación de los servicios de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales supone en la mayoría de los casos la ejecución de importantes infraestructuras y su posterior explotación y mantenimiento, lo que conlleva unos costes. El **principio de recuperación de costes** exige la fijación de unos precios que sirvan para recuperar los costes que supone a la Administración poner estos servicios a disposición de los usuarios.

Resulta por tanto fundamental disponer de **ordenanzas o estatutos** que regulen los vertidos a los colectores municipales y que fijen las **tasas y tarifas** por la prestación de los servicios de alcantarillado, saneamiento y depuración, que deben contener todos los costes (financieros y ambientales), además de ser progresivos, transparentes e incentivar la eficiencia y la responsabilidad en el uso del agua.

### ¿Quién controla los vertidos?

La autorización de los vertidos producidos a los colectores municipales (denominados **vertidos indirectos**) es competencia de los Ayuntamientos. Por el contrario, los vertidos producidos a los ríos, lagos y embalses (**vertidos directos**) o a las aguas subterráneas, son competencia de la Confederación, en el caso de las cuencas intercomunitarias (que abarcan territorio de varias CCAA) como es la del Duero. Verter sin autorización constituye infracción administrativa y puede ser objeto de sanción.



La competencia para autorizar conlleva también la responsabilidad de controlar los vertidos. La Confederación dispone de un plan anual de inspección de vertidos, numerosas redes para el control de la calidad de las aguas y personal destinado a la toma de muestras, que se analizan en su Laboratorio de Aguas. Además, dentro de su Programa de conservación y mantenimiento de cauces realiza numerosas actuaciones para la limpieza de cauces receptores de vertidos. En la línea de lo indicado sobre el principio de recuperación de costes, parte de estos servicios se financian con cargo al canon de control de vertidos, que se cobra no sólo respecto de los vertidos autorizados sino también de los no autorizados.



Toma de muestras para control de vertidos

En la página siguiente se indica el procedimiento administrativo a seguir para la tramitación de una autorización de vertido.

### **¿Cuánto hay que pagar por el canon de control de vertidos?**

El importe del canon de control de vertidos (CCV) es el resultado de una fórmula:

$$\text{CCV} = \text{V} \times \text{P} \times \text{k}_1 \times \text{k}_2 \times \text{k}_3$$

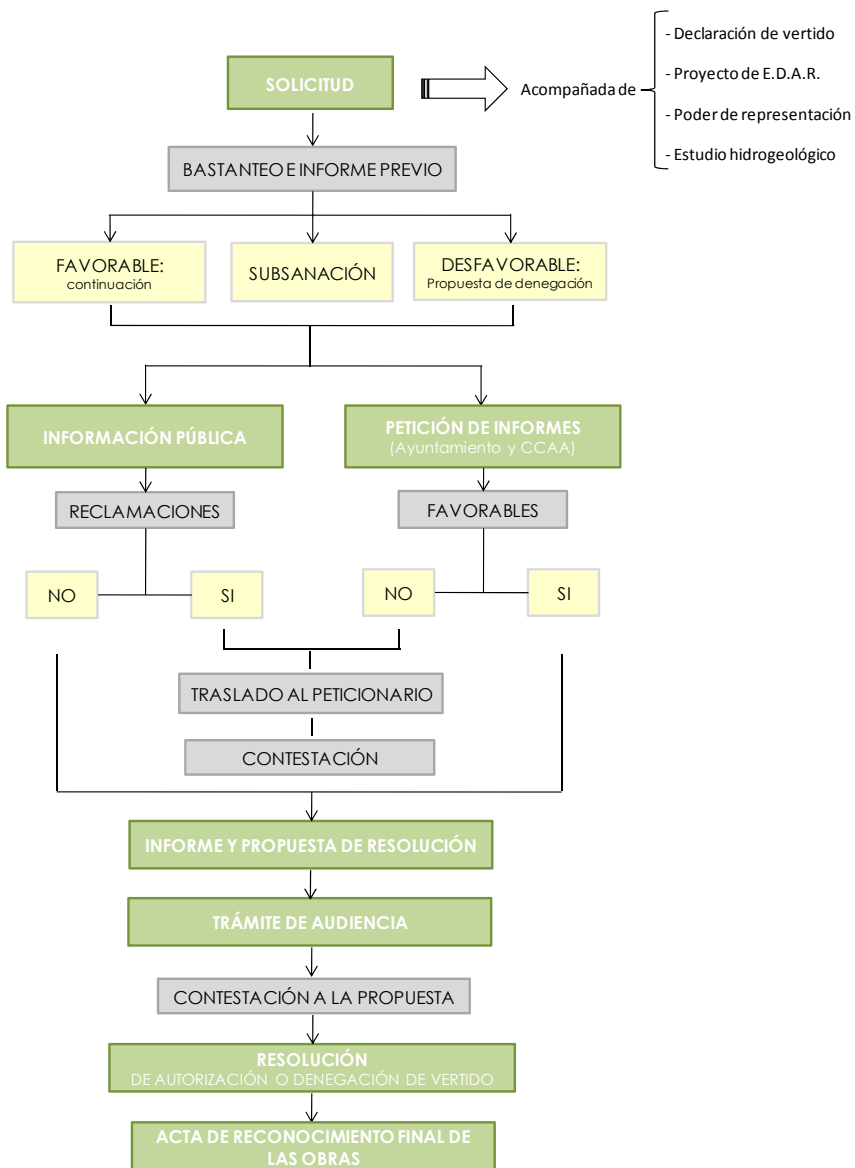
- **V** = Volumen anual de vertido autorizado ( $\text{m}^3/\text{año}$ )
- **P** = Precio (0,01653 €/m<sup>3</sup> según Ley de Presupuestos Generales del Estado para 2012)
- **k<sub>1</sub>** = Coeficiente según características del vertido
- **k<sub>2</sub>** = Coeficiente según grado de contaminación del vertido
- **k<sub>3</sub>** = Coeficiente calidad ambiental del cauce receptor

El coeficiente **k<sub>2</sub>** es de 0,5 si el vertido dispone de un tratamiento adecuado y de 2,5 si no lo es.

**Por un vertido con tratamiento no adecuado hay que pagar un canon 5 veces mayor que por uno adecuado.**

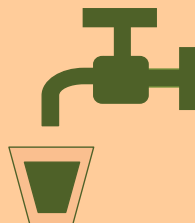
## PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO DE TRAMITACIÓN

### DE UNA AUTORIZACIÓN DE VERTIDO



## ¿Cómo pueden contribuir los vecinos a lograr una correcta depuración?

### LA RESPONSABILIDAD DE LOS VECINOS: BUENAS PRÁCTICAS PARA UNA DEPURACIÓN SOSTENIBLE



Reducir la contaminación no es sólo una tarea de las Administraciones Públicas. Antes de que las aguas residuales salgan de nuestras casas y se dirijan a los servicios de alcantarillado, tratamiento y depuración, todos podemos contribuir reduciendo la contaminación de las mismas, convirtiendo en hábitos algunas sencillas prácticas como:

- 1.- Ahorrar agua.
- 2.- No realizar vertido excesivo y utilizar jabones y detergentes biodegradables, con bajo contenido en fosfatos (provocan crecimiento excesivo de algas).
- 3.- No utilizar trituradores de basura que desechen residuos orgánicos por el fregadero.
- 4.- No utilizar equipos domésticos de reducción de cal y otras sales, que produzcan incremento en la concentración de sales.
- 5.- Evitar utilizar el WC y otros desagües como basurero. Se generan importantes problemas al arrojar productos como:
  - Grasas alimentarias y aceites vegetales usados.
  - Restos de alimentos.
  - Toallitas húmedas, bastoncillos y otros textiles.
  - Productos farmacéuticos y cosméticos, pinturas y disolventes.
  - Aceites y otros productos usados en los vehículos.
  - Lejía, amoníaco, ácido clorhídrico, pesticidas e insecticidas.

### 3. CONDICIONANTES DE DEPURACIÓN EN PEQUEÑOS NÚCLEOS DE POBLACIÓN EN LA CUENCA DEL DUERO

La cuenca del Duero tiene 78.859 km<sup>2</sup>. A pesar de su extensión, sólo tiene 2.210.541 habitantes, repartidos en 2.118 municipios y organizados a su vez en cerca de 5.000 núcleos de población. Estos datos sirven de introducción a la problemática específica que presenta el saneamiento y depuración de aguas residuales en el medio rural en la cuenca del Duero:

- **Numerosos núcleos de pequeño tamaño, aislados y dispersos:** lo que puede dificultar la construcción, mantenimiento y explotación de sistemas de depuración tanto desde un punto de vista técnico como económico, al no verse beneficiados de la reducción de costes por economía de escala.



- **Escasos recursos económicos y técnicos:** frecuentemente los pequeños municipios no cuentan con recursos humanos y técnicos para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de depuración. Asimismo, estos municipios tienen recursos económicos reducidos que limitan su capacidad a la hora de asumir tanto la inversión como el mantenimiento de las instalaciones de depuración.
- **Ubicación en zonas protegidas:** además, muchos pequeños núcleos de la cuenca están incluidos en la amplia red de zonas protegidas por sus valores ambientales. Los requisitos de la depuración en estas zonas pueden ser más estrictos para garantizar así el mantenimiento de los valores ecológicos de la zona.

## “PEQUEÑA POBLACIÓN”

(según la Directiva 91/271/CEE)

Se considera pequeña aglomeración urbana a aquella población inferior a 2.000 habitantes-equivalentes excluyendo las viviendas aisladas o poblaciones muy pequeñas que no dispongan de sistemas colectores para aguas residuales.



Los 19 vertidos que hay en las grandes poblaciones, suman más del 60% de la carga contaminante total (habitante-equivalente)

Tamaño del núcleo de población o asimilables (h-e)	Nº vertidos	Volumen de vertido autorizado (m <sup>3</sup> / año)	Carga total (h-e)
Mayor de 15.000 h-e	19	214.766.081	2.714.321
Entre 2.000 y 15.000 h-e	159	49.502.170	757.070
Entre 250 y 2.000 h-e	1.185	33.682.710	679.294
Menor de 250 h-e	3.473	16.284.998	321.766
TOTAL	4.836	314.235.959	4.472.451

El 96% de los vertidos es de poblaciones con menos de 2.000 habitantes-equivalentes, y de ellos el 70%, es de poblaciones de menos de 250 habitantes-equivalentes.

**La cuenca del Duero se caracteriza por la existencia de un gran número de vertidos urbanos de pequeño tamaño. Aunque el porcentaje en carga contaminante del conjunto de poblaciones de pequeño tamaño es menor que el de las grandes aglomeraciones urbanas, su elevado número da idea de la dificultad de extender los sistemas de depuración a todos los núcleos.**

## **¿Cuáles son las características de los vertidos de las pequeñas poblaciones?**

Las aguas residuales de las pequeñas poblaciones de la cuenca del Duero presentan unas singularidades respecto a las procedentes de los grandes núcleos urbanos.

- **Variabilidad de caudal y carga**

Las oscilaciones diarias de caudal son más acusadas cuanto menor es el tamaño de la población. Además, las variaciones estacionales de de la población entre invierno-verano en pequeños núcleos provocan alteraciones de caudal y de carga contaminante, frente a la mayor estabilidad poblacional de los grandes núcleos.

- **Calidad**

En general las menores dotaciones de abastecimiento en estos núcleos suponen menor dilución de contaminantes. Se origina un “pequeño” volumen de aguas residuales, pero fuertemente contaminadas. En otras ocasiones, por infiltración o conexión con corrientes naturales de agua se generan aguas residuales muy diluidas. Así, resulta especialmente necesario en estos núcleos, realizar campañas de aforo y muestreo para una correcta caracterización de las aguas residuales.

- **Impacto ambiental**

Los vertidos de aguas residuales de pequeñas aglomeraciones pueden tener un impacto significativo sobre el medio receptor. Se debe asegurar, en especial en zonas de alto valor ecológico, que el tratamiento permita que el vertido no produzca efectos negativos sobre el medio ambiente.

**La depuración en el medio rural viene condicionada por una serie de circunstancias como la irregularidad de los vertidos en caudal y carga contaminante y la limitación de recursos económicos, humanos y técnicos para la explotación y el mantenimiento, lo que hace aconsejable buscar métodos alternativos a los sistemas de depuración convencionales.**



## ¿Cuál es la situación actual de la depuración en la cuenca del Duero?

Si bien el anterior Plan Nacional de Saneamiento y Depuración (1995 – 2005), supuso un avance importante en la depuración, se centró en el cumplimiento de los objetivos definidos para las aguas residuales generadas en medianas y grandes aglomeraciones.

El plan actualmente vigente, denominado **Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración (2007-2015)** persigue el definitivo cumplimiento de la Directiva 91/271/CEE, recogiendo los objetivos no alcanzados, así como las nuevas necesidades planteadas en la Directiva Marco del Agua. Uno de los retos más importantes de este nuevo Plan es conseguir **extender los sistemas de depuración a las pequeñas poblaciones**. Para ello define el mecanismo de colaboración entre las distintas Administraciones Públicas para la ejecución de todas las inversiones pendientes, que se concreta en protocolos bilaterales entre la Administración General de Estado y las Comunidades Autónomas, y en los convenios concretos que los desarrollan, que establecen las condiciones para materializar las aportaciones y los compromisos de cada parte. En la cuenca del Duero se han formalizado ya tanto con la Junta de Castilla y León como con la Xunta de Galicia.



Febrero 2010, firma del Protocolo de colaboración para la ejecución del Plan Nacional de Calidad de las Aguas 2007-2015, entre la entonces Ministra de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Elena Espinosa y el Presidente de la Junta de Castilla y León, Juan Vicente Herrera.

## 4. EL RETO DE LA DEPURACIÓN EN PEQUEÑAS POBLACIONES: ELEGIR LA SOLUCIÓN ADECUADA

### ¿Cuál debe ser el grado tratamiento en las pequeñas poblaciones?

En ocasiones, el diseño y dimensionado de los sistemas de depuración en pequeñas poblaciones se ha realizado copiando a escala más pequeña los sistemas de depuración de grandes núcleos. No se realizaban estudios previos adecuados de caudales, carga contaminante, alternativas posibles, etc. Como resultado, se han construido en algunas poblaciones instalaciones poco o nada adecuadas para la realidad del núcleo y de sus aguas residuales.



Ejemplo de una depuradora en estado de abandono

Para las poblaciones de menos de 2.000 habitantes-equivalentes la normativa exige un **"tratamiento adecuado"** de las aguas residuales, entendiéndose como tal **aquel tratamiento que permita que las aguas receptoras cumplan después del vertido los objetivos de calidad previstos.**

El concepto de "tratamiento adecuado" establecido para pequeñas poblaciones, es mucho más amplio y flexible que los límites fijos de emisión establecidos reglamentariamente para grandes vertidos. Por tanto, el sistema de depuración escogido podrá ser más o menos intenso en función de la naturaleza del vertido y del medio receptor.

Para los pequeños municipios, el reto reside en implantar tecnologías de depuración que adaptándose a las peculiaridades y condicionantes de cada núcleo, permitan obtener un efluente de la calidad deseada acorde con los objetivos ambientales de medio receptor.

**Resolver el problema de la depuración en el ámbito rural, logrando un tratamiento adecuado, no es una cuestión de disponibilidad tecnológica sino de acierto en la correcta selección de la tecnología más apropiada para cada situación.**

## ¿Cómo aborda la Confederación Hidrográfica del Duero este reto?

El tratamiento adecuado en pequeñas poblaciones tiene especial relevancia en la cuenca del Duero, donde el 96% de los vertidos de aguas residuales urbanas son de municipios con menos de 2.000 habitantes-equivalentes, y más de la mitad no cuentan con sistema de depuración adecuado.

La solución pasa por la investigación y el desarrollo de sistemas de depuración flexibles y adaptables a las particularidades de cada punto de vertido. La Confederación Hidrográfica del Duero, consciente del reto, está desarrollando un proyecto piloto con la colaboración del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Centro de Experimentación de Obras Públicas) denominado: **Tratamientos singulares de carácter experimental de vertidos en pequeñas poblaciones de la cuenca del Duero**, para establecer las tecnologías idóneas (técnica y económicamente) para los pequeños municipios de la cuenca.

Este proyecto, con presupuesto de 2.844.580,96 €, consiste en la construcción de 14 pequeñas depuradoras basadas en tecnologías de bajo coste en diferentes municipios de menos de 2.000 habitantes-equivalentes, considerando las distintas singularidades.

Municipio	Provincia	Habitantes equivalentes (h-e)
Valdeprados	Segovia	150
Arzadegos	Ourense	200
Gilbuena	Ávila	200
Castrillo de la Guareña	Zamora	300
Mironcillo	Ávila	300
Torreiglesias	Segovia	430
Gradefes	León	600
Tariego de Cerrato	Palencia	800
Monleras	Salamanca	800
Vallelado	Segovia	950
Tardajos y Rabé de las Calzadas	Burgos	1.200
Villalba de los Alcores	Valladolid	1.400
Langa de Duero	Soria	1.500
Gordoncillo	León	1.500

**Municipios seleccionados para construir tecnologías de bajo coste en este proyecto**

## ¿Qué requisitos deben cumplir las tecnologías de depuración en pequeñas poblaciones?

Las tecnologías empleadas en los sistemas de depuración en pequeños núcleos de población deben cumplir los siguientes requisitos:

- **Adecuadas a los recursos técnicos y económicos**

Tecnologías que requieran un mantenimiento sencillo.

Costes mínimos de implantación y explotación, prescindiendo en lo posible de consumo energético, elementos electromecánicos y reactivos químicos.

Simplicidad en la gestión de lodos generados en la depuración.

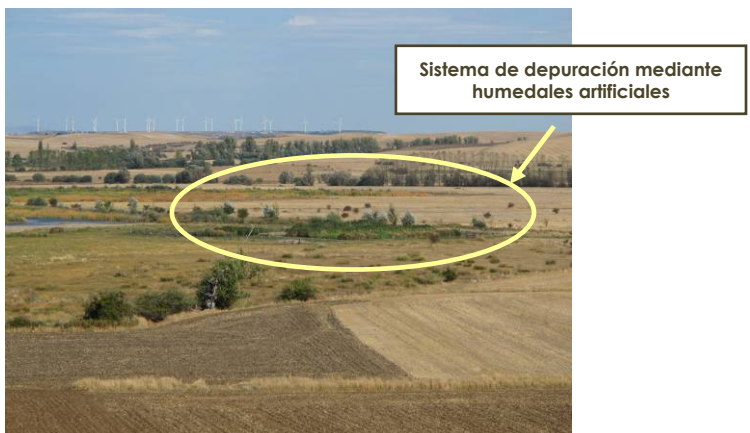
- **Sistemas robustos**

Los sistemas de tratamiento deben ser robustos, capaces de autorregularse de forma eficaz en un amplio rango de caudal y carga para obtener un efluente con una calidad suficiente.

- **Integración ambiental**

Las instalaciones deben adecuarse al entorno con la mayor integración ambiental posible, buscando incluso proporcionar un valor añadido de carácter educativo, turístico o recreativo.

Las tecnologías de depuración de aguas residuales urbanas que reúnen estas características se conocen bajo el nombre genérico de **"Tecnologías no convencionales de bajo coste"**.



Ejemplo de integración paisajística de una tecnología no convencional, en Atapuerca (Burgos)

## ¿Cómo funcionan las tecnologías no convencionales o de bajo coste?

En esencia, el funcionamiento de un sistema de depuración de bajo coste y de un sistema convencional es el mismo. La diferencia radica en la velocidad de los procesos de depuración, ya que en los sistemas de bajo coste se trabaja a la velocidad natural propia de los procesos, sin apenas gasto energético ni de reactivos.

Las tecnologías no convencionales incluyen:

- **Procesos aplicados en los tratamientos convencionales:**  
Sedimentación, filtración, precipitación química, intercambio iónico, degradación biológica, etc.
- **Procesos propios de los tratamientos naturales:**  
Fotosíntesis, fotooxidación, asimilación por parte de las plantas, etc.



## ¿Qué criterios hay que tener en cuenta a la hora de elegir el sistema de depuración?

Dentro de estos sistemas de depuración hay varias alternativas pero no todas son igualmente eficaces en todos los municipios. Además de cuestiones ya mencionadas, como los requerimientos ambientales del cauce receptor o la naturaleza del agua residual de la población, hay que tener en cuenta otros condicionantes como la climatología, la superficie disponible, etc.

Un correcto análisis de estas circunstancias es imprescindible para la acertada elección de la tecnología más adecuada, siendo perfectamente factible la combinación de varias de ellas.

<b>CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA LAS TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN DE BAJO COSTE</b>	
<b>CRITERIOS TÉCNICOS</b>	Calidad requerida del efluente según el medio receptor (tratamiento adecuado)
	Tamaño de la población (en habitantes-equivalentes)
	Superficie disponible
	Naturaleza del agua residual
	Flexibilidad y adaptación de la capacidad de tratamiento
	Meteorología
	Gestión de fango generado
	Complejidad en la explotación y mantenimiento
<b>CRITERIOS AMBIENTALES</b>	Producción de olores
	Generación de ruidos
	Integración paisajística
<b>CRITERIOS ECONÓMICOS</b>	Costes de inversión
	Costes de explotación

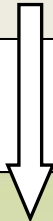
La variedad de sistemas de depuración aplicables al tratamiento de las aguas residuales de pequeñas poblaciones, así como su posible combinación, es muy amplia. Las tecnologías que pueden tener una mayor aplicación son las siguientes:

<b>TECNOLOGÍAS APLICABLES</b>	
<b>PRETRATAMIENTOS</b>	
Desbaste	
Desarenado	
Desengrasado	
<b>TRATAMIENTOS PRIMARIOS</b>	
Fosas sépticas	
Tanques Imhoff	
Decantación primaria	
<b>TRATAMIENTOS SECUNDARIOS - TECNOLOGÍAS EXTENSIVAS</b>	
Lagunajes	
Humedales artificiales	Humedal artificial de flujo horizontal
	Humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal
	Humedal artificial subsuperficial de flujo vertical
	Humedal artificial de macrófitos en flotación
Filtros intermitentes de arena	
Infiltración-percolación	
<b>TRATAMIENTOS SECUNDARIOS - TECNOLOGÍAS INTENSIVAS</b>	
Aireaciones prolongadas	
Lechos bacterianos	
Contactores biológicos rotativos	
Reactores secuenciales	

**Para ampliar información sobre cada tratamiento**

Se puede acudir a la publicación del CEDEX **Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones.**

(Ver en bibliografía)



Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones



Ministerio de Medio Ambiente, Turismo y Urbanismo

**PRETRATAMIENTO**

Desbaste  
Desarenado  
Desengrasado



**TRATAMIENTO PRIMARIO**

Fosa séptica  
Tanque Imhoff  
Decantación primaria



**TRATAMIENTO SECUNDARIO**

**EXTENSIVO**

Lagunaje  
Humedales artificiales  
Filtros intermitentes de arena  
Infiltración-percolación

**INTENSIVO**

Aireaciones prolongadas  
Lechos bacterianos  
Contactores biológicos rotativos  
Reactores secuenciales



**TRATAMIENTO TERCIARIO**

Humedales artificiales  
(Humedal artificial superficial)

Lagunaje  
(Laguna maduración)



Cuando en un núcleo de población se plantea cuál es la alternativa de depuración más apropiada, se debe valorar el grado de tolerancia frente a una serie de parámetros o criterios, recogidos a continuación.

Se utiliza la siguiente nomenclatura:

FS	Fosa séptica
TI	Tanque Imhoff
DP	Decantación primaria
LA	Lagunaje
HS	Humedal
HSFV	Humedal artificial subsuperficial vertical
HSFH	Humedal artificial subsuperficial horizontal
FA	Filtro de arena
IP	Infiltración-percolación
LB	Lecho bacteriano
SBR	Reactor secuencial
AP	Aireación prolongada
CBR	Contactador biológico rotativo

<b>RANGO DE POBLACIÓN (h-e)</b>				
	<b>50-200</b>	<b>200-500</b>	<b>500-1.000</b>	<b>1.000-2.000</b>
<b>TRATAMIENTO RECOMENDABLE</b>	FS-TI-LA-HS-FA-IP-CBR-LB-AP-SBR	TI-LA-HS-FA-IP-CBR-LB-AP-SBR	TI-DP-LA-HS-FA-IP-CBR-LB-AP-SBR	DP-LA-HS-FA-CBR-LB-AP-SBR

CRITERIOS	TRATAMIENTOS SEGÚN GRADO DE TOLERANCIA		
	- —————> +		
	BAJO	MEDIO	ALTO
REQUERIMIENTO DE SUPERFICIE	FS-TI-DP-LB-CBR-AP-SBR	HSFV-FA-FT	LA-HSFH-IP
TOLERANCIA A BAJAS TEMPERATURAS	DP-LA-FA-HSFV-IP	LB-HSFH	FS-TI-AP-SBR-CBR
COMPLEJIDAD DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	LA-HS-FA-IP	LB-CBR	AP-SBR
<b>FUNCIONAMIENTO ANTE CAMBIOS DE CAUDAL Y CARGA</b>			
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN AL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS			
Agua residual de contaminación fuerte	LA-HSFH-IP	FA-HSFV-CBR-LB	AP-SBR
Agua residual de contaminación media	Todos son adecuados		
Agua residual de contaminación débil	AP-SBR	-	LA-IP-HS-FA-LB-CBR
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN A VARIACIONES DIARIAS DE CAUDAL	AP-CBR-LB	SBR-FA-IP-HSFV	HSFH-LA
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN A VARIACIONES ESTACIONALES DE CAUDAL	CBR-HS-FS-TI-FA-IP	LA-AP	LB-SBR
<b>COSTES DE IMPLANTACIÓN Y EXPLOTACIÓN</b>			
COSTES DE IMPLANTACIÓN	DP-FS-TI-FA	HSFV-LB-LA	IP-HSFH-AP-CBR
COSTES DE EXPLOTACIÓN	FS-TI-DP	LA-FA-HSFH-HSFV	IP-LB-CBR-AP
<b>GESTIÓN DE FANGOS</b>			
CANTIDAD DE FANGOS GENERADA	FA-HS-LA	FS-TI-DP-AP-SBR	LB-CBR
FRECUENCIA DE RETIRADA DE FANGOS	LA	FS-TI-LB-CBR	AP-SBR-DP
<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>			
POTENCIAL PARA GENERAR MALOS OLORES	AP-SBR-CBR-HS	FS-TI-DP-LB-FA-IP	LA
POTENCIAL PARA GENERAR RUIDOS	FS-TI-DP-HS-FA-IP-LA	CBR-LB	AP-SBR
GRADO DE INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA	LB-CBR-AP-SBR	FA	LA-HS-IP

## 5. TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN APLICABLES EN PEQUEÑAS POBLACIONES

### PRETRATAMIENTO: DESBASTE, DESARENADO Y DESENGRASADO

#### ¿En qué consiste y cómo funciona?

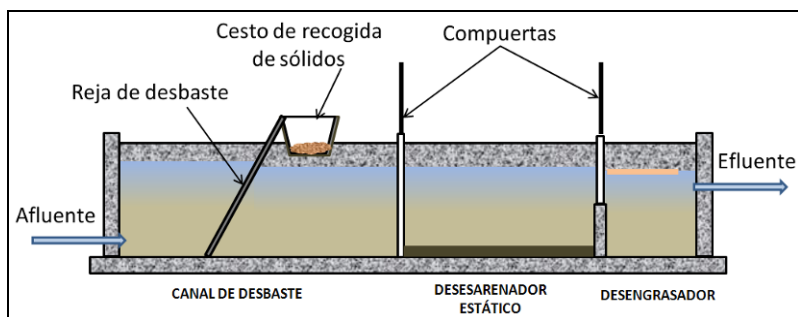
Esta primera etapa del tratamiento tiene como objetivo eliminar aquellos contaminantes fácilmente separables mediante procesos físicos y que pueden ocasionar problemas en las sucesivas etapas de tratamiento.

Desbaste: la misión es eliminar los sólidos de tamaño pequeño-mediano, mediante:

- Rejas: barras paralelas con separación uniforme. Pueden ser rejas de gruesos que no permiten el paso entre barrotes de tamaños superiores a 20-60 mm o rejas de finos (no permiten el paso de tamaños superiores a 6-12 mm), de limpieza manual o autolimpiantes.
- Tamices: placas perforadas o mallas metálicas. No permiten el paso de partículas de tamaño superior a 6 mm. Los más usados pueden ser estáticos o autolimpiantes (malla de barras con sección en cuña) y rotativos (malla sobre cilindro giratorio).

Desarenado: elimina la materia de mayor densidad (por ejemplo arenas), con diámetros mayores de 0,2 mm. Hay dos tipos: estáticos de flujo horizontal (donde el agua circula en horizontal) y aireados (flujo helicoidal).

Desengrasador: elimina grasas y demás materias flotantes, más ligeras que el agua. Pueden ser: estáticos (el agua sale por debajo del depósito con tabique) o aireados (se inyecta aire por la parte inferior del depósito). Es frecuente realizar el desarenado y desengrasado en un misma etapa o equipo.



Esquema de pretratamiento con elementos de limpieza manual



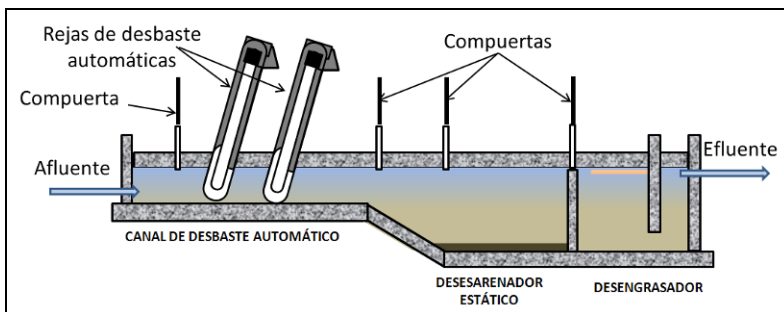
Reja desbaste



Reja de desbaste



Tamiz de finos



Esquema de pretratamiento con elementos de limpieza automática-manual

### **¿Para qué tamaño de población resulta adecuado?**

Según el tamaño de la población, se proponen distintos sistemas:

- Menores de 250 h-e: rejas de desbaste manual y un sistema de tratamiento primario tipo fosa séptica o similar que permita eliminar conjuntamente arenas y grasas.
- Entre 250-1.000 h-e: rejas de desbaste manual o automático y un sistema de tratamiento primario tipo fosa séptica o similar que permita eliminar conjuntamente arenas y grasas.
- Entre 1.000-2.000 h-e: rejas de desbaste manual o automático y un sistema combinado desarenador - desengrasador.

### **¿Cómo influye la meteorología?**

Lo que más influye en el funcionamiento de estos sistemas es el aumento de caudales y la cantidad transportada de gruesos y arenas durante episodios de lluvia.

### **¿Qué impacto produce?**

Apenas hay impacto visual y sonoro.

Para minimizar el impacto olfativo, es necesaria la retirada periódica de los residuos extraídos.

### **¿Qué requisitos de mantenimiento tiene?**

En cuanto al desbaste, dependerá de si la limpieza es manual o automática.

Con limpieza automática no se requiere la presencia continua de operario, pero el mantenimiento es más complejo y costoso.

El residuo generado es eliminado como un residuo urbano.

En cuanto al desarenado y desengrasado el mantenimiento se reduce a la limpieza periódica de las arenas y grasas generadas.



Desarenador-desengrasador

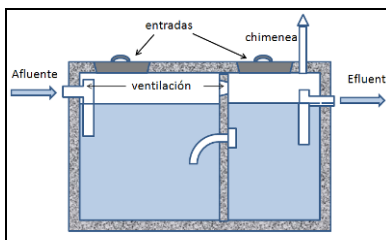


Rasqueta de grasas

## TRATAMIENTO PRIMARIO: FOSA SÉPTICA

### **¿En qué consiste y cómo funciona una fosa séptica?**

La fosa séptica es un sistema sencillo de tratamiento de las aguas residuales cuyo objetivo principal es la eliminación de los sólidos presentes en el agua. En una fosa séptica se separan por un lado los sólidos flotantes que hay en la superficie, incluidos aceites y grasas, y por otro lado, los sólidos sedimentables que se acumulan en el fondo.



Esquema de una fosa séptica

Existen en el mercado diferentes tipos de fosas sépticas, desde fosas sépticas simples a fosas sépticas con múltiples compartimentos.

### **¿Para qué tamaño de población resulta adecuado?**

Las fosas sépticas sólo se emplean como tratamiento único para pequeños vertidos de viviendas aisladas o núcleos de población pequeños. Normalmente este sistema de depuración se utiliza como tratamiento primario de las aguas residuales como etapa previa a otros sistemas de depuración.

Rango: como tratamiento único en poblaciones menores de 250 h-e y como etapa previa en poblaciones menores de 1.000h-e.

### **¿Cómo influye la meteorología?**

Como la fosa se dispone enterrada, la meteorología apenas influye.

### **¿Qué impacto produce?**

Nulo impacto visual y sonoro. Para minimizar el posible impacto olfativo, conviene utilizar filtros en las chimeneas.

### **¿Cómo funciona ante cambios de caudal y carga?**

Se adapta bien a los cambios.

### **¿Qué costes y qué requisitos de mantenimiento tiene?**

Los costes de instalación y mantenimiento son bajos. Los costes aproximados de implantación oscilan entre 100-200 €/h-e y los de mantenimiento entre 20-60 €/h-e/año, en poblaciones menores de 250 h-e y como único tratamiento.

El mantenimiento de estos equipos es muy sencillo y se limita a la limpieza periódica de la fosa séptica a medida que se va formando una capa de flotantes en la superficie o acumulando los fangos en el fondo. En el caso de aguas residuales urbanas los fangos extraídos pueden utilizarse como enmienda orgánica conforme a la legislación sectorial aplicable o realizar su gestión a través de gestor autorizado.



Fosa séptica prefabricada

**¿Dónde se ha utilizado esta tecnología en el Proyecto\* de la Confederación Hidrográfica del Duero?**

Gilbuena (Ávila)

Mironcillo (Ávila)

Castrillo de la Guareña (Zamora)

Torreiglesias (Segovia)

**En estos municipios la fosa séptica es el único sistema de tratamiento**



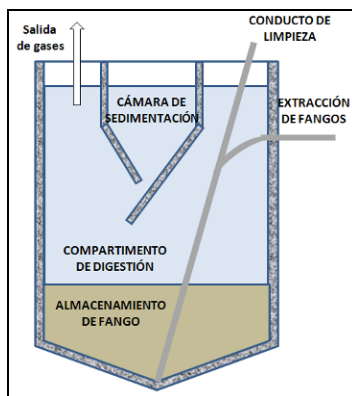
Fosa séptica. Torreiglesias (Segovia)

\*"Tratamientos singulares de carácter experimental de vertidos en pequeñas poblaciones de la cuenca del Duero" (ver pág. 27)



### **¿En qué consiste y cómo funciona un tanque Imhoff?**

El tanque Imhoff consiste en un depósito en el que se distinguen dos zonas claramente separadas. Una parte superior denominada zona de sedimentación, en donde se produce la decantación de los sólidos, y una parte inferior, denominada zona de digestión en donde se almacenan y digieren los sólidos decantados. Ambas zonas se encuentran separadas físicamente por una estructura en forma de casa invertida abierta en el fondo, que impide el paso de los gases de la zona de digestión a la zona de sedimentación evitando de esta manera que afecten a la decantación de los sólidos.



Esquema de un Tanque Imhoff

### **¿Para qué tamaño de población resulta adecuado?**

Normalmente este sistema de depuración se utiliza como tratamiento primario de las aguas residuales como etapa previa a otros sistemas de depuración.

Rango: menos de 1.000 h-e.

### **¿Cómo influye la meteorología?**

Como el tanque se dispone enterrado, la meteorología apenas influye.

### **¿Qué impacto produce?**

Nulo impacto visual y sonoro. Para minimizar el posible impacto olfativo, conviene utilizar filtros en las chimeneas.

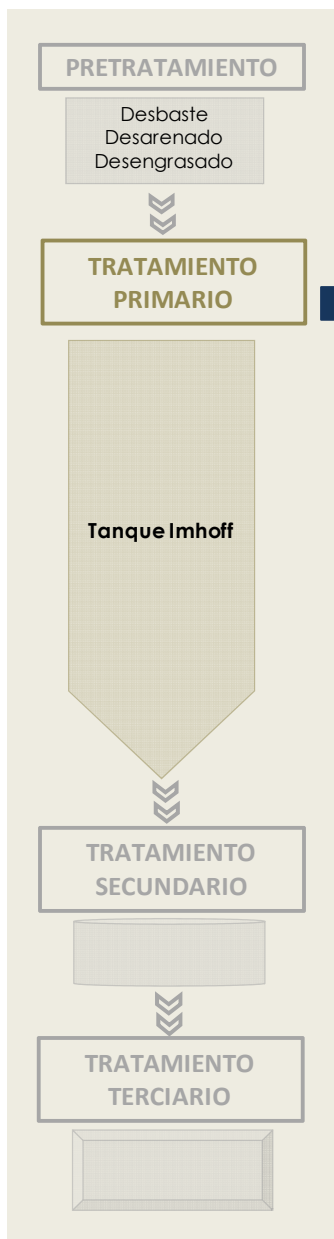
### **¿Cómo funciona ante cambios de caudal y carga?**

Se adapta bien a los cambios siempre y cuando no se tengan elevadas sobrecargas hidráulicas.

### **¿Qué costes y qué requisitos de mantenimiento tiene?**

Los costes de instalación y mantenimiento son bajos. Los costes aproximados de implantación oscilan entre los 100-200 €/h-e y los de mantenimiento entre los 10-20 €/h-e/año, para poblaciones de menos de 1.000 h-e.

El mantenimiento de estos equipos es muy sencillo y se limita a la limpieza periódica a medida que se va formando una capa de flotantes en la superficie o acumulando los fangos en el fondo. En el caso de aguas residuales urbanas los fangos extraídos pueden utilizarse como abono orgánico conforme a la legislación sectorial aplicable o realizar su gestión a través de gestor autorizado.



Tanque Imhoff

**¿Dónde se ha utilizado esta tecnología en el Proyecto\* de la Confederación Hidrográfica del Duero?**

- Tardajos (Burgos)
- Gordoncillo (León)
- Tariego de Cerrato (Palencia)
- Monleras (Salamanca)
- Arzádegos (Ourense)



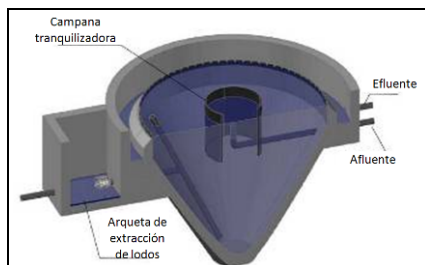
Tanque Imhoff. Tardajos (Burgos)

\*"Tratamientos singulares de carácter experimental de vertidos en pequeñas poblaciones de la cuenca del Duero" (ver pág. 27)

### **¿En qué consiste y cómo funciona un decantador primario?**

El objetivo de la decantación primaria es la eliminación de la mayor parte de los sólidos en suspensión presentes en el agua por la acción de la gravedad.

Estos sistemas se suelen disponer enterrados y pueden ser: estáticos (sin partes mecánicas) o dinámicos (con elementos electromecánicos para recoger flotantes y evacuar fangos).



Esquema de un decantador circular

Este sistema de depuración se utiliza como tratamiento primario de las aguas residuales como etapa previa a otros sistemas de depuración.

### **¿Para qué tamaño de población resulta adecuado?**

Resulta adecuado en poblaciones superiores a 500 h-e, siendo óptimo entre 1.000 y 2.000 h-e.

### **¿Cómo influye la meteorología?**

Con bajas temperaturas del agua se retarda la sedimentación y la lluvia puede aumentar excesivamente el caudal a tratar y la materia en suspensión.

### **¿Qué impacto produce?**

Posible impacto olfativo si no se gestionan los fangos de forma correcta.

### **¿Cómo funciona ante cambios de caudal y carga?**

Escasa estabilidad frente a sobrecargas hidráulicas y orgánicas.

### **¿Qué costes y qué requisitos de mantenimiento tiene?**

Los costes de implantación no son muy elevados. El coste de implantación de una decantación primaria para poblaciones entre 1.000-2.000 h-e oscila entre 65-70 €/h-e y los de explotación entre 9-12 €/h-e/año.

La explotación y mantenimiento es sencilla consistiendo fundamentalmente en tareas de inspección, limpieza y extracción de fangos y flotantes.

En este proceso se generan fangos que hay que extraer con cierta frecuencia y no están estabilizados por lo que precisan un tratamiento posterior o gestión a través de gestor autorizado.



Decantador circular

**¿Dónde se ha utilizado esta tecnología en el Proyecto\* de la Confederación Hidrográfica del Duero?**

Gradefes (León)

Balsa de decantación primaria. Gradefes (León)

\*"Tratamientos singulares de carácter experimental de vertidos en pequeñas poblaciones de la cuenca del Duero" (ver pág. 27)

### ¿En qué consiste y cómo funciona el lagunaje?

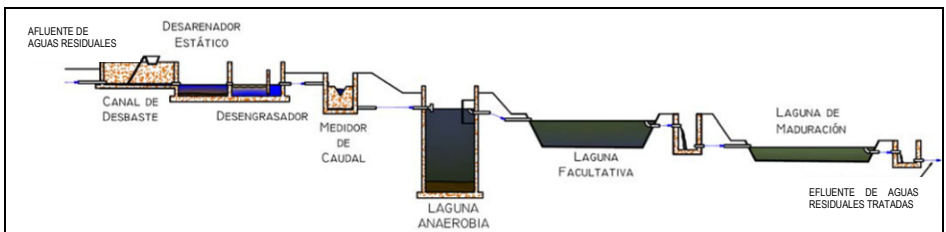
El lagunaje consiste en reproducir de forma natural los procesos de autodepuración que tienen lugar en los cursos de agua. La tecnología del lagunaje consta de varias lagunas conectadas en serie, donde se producen procesos físicos, químicos y biológicos, depurándose gradualmente las aguas residuales. En función del tipo y configuración de las balsas, esta tecnología puede utilizarse como un tratamiento primario, secundario o terciario.

Los tres tipos básicos de lagunas son:

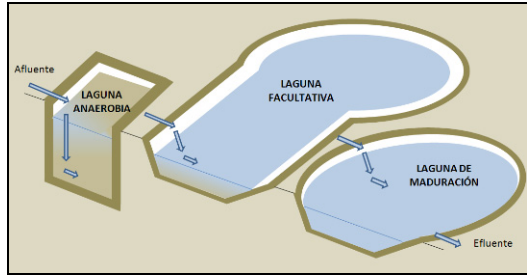
Lagunas anaerobias (Tratamiento primario): son lagunas profundas (profundidad de 3-5 m) que reciben elevadas cargas orgánicas y donde predominan condiciones anaerobias (ausencia de oxígeno). En este tipo de balsas se eliminan principalmente los flotantes y la materia sedimentable por decantación que se acumula en el fondo y se degrada anaeróbicamente lentamente. Por tanto estas balsas tienen esta doble finalidad, reducción de materia sedimentable y estabilización de los fangos. Su funcionamiento es bastante parecido a una fosa séptica o tanque Imhoff.

Lagunas facultativas (Tratamiento secundario): son lagunas de menor profundidad (1,5-2 m) y mayor superficie. En este tipo de lagunas se tienen condiciones tanto aerobias en la superficie como anaerobias en el fondo. El principal objetivo es la eliminación de la materia orgánica presente en el agua fundamentalmente por vía aerobia.

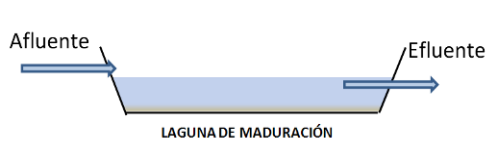
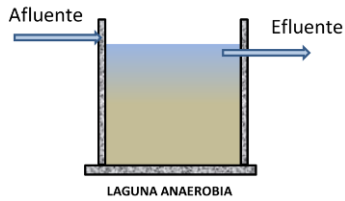
Lagunas de maduración (Tratamiento terciario): son lagunas de escasa profundidad (0,8-1 m) que reciben bajas cargas contaminantes. El principal objetivo es afinar el vertido y la eliminación de microorganismos patógenos debido a los procesos de filtración, predación y efecto bactericida de la radiación solar.



Esquema de un tratamiento de lagunaje



Tratamiento de lagunaje



### **¿Para qué tamaño de población resulta adecuado y cuánta superficie requiere?**

Óptimo hasta 1.000 h-e. Para poblaciones superiores no suele utilizarse por la gran superficie requerida.

La superficie necesaria para implantar un sistema de lagunaje oscila aproximadamente entre 7 y 13 m<sup>2</sup>/h-e para poblaciones entre 50 y 1.000 h-e.

### **¿Cómo influye la meteorología?**

Influye sobre todo la temperatura que está íntimamente ligada con la velocidad de los procesos naturales de autodepuración. El frío disminuye el rendimiento.

El viento y la radiación solar favorecen los procesos.

### **¿Qué impacto produce?**

Un buen diseño y mantenimiento permite una buena integración en el paisaje.

Para evitar malos olores es importante limitar la carga contaminante y el contenido de sulfatos.

### **¿Cómo funciona ante cambios de caudal y carga?**

Se adapta bien a los cambios. Hay que tener especial precaución de no sobrecargar la capacidad de depuración de las balsas.

### **¿Qué costes y qué requisitos de mantenimiento tiene?**

Los costes de instalación son moderados. La principal limitación de esta tecnología es la superficie necesaria y el tipo de terreno por el elevado volumen de excavación.

Considerando pretratamiento, lagunas anaerobias, lagunas facultativas y de maduración el coste aproximado de implantación es de unos 200 €/h-e para una población de 1.000 h-e.

El coste de explotación es muy bajo y para poblaciones entre 100-1.000 h-e oscila entre 8 y 34 €/h-e/año.



Vista de una laguna anaerobia

**¿Dónde se ha utilizado esta tecnología en el Proyecto\* de la Confederación Hidrográfica del Duero ?**

Villalba de los Alcores (Valladolid)

Lagunaje. Villalba de los Alcores (Valladolid)

\*"Tratamientos singulares de carácter experimental de vertidos en pequeñas poblaciones de la cuenca del Duero" (ver pág. 27)



### ¿En qué consisten y cómo funcionan?

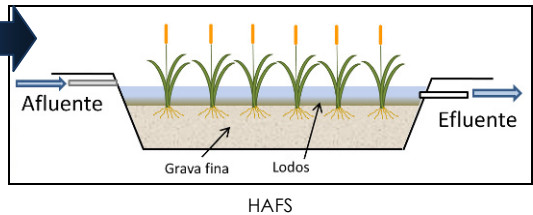
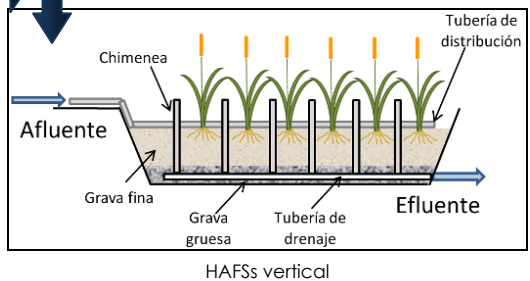
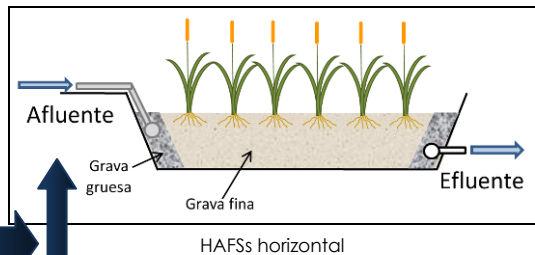
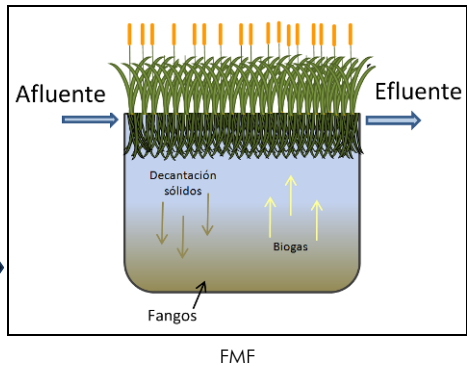
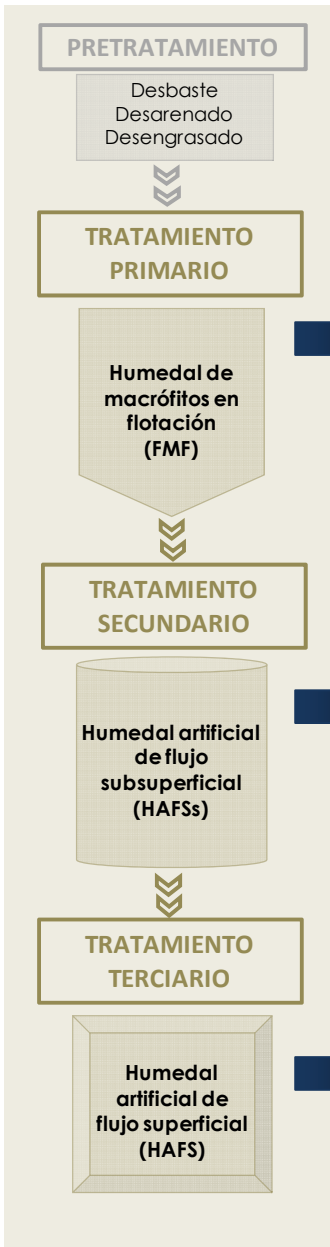
Los humedales artificiales son sistemas de depuración en los que se reproducen los procesos de eliminación de contaminantes que tienen lugar en las zonas húmedas naturales. Los humedales cuentan con dos elementos principales:

- **Sustrato filtrante:** el agua circula a través del sustrato filtrante y/o de la vegetación. El sustrato sirve como soporte de la vegetación y permite la fijación de la población microbiana (en forma de biopelícula) encargada de la mayoría de los procesos de eliminación de contaminantes.
- **Vegetación:** las plantas emergentes acuáticas (macrófitos) proporcionan superficie también para la formación de películas bacterianas, facilitan los procesos de filtración y adsorción (fijación de partículas) de constituyentes del agua residual y contribuyen fundamentalmente a la oxigenación del sustrato. También favorecen la eliminación de nutrientes y controlan el crecimiento de algas al limitar la penetración de luz solar.

Los humedales artificiales pueden clasificarse en 4 tipos en función del modelo de circulación del agua y de la disposición de la vegetación:

- **De flujo superficial (HAFS):** en estos humedales el agua circula por la superficie a través de tallos, raíces y hojas caídas, donde se desarrolla la película bacteriana encargada de la eliminación de contaminantes. Son instalaciones de varias hectáreas, constituidas por balsas o canales con vegetación emergente y con un nivel de agua poco profundo. La entrada de agua residual es continua (o intermitente si precisa bombeo). Se emplean principalmente como tratamiento de afino, recibiendo efluentes de un tratamiento secundario anterior.
- **De flujo subsuperficial (HAFSs):** en estos humedales el agua discurre a través del sustrato de forma subterránea por los espacios intersticiales del lecho filtrante y en contacto con los rizomas y raíces de la vegetación del humedal. Según la dirección en que circulan las aguas estos humedales se clasifican a su vez en dos tipos:
  - **Horizontales (HAFS<sub>s</sub>H):** el agua circula en sentido horizontal a través del lecho. La entrada de agua puede ser continua o intermitente.
  - **Verticales (HAFS<sub>s</sub>V):** el agua circula en sentido vertical a través del lecho. La entrada de agua se realiza de forma intermitente mediante bombeo o sifones de descarga controlada. La aireación del humedal se produce fundamentalmente por la corriente de aire ascendente que se crea al circular en sentido descendente el agua.

Estos dos tipos de humedales, o la combinación de ambos, se emplean fundamentalmente como tratamiento secundario, estando precedidos por un tratamiento primario que elimine la mayor cantidad de sólidos sedimentables y otras sustancias que puedan provocar problemas de atasques o colmatación del lecho.



- **De macrófitos en flotación (FMF):** en este tipo de humedales no hay un sustrato en donde se fije la vegetación del humedal. Las plantas, mediante una estructura artificial, permanecen flotando en la superficie. Las plantas son las encargadas de proporcionar oxígeno y sus raíces crean el sustrato necesario para la fijación de la población microbiana. En función de la profundidad, el humedal puede funcionar como tratamiento primario o secundario. En humedales profundos predominan los procesos de decantación y digestión de modo que la fracción sólida sedimentable decanta en el fondo, mientras que en humedales poco profundos predominan los procesos de degradación aerobia de la materia orgánica.

### **¿Para qué tamaño de población resulta adecuado y cuánta superficie requiere?**

Para menos de 2.000 h-e. Con poblaciones superiores no suele utilizarse por la gran superficie requerida.

La superficie necesaria para una población de 1.000 h-e oscila entre los 3 y 5 m<sup>2</sup>/h-e en función del tipo de humedal o combinación de humedales.

### **¿Cómo influye la meteorología?**

Influye sobre todo la temperatura que está íntimamente ligada con la velocidad de los procesos naturales de autodepuración. En periodos fríos puede reducirse el rendimiento, sobre todo en HAFS. Además, influyen los periodos vegetativos de las plantas del humedal.

### **¿Qué impacto produce?**

Muy buena integración en el entorno.

Permiten la creación y restauración de zonas húmedas aptas con elevado valor ambiental.

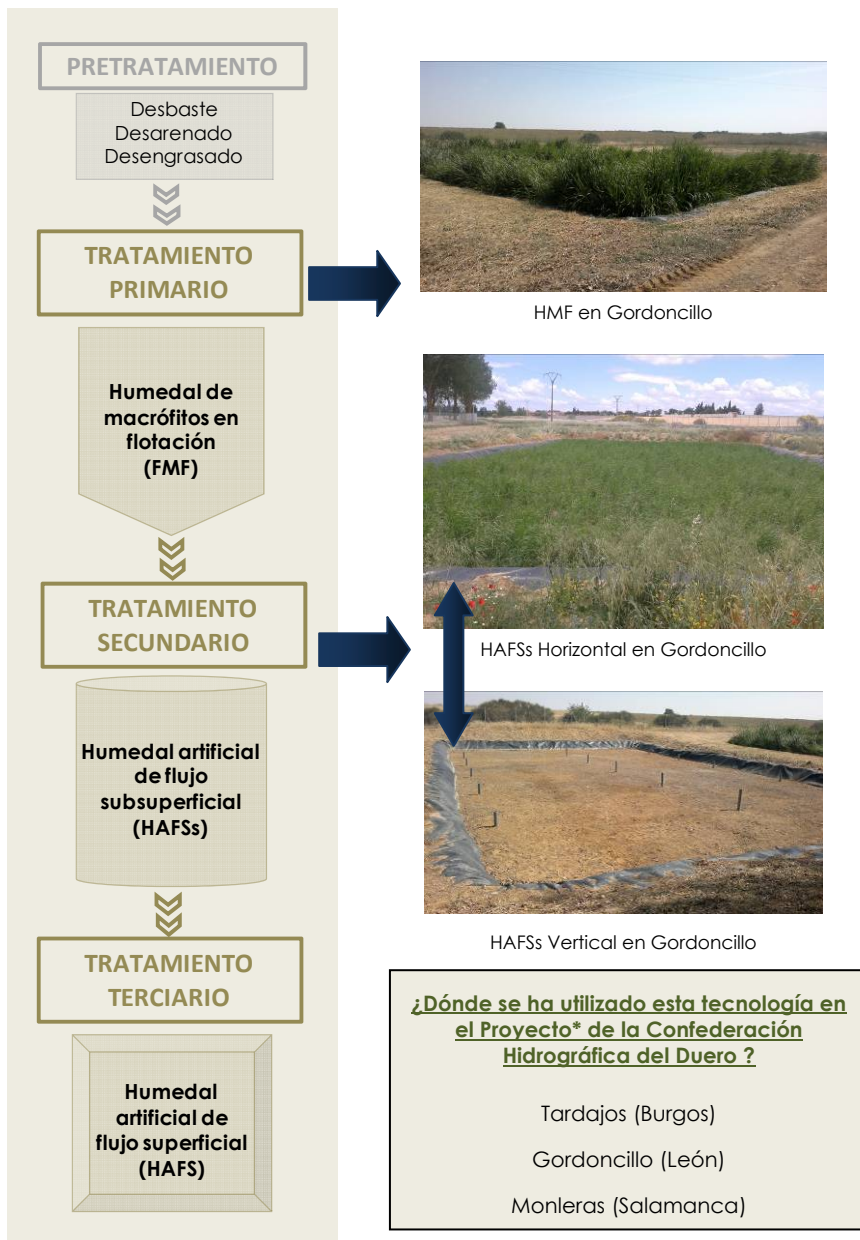
### **¿Cómo funciona ante cambios de caudal y carga?**

Son sistemas robustos, capaces de resistir variaciones de carga y caudal. No obstante, es importante no superar la capacidad de diseño.

### **¿Qué costes y qué requisitos de mantenimiento tiene?**

Los costes de instalación aproximados de un tratamiento mediante humedales artificiales para una población de 1.000 h-e oscilan entre 200-300 €/h-e.

Los costes de explotación aproximados para una población de 1.000 h-e oscilan entre los 15-20 €/h-e/año.



\*"Tratamientos singulares de carácter experimental de vertidos en pequeñas poblaciones de la cuenca del Duero" (ver pág. 27)

### **¿En qué consiste y cómo funcionan estos filtros?**

Los filtros intermitentes de arena son lechos poco profundos, en donde el agua, una vez pretratada, se hace circular verticalmente y de forma intermitente a través del lecho filtrante sobre el que se desarrolla una película bacteriana. En estos sistemas predominan los mecanismos de filtración, oxidación biológica y adsorción, proceso por el cual se produce la fijación en la superficie de las partículas.

En comparación con un humedal artificial de flujo subsuperficial vertical, estos filtros presentan una granulometría más fina del lecho filtrante. Por este motivo, y para evitar problemas de atascamiento y colmatación del lecho filtrante es indispensable contar previamente con una etapa de pretratamiento del agua residual.

Este sistema de depuración puede utilizarse tanto como tratamiento secundario como terciario.

### **¿Para qué tamaño de población resulta adecuado y cuánta superficie requiere?**

No es adecuado para poblaciones superiores a 1.000 h-e porque requiere una gran superficie.

La superficie necesaria oscila entre los 4 y 9 m<sup>2</sup>/h-e para poblaciones entre 50 y 1.000 h-e.

### **¿Cómo influye la meteorología?**

Las bajas temperaturas disminuyen el rendimiento.

### **¿Qué impacto produce?**

Buena integración con el entorno. Mínima producción de olores.

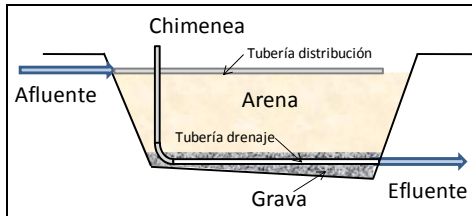
### **¿Cómo funciona ante cambios de caudal y carga?**

Son sistemas sensibles a sobrecargas, especialmente si se tienen aguas muy sucias.

### **¿Qué costes y qué requisitos de mantenimiento tiene?**

Los costes de instalación aproximados oscilan entre 200-400 €/h-e para poblaciones entre 50 y 1.000 h-e.

Los costes de explotación aproximados para poblaciones entre 50 y 1.000 h-e oscilan entre los 15-45 €/h-e/año.



Esquema de filtro intermitente de arena

**¿Dónde se ha utilizado esta tecnología en el Proyecto\* de la Confederación Hidrográfica del Duero ?**

Gordoncillo (León)



Filtro de arena. Gordoncillo (León)

\*"Tratamientos singulares de carácter experimental de vertidos en pequeñas poblaciones de la cuenca del Duero" (ver pág. 27)

### **¿En qué consiste y cómo funciona?**

En los tratamientos de infiltración-percolación se hace pasar el agua a través de un medio granular insaturado que sirve de soporte para la fijación de la población bacteriana, responsable de la degradación y eliminación de los contaminantes. Es necesario un sistema de pretratamiento del agua residual.

Una modalidad de estos tratamientos es el sistema conocido como: “tratamiento de las aguas residuales mediante aplicación superficial al terreno”. Se basa en utilizar el suelo como elemento depurador, aprovechando su capacidad como medio filtrante para eliminar sólidos, y su actividad bacteriana para degradar la materia orgánica y eliminar otras sustancias. Los sistemas de aplicación al terreno se clasifican en dos grupos:

- Filtros verdes: se aplica el agua residual, previamente tratada, mediante algún método de riego sobre un terreno de características determinadas en el que se desarrollan una o varias especies vegetales. El riego se realiza de forma rotativa en calles o parcelas, favoreciendo que el suelo tenga fases de encharcamiento o humectación y fases de reposo para su reoxigenación natural. Las especies vegetales deben ser de mínimas exigencias de mantenimiento, rápido crecimiento, tolerantes a suelos húmedos y gran capacidad de asimilar nutrientes y consumo de agua.
- Zanjas filtrantes: se infiltra el agua residual previamente tratada en el terreno a través de unas zanjas de grava. Este tipo de sistema se suele emplear también para la evacuación de efluentes ya depurados.

### **¿Para qué tamaño de población resulta adecuado y cuánta superficie requiere?**

Infiltración-percolación: en poblaciones menores de 1.000 h-e (en superiores no por la gran superficie requerida). Aplicación al terreno: en poblaciones menores de 500 h-e, siendo muy utilizado en vertidos pequeños o individuales.

Infiltración-percolación: oscila entre 7-10 m<sup>2</sup>/h-e para poblaciones entre 50 y 1.000 h-e. Aplicación al terreno: entre 3-7 m<sup>2</sup>/h-e.

### **¿Cómo influye la climatología?**

Las bajas temperaturas disminuyen el rendimiento. Los sistemas de aplicación al terreno no están indicados en lugares de elevada pluviometría.

### **¿Qué impacto produce?**

Buena integración con el entorno. Mínima producción de olores.

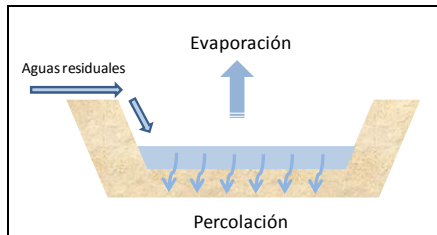
### **¿Cómo funciona ante cambios de caudal y carga?**

Sistemas muy sensibles a sobrecargas, especialmente con aguas muy sucias.

### **¿Qué costes y qué requisitos de mantenimiento tiene?**

Infiltración-percolación: costes aproximados de instalación entre 250-400 €/h-e y de explotación entre 15-40 €/h-e/año, con poblaciones entre 50-1.000 h-e.

Aplicación al terreno: costes de instalación variables en función del tipo de terreno y vegetación. Mantenimiento sencillo y costes de explotación bajos.



Sistema de infiltración-percolación

Los sistemas de aplicación al terreno no están indicados en terrenos escarpados, con baja capacidad de infiltración o zonas con niveles freáticos muy próximos a la superficie.



Filtro verde. Carrión de los Céspedes (Sevilla)

**¿Dónde se ha utilizado esta tecnología en el Proyecto\* de la Confederación Hidrográfica del Duero ?**

Valdeprados (Segovia)

Filtro verde. Valdeprados (Segovia)

\*"Tratamientos singulares de carácter experimental de vertidos en pequeñas poblaciones de la cuenca del Duero" (ver pág. 27)



### **¿En qué consiste y cómo funcionan?**

Es una variante del sistema convencional de fangos activos. El proceso consta de cuatro partes diferenciadas:

Oxidación biológica: el agua entra en el reactor biológico o cuba de aireación que contiene un cultivo bacteriano en suspensión formado por microorganismos agrupados en flóculos ("licor mezcla"). La degradación de la materia orgánica por los microorganismos se realiza en condiciones aerobias. La aireación se realiza mediante equipos electromecánicos, ya sea con aireadores mecánicos o por difusión.

Decantación secundaria: consiste en la separación de sólido – líquido por medio de un decantador o clarificador.

Recirculación de fangos: el fango (cultivo de microorganismos) es retornado al reactor, para mantener la concentración de microorganismos.

Extracción de los fangos en exceso: requiere periódicamente purga del fango en exceso consecuencia del crecimiento continuo de la biomasa bacteriana.

### **¿Para qué tamaño de población resulta adecuado y cuánta superficie requiere?**

Para poblaciones entre 500 a 2.000 h-e.

Bajos requisitos de superficie (puede estar entre 0,2 – 0,4 m<sup>2</sup>/h-e).

### **¿Cómo influye la meteorología?**

Las bajas temperaturas disminuyen la velocidad del proceso.

### **¿Qué impacto produce?**

Mala integración paisajística.

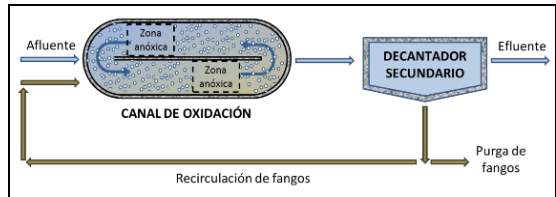
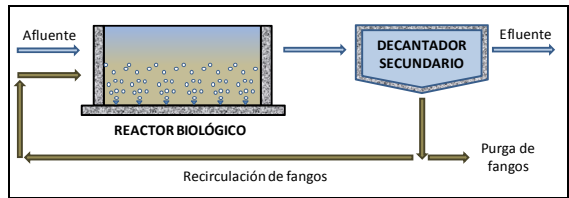
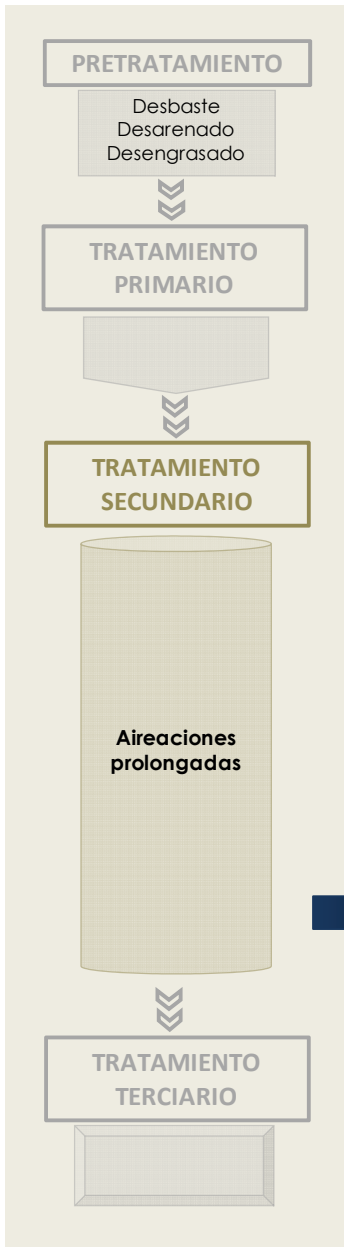
### **¿Cómo funciona ante cambios de caudal y carga?**

Versátil pues se pueden controlar los parámetros operativos. La decantación secundaria es sensible a las sobrecargas hidráulicas.

### **¿Qué costes y qué requisitos de mantenimiento tiene?**

Los costes de instalación son elevados, entre 120-400 €/h-e en poblaciones entre 50 y 2.000 h-e.

Los costes de explotación están entre 20-35 €/h-e/año. La explotación y mantenimiento son complicados y de coste elevado. Se deben realizar tareas de inspección, limpieza y gestión de residuos. El mantenimiento de los equipos mecánicos requiere personal cualificado y atención continuada.



Esquemas de procesos de aireaciones prolongadas



Zonas sin y con funcionamiento de soplantes en el reactor

### **¿En qué consiste y cómo funcionan?**

También llamados **filtros percoladores**. Esta tecnología se basa en una depuración mediante procesos aerobios con biomasa inmovilizada. Este sistema consta de las siguientes partes:

- Reactor biológico o lecho bacteriano. El agua atraviesa por gravedad un relleno de gran superficie específica (piedras/material plástico), sobre el que se desarrollan microorganismos formando una biopelícula que crece hasta un espesor límite a partir del cual se desprende y es arrastrada por el agua. Dispone de sistemas de alimentación de agua (fijos o móviles) y ventilación (natural o forzada).
- Decantador secundario o clarificador: donde se clarifica el agua y se extrae el exceso de fango (biomasa) generada.
- Recirculación del agua clarificada al reactor (no siempre necesaria).

### **¿Para qué tamaño de población resulta adecuado y cuánta superficie requiere?**

Para poblaciones de 200 a 2.000 h-e.

Requiere poca superficie (puede estar entre 0,3 – 0,75 m<sup>2</sup>/h-e).

### **¿Cómo influye la meteorología?**

Influyen la temperatura (en climas fríos puede requerir aislamiento o incluso ventilación forzada para que no disminuyan rendimientos) y la diferencia de temperatura agua residual-aire (para que funcione correctamente la pérdida de temperatura del agua al pasar a través del lecho debe ser inferior a 1,5°C).

### **¿Qué impacto produce?**

Mala integración paisajística.

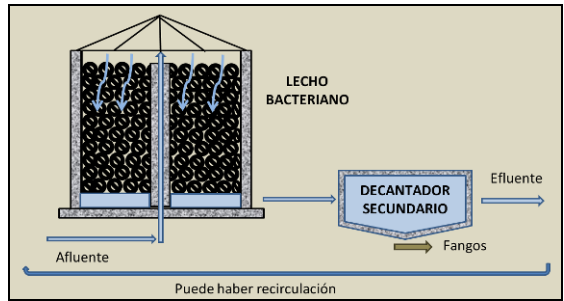
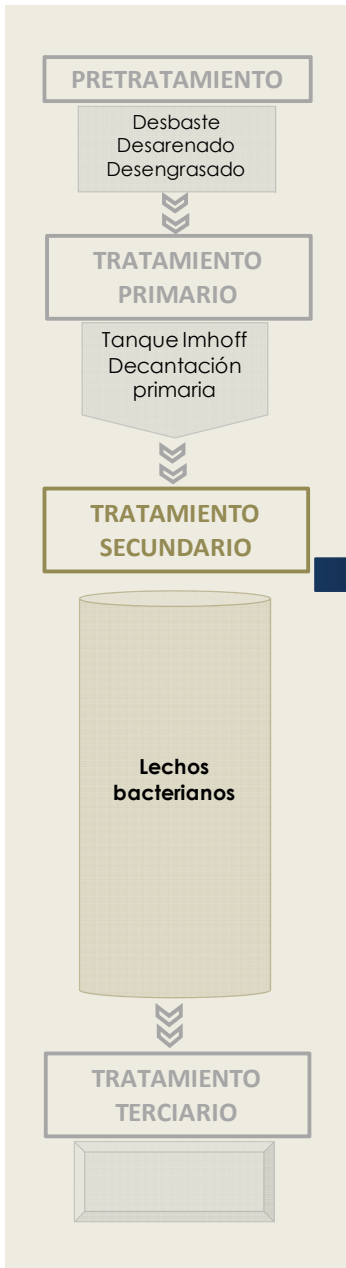
### **¿Cómo funciona ante cambios de caudal y carga?**

Buen comportamiento ante sobrecargas hidráulicas y contaminantes tóxicos. Menos flexible que la tecnología de fangos activos ante variaciones de las condiciones de diseño.

### **¿Qué costes y qué requisitos de mantenimiento tiene?**

Los costes de instalación son elevados, entre 180-350 €/h-e para poblaciones entre 200 y 2.000 h-e.

Los costes de explotación están entre 16-25 €/h-e/año. La explotación es relativamente sencilla y el mantenimiento algo más complejo por los equipos mecánicos. Se deben realizar tareas de inspección, limpieza y gestión de residuos.



Esquema de lechos bacterianos



Lecho bacteriano en Hoyos del Espino (Ávila) e imagen del interior de un lecho bacteriano

**¿Dónde se ha utilizado esta tecnología en el Proyecto\* de la Confederación Hidrográfica del Duero ?**

Tariego de Cerrato (Palencia)



Colocación de lecho bacteriano. Tariego de Cerrato (Palencia)

\*Tratamientos singulares de carácter experimental de vertidos en pequeñas poblaciones de la cuenca del Duero" (ver pág. 27)

### **¿En qué consiste y cómo funcionan los CBR?**

En esta tecnología los microorganismos responsables de la depuración se encuentran adheridos formando una biopelícula a un soporte que gira semisumergido. La aireación se produce al estar el soporte en contacto con el aire al realizarse el giro. Requiere el paso por dos elementos:

- **Contactor**: un depósito, normalmente semienterrado, alberga los contactores (soportes giratorios). Estos contactores pueden ser biodiscos (discos de material plástico colocados en paralelo y unidos por un eje central), biocilindros (jaula cilíndrica perforada con material plástico en su interior) o sistemas híbridos.
- **Decantador secundario/clarificador**: en esta etapa se extrae el exceso de fango generado (biopelícula desprendida al llegar a cierto espesor).

Los CBR se cubren para evitar daños por agentes atmosféricos y preservar de las averías. Se puede recircular parte del efluente final al tratamiento primario.

### **¿Para qué tamaño de población resulta adecuado y cuánta superficie requiere?**

Para núcleos de 500 a 2.000 h-e.

No requiere mucha superficie (puede estar entre 0,3 – 0,7 m<sup>2</sup>/h-e).

### **¿Cómo influye la meteorología?**

Las bajas temperaturas disminuyen la velocidad del proceso, por lo que se suelen cubrir para protegerlos de las inclemencias del tiempo.

### **¿Qué impacto produce?**

No produce grandes impactos.

### **¿Cómo funciona ante cambios de caudal y carga?**

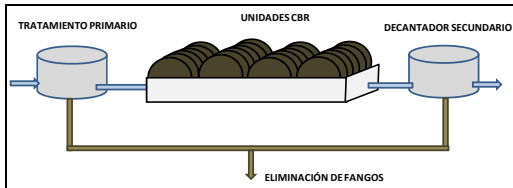
Sistema sensible a variaciones acusadas de caudal.

### **¿Qué costes y qué requisitos de mantenimiento tiene?**

Los costes de instalación son elevados, suelen estar entre 325-400 €/h-e para poblaciones entre 200-2.000 h-e.

La explotación es relativamente sencilla y con unos costes de explotación entre 16-25 €/h-e/año.

Se requieren tareas de inspección, limpieza y extracción de fangos y flotantes. El mantenimiento es más complejo por la existencia de equipos mecánicos, con cierta dependencia de la empresa fabricante.



Esquema de contactor biológico rotativo



**¿Dónde se ha utilizado esta tecnología en el Proyecto\* de la Confederación Hidrográfica del Duero ?**

Langa de Duero (Soria)

Colocación de biodiscos. Langa de Duero (Soria)

\*"Tratamientos singulares de carácter experimental de vertidos en pequeñas poblaciones de la cuenca del Duero" (ver pág. 27)

### **¿En qué consiste y cómo funciona un reactor secuencial?**

Este sistema es una variante del tratamiento de aireación prolongada con la peculiaridad de que tanto la degradación de contaminantes como la clarificación del efluente se realizan en un mismo reactor en etapas separadas temporalmente:

- **Etapas 1. Llenado:** en una primera etapa se realiza el llenado del reactor.
- **Etapas 2. Reacción:** una vez lleno se lleva a cabo la degradación aerobia de la materia orgánica. Se pueden alternar fases de anoxia-anaerobiosis con etapas aireadas para la eliminación de nutrientes.
- **Etapas 3. Sedimentación:** se cesa la aireación y se deja decantar el fango.
- **Etapas 4. Vaciado:** el agua residual clarificada se retira del reactor para volver seguidamente a repetir el ciclo.
- **Fase inactiva.**



Reactor en distintas etapas



### **¿Para qué tamaño de población resulta adecuado y cuánta superficie requiere?**

En núcleos de 500 a 2.000 h-e.

Requiere poca superficie. Necesita menos espacio que la aireación prolongada, pues no tiene decantación secundaria.

### **¿Cómo influye la meteorología?**

Las bajas temperaturas disminuyen la velocidad del proceso.

### **¿Qué impacto produce?**

No produce grandes impactos, salvo en su caso cierto impacto paisajístico.

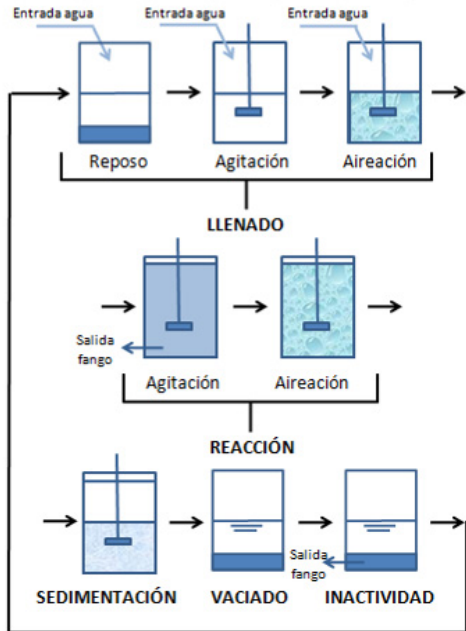
### **¿Cómo funciona ante cambios de caudal y carga?**

Flexibilidad frente a variaciones de caudal o carga.

### **¿Qué costes y qué requisitos de mantenimiento tiene?**

Los costes de implantación son ligeramente inferiores al sistema de aireaciones prolongadas, al prescindir del decantador.

Los costes de explotación son similares al sistema de aireación prolongada. Las tareas de inspección, limpieza y gestión de residuos así como el mantenimiento de los equipos mecánicos, requieren personal cualificado y atención continuada.



Esquema de reactores secuenciales

**¿Dónde ha utilizado esta tecnología la Confederación Hidrográfica del Duero?**

Duruelo de la Sierra, Covaleda, Vinuesa, Molinos de Duero y Abejar (Soria)



Vista aérea de la depuradora de Duruelo de la Sierra (Soria)

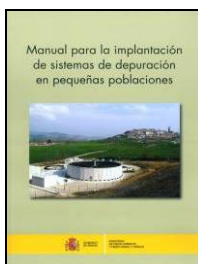


## 6. PARA SABER MÁS

### Páginas web

- **Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente**  
[www.magrama.gob.es](http://www.magrama.gob.es)
- **Confederación Hidrográfica del Duero**  
[www.chduero.es](http://www.chduero.es)
- **Hispagua – Sistema Español de Información sobre el Agua**  
[hispagua.cedex.es](http://hispagua.cedex.es)
- **CENTA – Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías**  
[www.centa.es](http://www.centa.es)
- **Alianza por el Agua**  
[www.alianzaporelagua.org](http://www.alianzaporelagua.org)
- **Proyecto DEPURANAT. Instituto Tecnológico de Canarias**  
[depuranat.itccanarias.org](http://depuranat.itccanarias.org)

### Bibliografía



**Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones**, elaborado conjuntamente por CEDEX y CENTA

Edita: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

Fecha edición: 2010



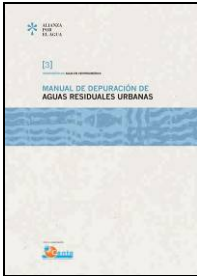
## **Manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales**

Edita: CENTA

Fecha edición: 2007

Para descargar pdf (Capítulo I):

[http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques\\_Tematicos/agencia\\_andaluza\\_agua/ciclo\\_integral\\_del\\_agua\\_urbana/depuracion/capitulo\\_uno\\_centa.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/agencia_andaluza_agua/ciclo_integral_del_agua_urbana/depuracion/capitulo_uno_centa.pdf)



## **Manual de depuración de aguas residuales urbanas**

Edita: Secretariado Alianza por el Agua

Fecha edición: 2008

Para descargar pdf:

<http://www.centa.es/uploads/publicaciones/doc4ef31d63e1252.pdf>



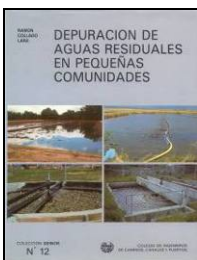
## **Guía sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población**

Edita: ITC, Instituto Tecnológico de Canarias

Fecha edición: 2006

Para descargar pdf:

<http://www.centa.es/uploads/publicaciones/doc4f965da41fa7d.pdf>



## **Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades.** Collado Lara, R.

Edita: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Fecha edición: 1992

## Marco Normativo

### Normativa general de aguas y planificación hidrológica

- **Directiva 2000/60/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Modificada por la **Decisión 2455/2001/CE**.
- **Texto Refundido de la Ley de Aguas**, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio.
- **Reglamento del Dominio Público Hidráulico** que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto 849/1986.
- **Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional**.
- **Real Decreto 907/2007**, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica
- **Orden ARM/2656/2008**, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica.

### Normativa específica sobre tratamiento de aguas residuales y depuración

- **Directiva 91/271/CEE** del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas.
- **Directiva 98/15/CE** de la Comisión, de 27 de febrero de 1998, por la que se modifica la Directiva 91/271/CEE del Consejo en relación con determinados requisitos establecidos en su anexo I.
- **Real Decreto-Ley 11/1995**, de 28 de diciembre, de trasposición de la Directiva 91/271/CEE, por el que se establecen normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas.
- **Real Decreto 509/1996**, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas. Modificado por **Real Decreto 2116/1998**.
- **Resolución de 30 de junio de 2011** de la Secretaría de Estado de Medio Rural y Agua, por la que se declaran las zonas sensibles en las cuencas intercomunitarias.

**Se puede acceder a esta normativa en los siguientes enlaces:**

[www.magrama.gob.es/es/agua/legislacion/legislacion\\_europea.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/agua/legislacion/legislacion_europea.aspx)

[www.magrama.gob.es/es/agua/legislacion/legislacion\\_nacional.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/agua/legislacion/legislacion_nacional.aspx)

## NOTAS





GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL DUERO