

# Smallwat11

3rd INTERNATIONAL CONGRESS  
*Sevilla, 25 al 28 de abril de 2011*

## **GUIDELINE FOR WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS IN SMALL COMMUNITIES**



*Enrique Ortega. CEDEX, Juan José Salas. CENTA, Yasmina Ferrer. CEDEX,  
Carlos Aragón. CENTA, Álvaro Real. CENTA*

## ***Promotor***

- Dirección General del Agua del MARM

## ***Autores***

- CEDEX-CENTA a través de un Convenio de colaboración

## ***Objetivos***

- Crear un instrumento útil para las administraciones y entidades públicas y privadas relacionadas con la planificación, diseño, implantación y explotación de estos sistemas de depuración
- Orientado a aglomeraciones urbanas entre 50 y 2.000 h-e
- Analizar las condiciones específicas que afectan a la depuración de estos núcleos
- Establecer criterios para adoptar soluciones adecuadas para cada caso
- Establecer recomendaciones de carácter técnico que ayuden a la redacción de proyectos, puesta en marcha, mantenimiento y operación

## *Metodología*

- Proceso participativo en el que se ha contado con la contribución técnica de expertos y gestores del sector.
- Bases de partida: “Estudio sobre la situación actual de la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones” (CEDEX-CENTA 2008).
- Encuentro con expertos para analizar las singularidades de la depuración en pequeñas poblaciones y debatir sobre las tecnologías adecuadas.
- Encuesta a Organismos de Cuenca para conocer el tratamiento que dan a este tipo de depuración.
- Elaboración de borradores de cada capítulo, discutidos en el grupo de trabajo CEDEX-CENTA.
- Colaboración de expertos en la elaboración de los capítulos referentes a los distintos tipos de tratamiento.
- Redacción final del Manual.

## EXPERTOS QUE HAN COLABORADO EN LA ELABORACIÓN DEL MANUAL

**Alfredo Jacome** (Universidad da Coruña) .

**Eloy Bécares** (Universidad de León) . **Ignacio del Río** (CEDEX)

**Ignacio Tejero** (Universidad de Cantabria)

**Irene Bustamante** (IMDEA-Universidad de Alcalá)

**Jaume Alemany** (Institut Català de la Recerca de l'Aigua)

**Joan García** (Universidad Politécnica de Cataluña)

**Joaquín Suárez** (Universidad da Coruña) . **José A. Cortacans** (Universidad

Politécnica de Madrid) . **Juan García** (NILSA)

**Lucas Moragas** (Agencia Catalana del Agua)

**Lucía Sobrados** (CEDEX) . **Luis Larrea** (CEIT) . **Miquel Salgot** (Universidad

de Barcelona) . **Pedro García** (Universidad de Valladolid) . **Pedro Polo**

(Acciona Agua)

## *Estructura del Manual*

1. Aspectos generales
2. Información básica para la redacción de proyectos
3. Tecnologías de depuración aplicables a pequeñas poblaciones
4. Obra de llegada, pretratamiento y medida de caudal
5. Tratamientos primarios
6. Tratamientos secundarios extensivos
7. Tratamientos secundarios intensivos
8. Combinación de tecnologías
9. Gestión del fango en pequeñas poblaciones
10. Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

***Manual para la implantación de sistemas de  
depuración en pequeñas poblaciones***

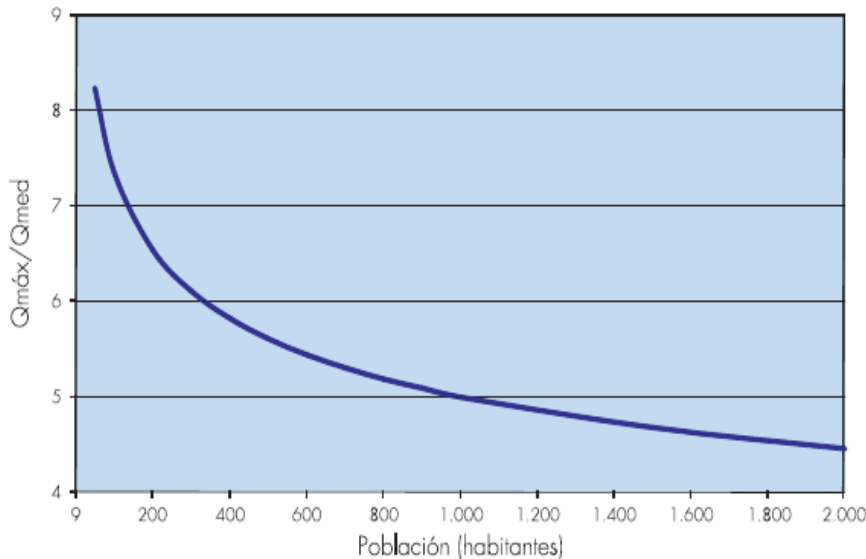


***ASPECTOS GENERALES***

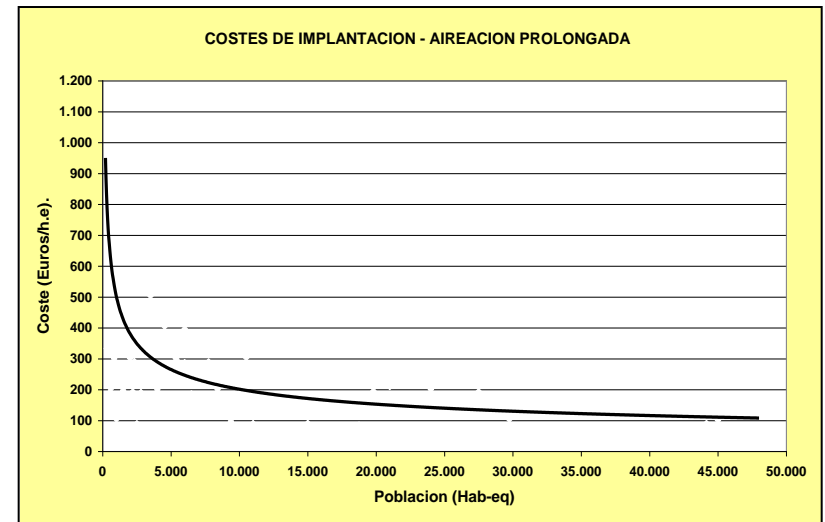
***INFORMACIÓN BÁSICA PARA LA REDACCIÓN DE  
PROYECTOS***

## Aspectos generales

Se analiza la situación de la depuración de las pequeñas poblaciones en España y las singularidades que afectan a estos sistemas (marco normativo, caudales y cargas, límites de vertido y concepto de tratamiento adecuado, tecnologías aplicables, costes de implantación y explotación, sistemas de gestión, etc)



Relación  $Q_{\max}/Q_{\text{med}}$  y número de habitantes



Coste de implantación de una EDAR de aireación Prolongada en función del número de h-e

## ***Información básica para la redacción de proyectos***

Se incide en la importancia de los estudios previos para identificar la solución mas adecuada y para su diseño, estableciéndose los temas mas relevantes a analizar: población servida, estado de la red de colectores, características del agua residual, condiciones de vertido, datos relativos al terreno, afecciones ambientales, climatología, reutilización del efluente, gestión de las aguas de lluvia, etc.

Se establece una metodología para determinar los caudales y las cargas contaminantes para el diseño de la EDAR: estudios de campo, campañas de muestreo y análisis y valores estándar, en caso de no poder contar con datos reales (dotaciones, coeficientes punta, cargas contaminantes, etc.).

## *Aspectos a destacar*

- “Tratamiento adecuado” y valores límite de emisión
- La importancia de los estudios previos
- Establecimiento de las características de las aguas residuales
- La gestión de las aguas pluviales
- Gestión de los sistemas de depuración

## Límites de vertido aplicados en Francia (Arrête du 22 de juin 2007)

| <b>Rendimientos mínimos hasta el 12 de diciembre de 2012</b>  |   |  |
|---|---|--|
| <b>Parámetro</b>  | <b>Concentración límite en el efluente depurado</b>   | <b>Rendimiento mínimo</b>                    |
| <b>LAGUNAJE</b>   |   |  |
| DQO   |   | 60%  |
| <b>OTROS PROCESOS DE DEPURACIÓN</b>   |   |  |
| DBO <sub>5</sub>  | 35 mg/l<br>70 mg/l (en caso de sobrepasar los caudales de referencia o en circunstancias excepcionales) | 60% (valor alternativo al límite de 35 mg/l) |
| DQO   |   | 60%  |
| SS  |   | 50%  |
| <b>Rendimientos mínimos a partir del 1 de enero de 2013<br/>PARA TODOS LOS PROCESOS DE DEPURACIÓN</b> |   |  |
| <b>Parámetro</b>  | <b>Concentración límite en el efluente depurado</b>   | <b>Rendimiento mínimo</b>                    |
| DBO <sub>5</sub>  | 35 mg/l<br>70 mg/l (en caso de sobrepasar los caudales de referencia o en circunstancias excepcionales) | 60% (valor alternativo al límite de 35 mg/l) |
| DQO   |   | 60%  |
| SS  |   | 50%  |

*Manual para la implantación de sistemas de  
depuración en pequeñas poblaciones*



***TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN APLICABLES  
EN PEQUEÑAS POBLACIONES, INCLUIDAS EN EL MANUAL***

# *Tecnologías incluidas en el Manual*

## ▪ Pretratamientos

Desbaste / Desarenado / Desengrasado / Medida de caudal

## ▪ Tratamientos primarios

Fosa séptica / Tanque Imhoff / Decantación primaria

## ▪ Tratamientos secundarios extensivos

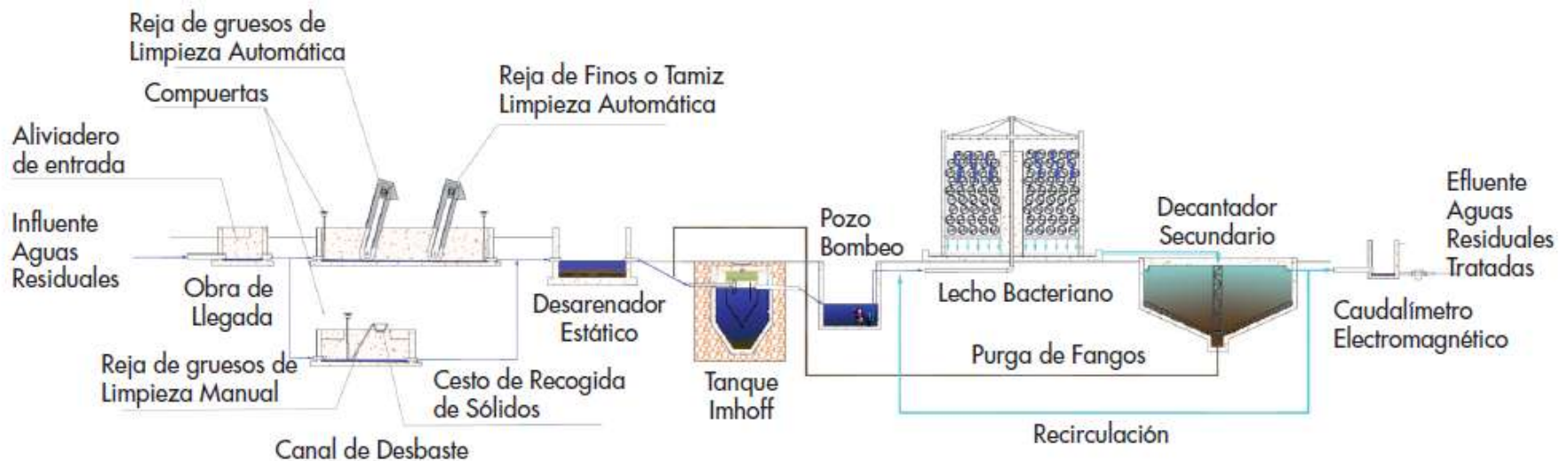
- Humedales artificiales
- Filtración sobre arena: a) Filtros intermitentes; b) Infiltración-Percolación
- Filtros de turba
- Lagunaje

## ▪ Tratamientos secundarios intensivos

- Lechos bacterianos
- Contactores Biológicos Rotativos (CBR)
- Aireación Prolongada
- Reactores secuenciales discontinuos (SBR)
- Biomasa fija sobre lecho móvil (MBBR)

# Aspectos que se desarrollan en cada tecnología

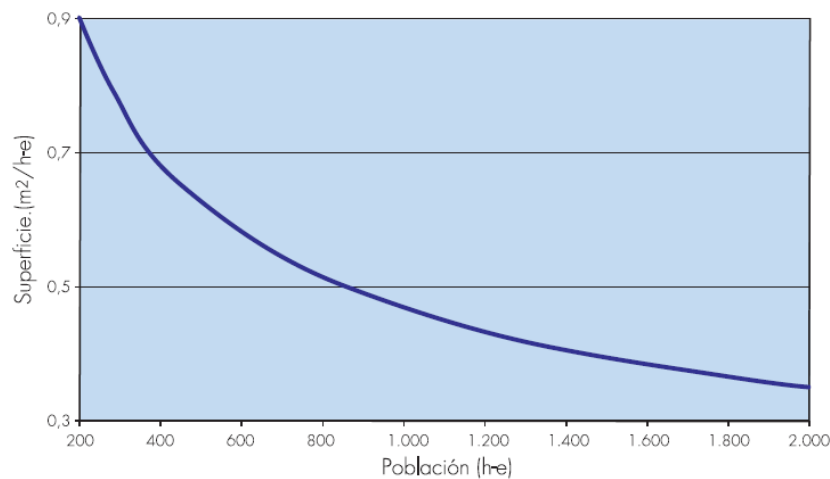
- Fundamentos del proceso
- Diagrama de flujo



*Diagrama de flujo de una instalación de lechos bacterianos*

## Aspectos que se desarrollan en cada tecnología

- Características del tratamiento:
  - Rendimientos de depuración
  - Rango poblacional recomendado
  - Superficie requerida
  - Influencia condiciones meteorológicas
  - Influencia características del terreno
  - Versatilidad del tratamiento
  - Complejidad de explotación y mantenimiento
  - Impactos ambientales
  - Producción de fangos y otros subproductos



*Superficie de implantación de los lechos bacterianos*

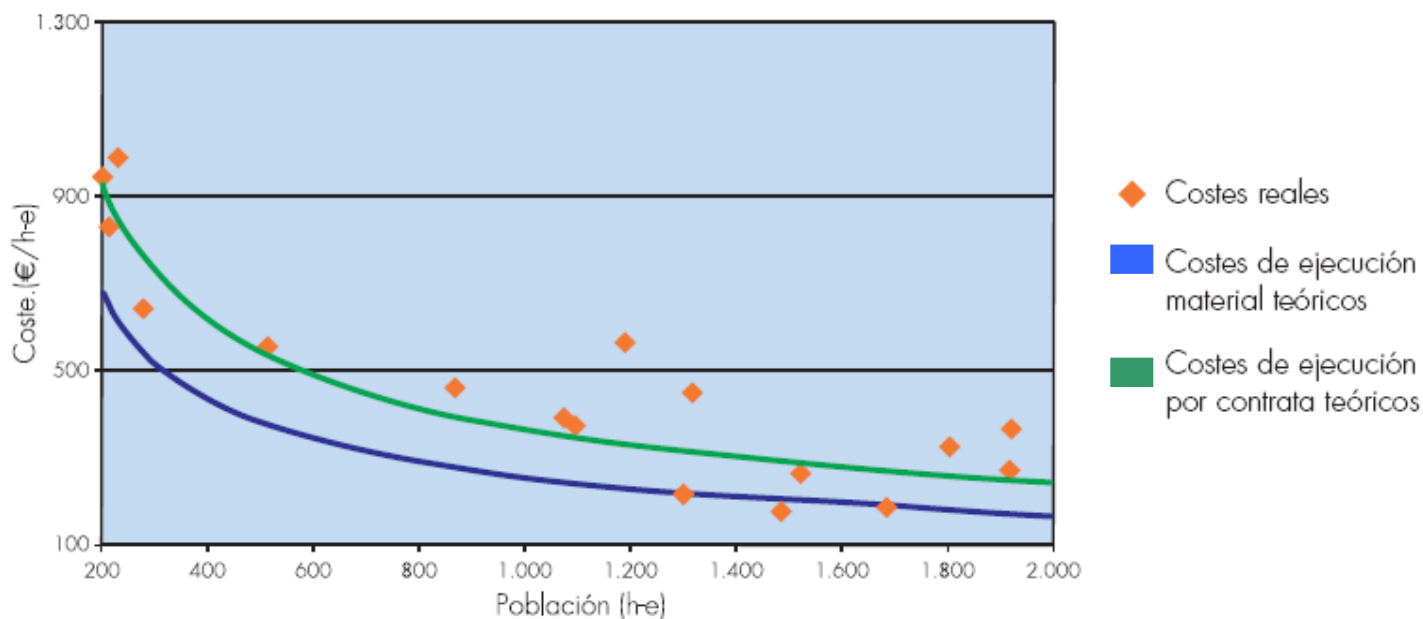
| Parámetro                      | % Reducción | Efluente final (mg/l) |
|--------------------------------|-------------|-----------------------|
| Sólidos en suspensión          | 85-95       | 15-35                 |
| DBO <sub>5</sub>               | 85-95       | 15-25                 |
| DQO                            | 80-90       | 60-120                |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 60-80       | 6-12                  |
| N                              | 30-35       | 30-40                 |
| P                              | 10-35       | 6-9                   |

*Rendimientos en humedales artificiales de flujo subsuperficial*

# Aspectos que se desarrollan en cada tecnología

## ■ Costes

- Costes de implantación (€/h-e)
- Consumo energético (kWh/kg DBO<sub>5</sub> eliminado)
- Costes de explotación y mantenimiento (€/h-e.año)



*Costes de implantación para lechos bacterianos*

# Aspectos que se desarrollan en cada tecnología

- Ventajas e inconvenientes
- Diseño y construcción
  - Criterios de diseño
  - Criterios constructivos
- Puesta en marcha
- Explotación y mantenimiento
  - Inspecciones rutinarias
  - Labores de explotación
  - Controles internos y externos
  - Labores de mantenimiento
  - Problemas operativos

| Parámetro  | Valores recomendados                                      |
|--|---|
| Carga orgánica (kg DBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> .d)      | 0,2-0,4   |
| Carga hidráulica máxima (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h)* | > 0,4 (relleno de piedras)<br>> 0,8 (relleno de plástico) |
| Altura de relleno (m)  | 2-3 m (relleno de piedras)<br>4-5 m (relleno de plástico) |
| Recirculación (Q <sub>r</sub> /Q)**                          | 1-3   |

\* Referido al caudal máximo con recirculación (Q<sub>max</sub> + Q<sub>r</sub>)

\*\* Referido al caudal medio (Q<sub>m,h</sub>)

## Recomendaciones para diseño de lechos bacterianos

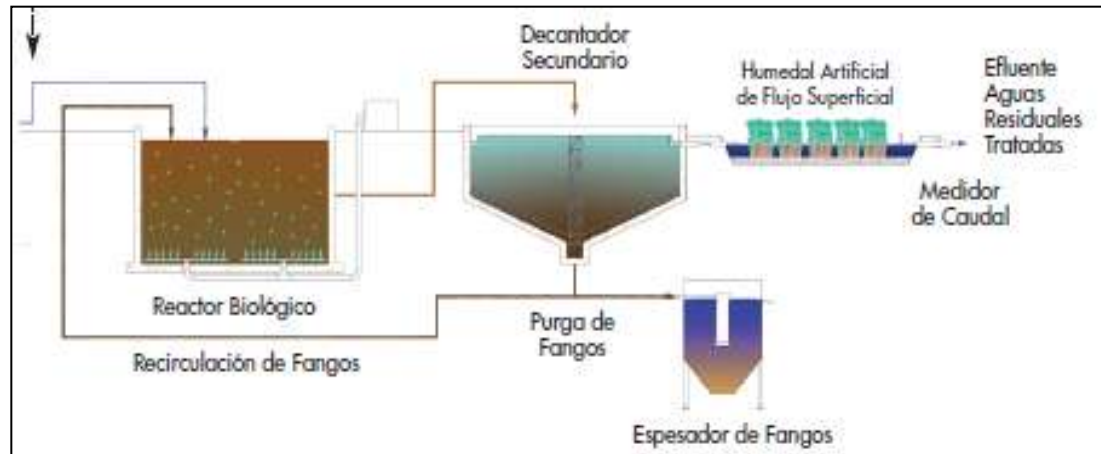


*Aspectos constructivos de los lechos bacterianos*

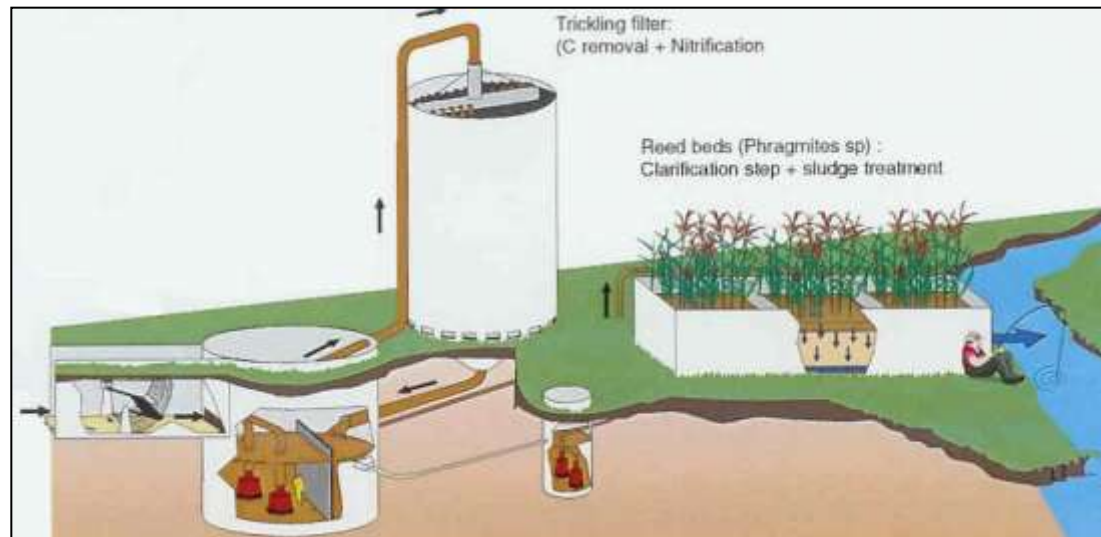
## *Combinación de tecnologías*

- Las combinaciones de tecnologías tienen por objetivo:
  - ✓ Mejorar la calidad de los efluentes finales
  - ✓ Simplificar y abaratar la gestión de los fangos
  - ✓ Desinfectar y almacenar los efluentes depurados
  - ✓ Aprovechar infraestructuras existentes
  - ✓ Eliminar nutrientes
  - ✓ Homogeneizar la calidad del vertido
  - ✓ Permitir el vertido de los efluentes depurados al terreno cuando no existe cauce próximo
- La combinación de tecnologías no es excluyente, siendo posible combinar todo tipo de tecnologías: **tecnologías intensivas entre sí, tecnologías intensivas y extensivas y/o tecnologías extensivas entre sí.**

# Combinación de tecnologías

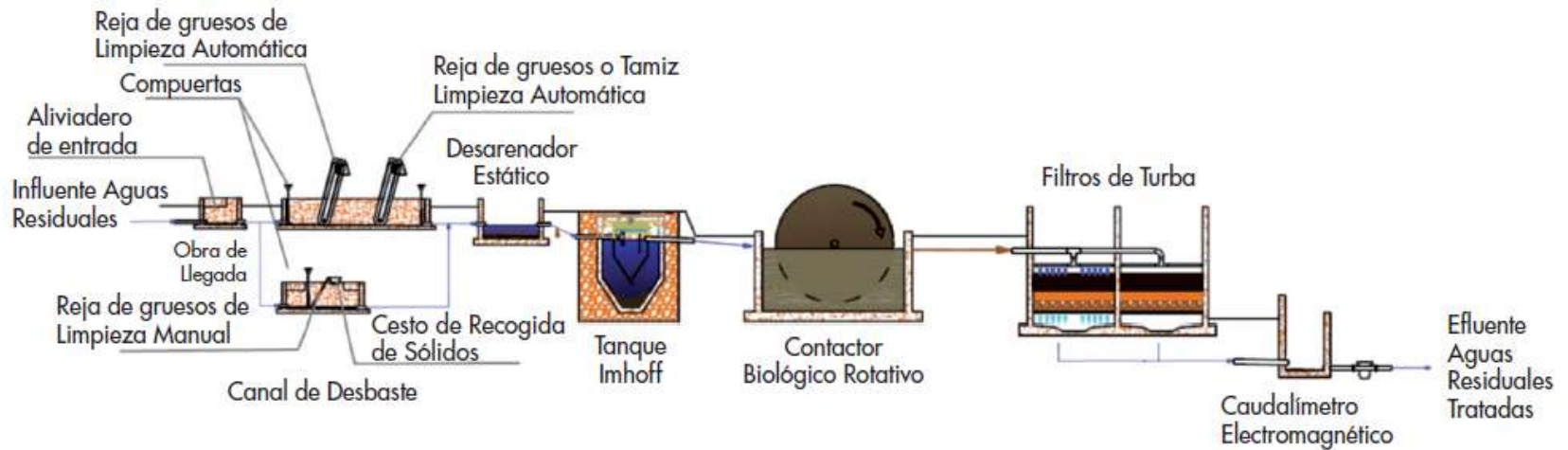


**Mejora  
calidad  
efluentes  
finales**

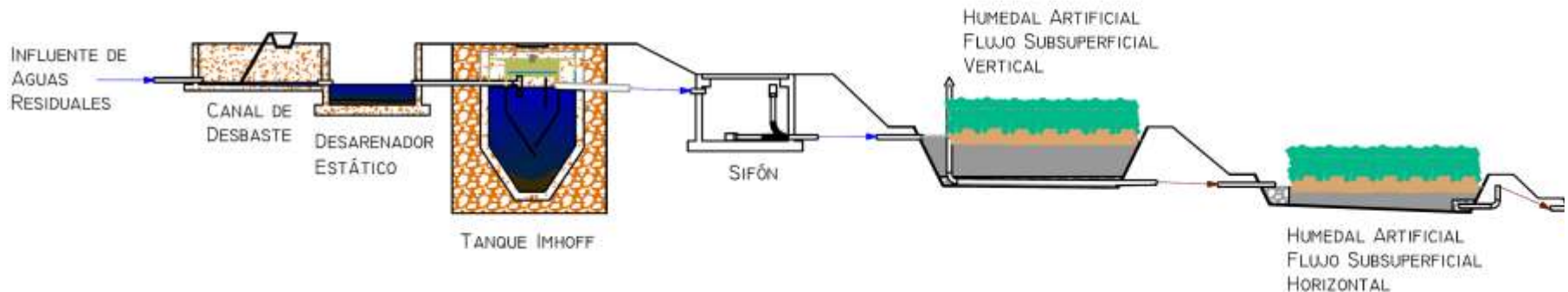


**Simplificar  
y abaratar  
la gestión de  
los fangos**

# Combinación de tecnologías



*Aprovechar infraestructuras existentes y mejora de la calidad del efluente*



*Eliminación de nutrientes*

## *Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones*

| Tecnología  | Rango de población (h-e)                             | Costes de explotación (€/h-e.año) |
|---|--|-----------------------------------|
| LA  | 100-1.000  | 34-8                              |
| HFSV  | 100-1.000  | 48-18                             |
| Capacidad de adaptación a las sobrecargas hidráulicas       |  | 48-18                             |
| -   |  | 44-14                             |
|   |  | 44-15                             |
| +   |  | 44-15                             |
| AP  | HFSV / FT <sub>m</sub> / FIA / FIA <sub>r</sub> / IP | SBR / CBR / LB / MBBR / HSFH      |
|   |  | LA                                |
| Capacidad de adaptación a las sobrecargas orgánicas         |  | 41-14                             |
| -   |  | 24-16                             |
|   |  | 25-17                             |
| +   |  | 34-22                             |
| HFSV / HSFH / FT <sub>m</sub> / FIA / FIA <sub>r</sub> / IP |  | CBR / LB / MBBR                   |
|   |  | LA                                |
|   |  | AP / SBR                          |

# **CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO**

# *Criterios de selección*

## ■ Criterios Técnicos

- ✓ Calidad requerida efluente
- ✓ **Tamaño población**
- ✓ Superficie de terreno disponible
- ✓ Origen y grado de concentración y de la contaminación
- ✓ Versatilidad del tratamiento
- ✓ Climatología
- ✓ Producción y calidad de los fangos producidos
- ✓ Complejidad explotación y mantenimiento

# Criterios de selección

## Nivel de tratamiento alcanzado según la tecnología implantada

| Tecnología      | Nivel de tratamiento  | SS (%) | DBO <sub>5</sub> (%) | DQO (%) | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (%) | N <sub>T</sub> (%) | P <sub>T</sub> (%) |
|-----------------|---|--------|----------------------|---------|------------------------------------|--------------------|--------------------|
| FS o TI         | Primario  | 50-60  | 20-30                | 20-30   | -----                              | -----              | -----              |
| DP              | Primario  | 60-65  | 30-35                | -----   | -----                              | -----              | -----              |
| LA              | Secundario (a excepción de los SS)<br><sub>1</sub>  | 40-80  | 75-85                | 70-80   | 30-70                              | 40-80              | 30-60              |
| HFSH            | Secundario  | 90-95  | 85-90                | 80-90   | 20-25                              | 20-30              | 20-30              |
| HFSV            | Secundario con nitrificación  | 90-95  | 90-95                | 80-90   | 60-70                              | 60-70              | 20-30              |
| FT <sub>m</sub> | Secundario con nitrificación  | 85-95  | 90-95                | 80-90   | 85-95                              | 15-20              | 70-80              |
| FIA             | Secundario con nitrificación  | 90-95  | 90-95                | 80-90   | 70-80                              | 40-50              | 15-30              |
| FIAr            | Secundario con nitrificación  | 90-95  | 90-95                | 80-90   | 70-80                              | 40-50              | 15-30              |
| IP              | Secundario con nitrificación  | 90-95  | 90-95                | 80-90   | 70-80                              | 40-50              | 15-30              |
| CBR             | Secundario o Secundario con nitrificación <sup>2</sup>  | 85-95  | 85-95                | 80-90   | 60-80                              | 20-35              | 10-35              |
| LB              | Secundario o Secundario con nitrificación <sup>2</sup>  | 85-95  | 85-95                | 80-90   | 60-80                              | 20-35              | 10-35              |
| AP              | Secundario con nitrificación o Secundario con eliminación de N <sub>T</sub><br><sub>2</sub>           | 85-95  | 85-95                | 80-90   | 90-95                              | 80-85              | 20-30              |
| SBR             | Secundario con nitrificación o Secundario con eliminación de N <sub>T</sub>                           | > 90   | > 90                 | 80-90   | 90-95                              | 80-85              | 55-65              |
| MBBR            | Secundario o Secundario con nitrificación o Secundario con eliminación de N <sub>T</sub> <sup>2</sup> | 85-95  | 85-95                | 80-90   | 90-95                              | 70-80              | 20-30              |

# Criterios de selección

## Tamaño de la población a tratar

| Tecnología       | Rango de población (h-e) |           |             |               |
|------------------|--------------------------|-----------|-------------|---------------|
|                  | 50 - 200                 | 200 - 500 | 500 - 1.000 | 1.000 - 2.000 |
| FS               |                          |           |             |               |
| TI               |                          |           |             |               |
| DP               |                          |           |             |               |
| Laguna Anaerobia |                          |           |             |               |
| LA               |                          |           |             |               |
| HFSV y HFSH      |                          |           |             |               |
| FT <sub>m</sub>  |                          |           |             |               |
| FIA              |                          |           |             |               |
| FIAr             |                          |           |             |               |
| IP               |                          |           |             |               |
| CBR              |                          |           |             |               |
| LB               |                          |           |             |               |
| AP               |                          |           |             |               |
| SBR              |                          |           |             |               |
| MBBR             |                          |           |             |               |

|                   |  |                                 |  |
|-------------------|--|---------------------------------|--|
| Rango recomendado |  | Rango especialmente recomendado |  |
|-------------------|--|---------------------------------|--|

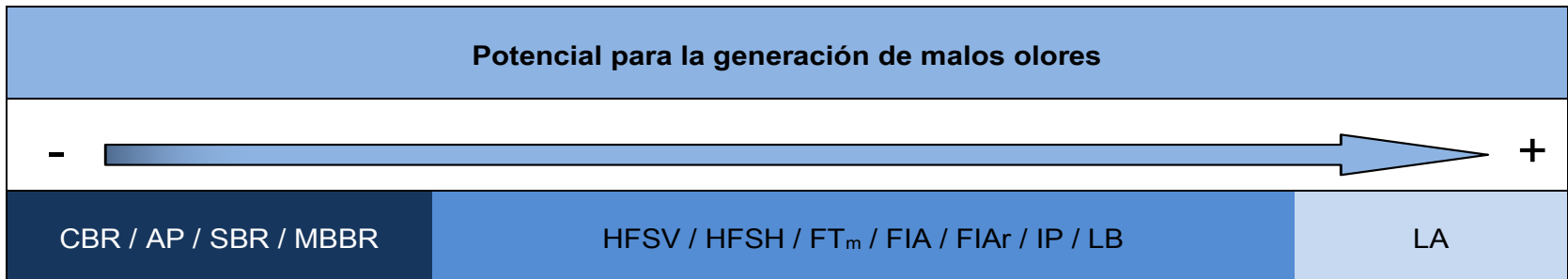
# Criterios de selección

- Criterios Ambientales

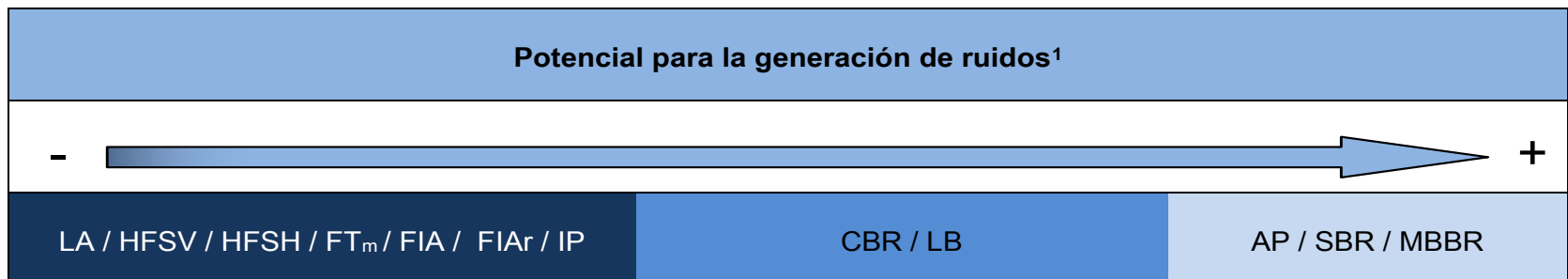
Generación de ruidos / Generación de malos olores

Integración paisajística

## *Producción de malos olores*



## *Generación de ruidos*



# Criterios de selección

## ■ Criterios económicos

Costes de Implantación y costes de explotación y mantenimiento estimados para cada tecnología

| Tecnología       | Rango de población (h-e) | Costes de implantación (€/h.e) |
|------------------|--------------------------|--------------------------------|
| LA               | 50 - 1.000               | 800 - 250                      |
| HFSV             | 50 - 1.000               | 450 - 250                      |
| HFSH             | 50 - 1.000               | 450 - 270                      |
| FT <sub>m</sub>  | 50 - 1.000               | 440 - 220                      |
| FIA              | 50 - 1.000               | 420 - 220                      |
| FIA <sub>r</sub> | 50 - 1.000               | 400 - 160                      |
| IP               | 50 - 1.000               | 390 - 260                      |
| CBR              | 200 - 2.000              | 490 - 340                      |
| LB               | 200 - 2.000              | 700 - 200                      |
| AP               | 500 - 2.000              | 300 - 100                      |
| SBR              | 500 - 2.000              | No estimado                    |
| MBBR             | 500 - 2.000              | No estimado                    |

| Tecnología       | Rango de población (h-e) | Costes de explotación (€/h-e.año) |
|------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| LA               | 100 - 1.000              | 34 - 8                            |
| HFSV             | 100 - 1.000              | 48 - 18                           |
| HFSH             | 100 - 1.000              | 48 - 18                           |
| FT <sub>m</sub>  | 100 - 1.000              | 44 - 14                           |
| FIA              | 100 - 1.000              | 44 - 15                           |
| FIA <sub>r</sub> | 100 - 1.000              | 44 - 15                           |
| IP               | 100 - 1.000              | 41 - 14                           |
| CBR              | 500 - 2.000              | 24 - 16                           |
| LB               | 500 - 2.000              | 25 - 17                           |
| AP               | 500 - 2.000              | 34 - 22                           |
| SBR              | 500 - 2.000              | No estimado                       |
| MBBR             | 500 - 2.000              | No estimado                       |

*Manual para la implantación de sistemas de  
depuración en pequeñas poblaciones*

jjsalas@centa.es  
yasmina.ferrer@cedex.es

***GRACIAS POR SU ATENCIÓN***



**CEDEX**

CENTRO DE ESTUDIOS Y  
EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS  
PÚBLICAS

