



escuela de alcaldes

COLECCIÓN “ESCUELA DE ALCALDES”

MANUAL SOBRE DEPURACIÓN EN PEQUEÑOS MUNICIPIOS EN LA PROVINCIA DE PALENCIA



DIPUTACIÓN DE PALENCIA



COLECCIÓN
“ESCUELA DE ALCALDES”

MANUAL SOBRE DEPURACIÓN EN
PEQUEÑOS MUNICIPIOS EN LA
PROVINCIA DE PALENCIA

itagra.ct



DIPUTACIÓN DE PALENCIA



índice

1. INTRODUCCIÓN	7
2. SISTEMAS DE DEPURACIÓN	9
3. CRITERIOS DE SELECCIÓN	23
4. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN	25
5. ALTERNATIVAS DEL MERCADO	33
6. LEGISLACIÓN	35
7. GLOSARIO	37
8. BIBLIOGRAFÍA	39



1. INTRODUCCIÓN

Con motivo de cumplir los objetivos de la Directiva 91/271/CEE relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas, se redactó el Plan Nacional de Calidad de Aguas, Saneamiento y Depuración 2007-2015, y uno de sus objetivos prioritarios es alcanzar una depuración adecuada en los municipios de menos de 2.000 habitantes equivalentes. Las necesidades de este tipo de aglomeraciones no han sido estudiadas en profundidad, y actualmente existe una carencia de conocimiento sobre las tecnologías más adecuadas que se adapten a ellas. Como consecuencia, en muchos de los pequeños municipios el grado de depuración es bajo, y la implantación de Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) es un paso necesario para alcanzar una adecuada calidad de los vertidos.

En la provincia de Palencia donde los pequeños municipios son numerosos y la dispersión de la población es muy alta, uno de los problemas más acusados que actualmente se plantean en éste ámbito es la elección de sistemas no acordes con las necesidades del municipio, o con la capacidad de explotación y mantenimiento del mismo, que conlleva a la implantación de depuradoras con sistemas complejos y costosos que finalmente se abandonan o se averían, bien por falta de mantenimiento, o bien por falta de personal con formación adecuada. Esta situación se debe a la imposibilidad de hacer frente al gasto económico que los sistemas de alta tecnificación conllevan, y que a menudo son excesivos e inabordables para pequeños municipios. Por este motivo, la tendencia actual es tener en cuenta la implantación de sistemas naturales, que se adapten a las condiciones físicas y sociales del medio rural, reduciendo el coste técnico y económico.

Los sistemas de depuración naturales son aquellos que utilizan principalmente componentes del medio natural para eliminar la contaminación del agua. Todos los tratamientos de depuración dependen de procesos naturales, como la fuerza de gravedad en la decantación, pero los sistemas convencionales intensifican estos procesos basándose en un elevado consumo de energía y la utilización de complejos equipos, mientras que los sistemas naturales no tienen esa dependencia de las fuentes externas de energía, sino que se basan en recrear los métodos que la naturaleza tiene para eliminar la contaminación del agua. La depuración en estos sistemas es realizada por parte de la vegetación, el suelo y los microorganismos presentes en ambos medios mediante los siguientes procedimientos:

- Físicos
- Químicos
- Biológicos

En la elección del tipo de depuración es imprescindible estudiar minuciosamente las características de cada sistema a utilizar (y del lugar donde se va a implantar), sin embargo las técnicas naturales tienen unas características comunes que las diferencian de las convencionales.

SISTEMAS NATURALES	SISTEMAS CONVENCIONALES
<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de superficie relativamente elevada dependiendo del tipo de sistema. • Bajo coste de implantación y operación. • Mantenimiento sencillo sin necesidad de personal especializado. • Consumo energético menor que en los sistemas convencionales. • Periodo de retención largo. • Baja producción de fangos, que conlleva una reducción importante del mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de espacio para su implantación baja. • Necesidad de equipos mecánicos. • Mantenimiento y operación complicados. • Consumo energético elevado. • Periodo de retención corto. • Riesgo de aparición de olores desagradables si el aporte de oxígeno es insuficiente. • Alta producción de fangos que hay que estabilizar.

Tabla 1. Características generales de los sistemas naturales y los sistemas convencionales de depuración.

2. SISTEMAS DE DEPURACIÓN

Dentro de la gran diversidad de variantes que existen para depurar las aguas residuales, se describen en este apartado los sistemas de depuración que más se adaptan a las condiciones de los pequeños municipios. Las tecnologías de depuración se pueden clasificar de la siguiente forma.

TRATAMIENTOS PRIMARIOS	<ul style="list-style-type: none"> • Fosa séptica • Tanque Imhoff
TRATAMIENTOS SECUNDARIOS	<p>Sistemas naturales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lagunaje • Humedales artificiales • Filtro verde • Filtro de turba • Zanjas de infiltración • Pozo filtrante • Lecho filtrante
	<p>Sistemas convencionales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lecho bacteriano • Contactores biológicos rotativos • Aireación prolongada

Tabla 2. Clasificación de los sistemas de depuración.

Los sistemas de zanjas de infiltración, pozo filtrante y lecho filtrante no se detallan debido a que son tecnologías cuya implantación conlleva un alto riesgo de contaminar los acuíferos. Alguno de estos sistemas puede aplicarse como tratamiento terciario del agua residual tras un tratamiento secundario previo.

La situación en la provincia de Palencia se detalla en el gráfico siguiente, donde se plasman los datos del inventario de vertidos de los núcleos de población urbanos de la provincia de Palencia, elaborados por la CHD. La fosa séptica es, con diferencia, el sistema más utilizado, (237 fosas), seguidas de los pozos O.M.S. (combinación de un pozo clarificador con filtros biológicos) con 11 unidades y los tanques Imhoff con 10 unidades. Llama la atención el hecho de que 155 núcleos de población no dispongan de ningún sistema de depuración.

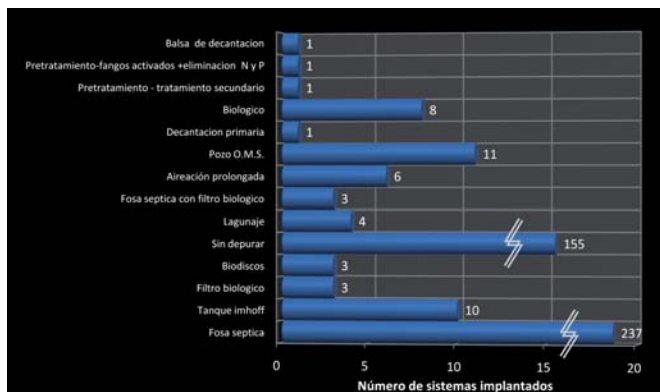


Figura 1. Sistemas de depuración implantados en la provincia de Palencia.

En cuanto a los municipios que tienen un tratamiento no adecuado (figura 2), la mayor parte (182 núcleos) no disponen de ningún tipo de depuración. De los municipios restantes, 92 tienen instalados únicamente una fosa séptica y 4 aireación prolongada. Estas cifras muestran que la causa de que el vertido no cumpla la normativa, se debe en primer lugar a que no existe un dispositivo de depuración, y en segundo lugar al uso de fosas sépticas como único sistema de depuración, que es insuficiente en la mayoría de los casos.

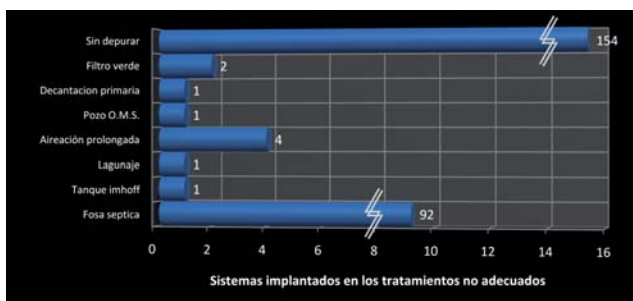


Figura 2. Sistemas de depuración de los municipios sin tratamiento adecuado.

2.1 FOSA SÉPTICA

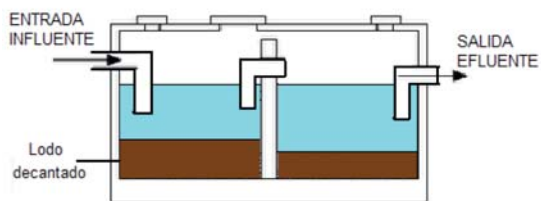


Figura 3. Esquema de una fosa séptica.

PARÁMETRO	RENDIMIENTO (% DE ELIMINACIÓN)
DQO	30-60
DBO5	40
Sólidos en suspensión	50-90
N	0-60
P	0-75
Coliformes fecales	10-90

Tabla 3. Rendimiento de depuración de la fosa séptica.

La fosa séptica es un dispositivo para llevar a cabo un tratamiento primario de las aguas residuales. En una fase inicial se separa la materia sólida del agua mediante procesos de decantación y flotación, y posteriormente los lodos sedimentados en el fondo, se mineralizan gracias a las reacciones anaerobias que se producen en él.

Generalmente cuenta con dos compartimentos: en el primero se retienen y mineralizan la mayor parte de los sólidos, sin embargo, los gases generados por la digestión anaerobia forman burbujas y en su trayectoria ascendente arrastran sólidos, lo que disminuye la eficacia de la decantación, por esta razón el líquido pasa al segundo compartimento por una toma situada por debajo de la línea de flotación, donde se producen los mismos procesos para alcanzar una mayor depuración.

LIMITES DE APLICACIÓN	MANTENIMIENTO	INTEGRACIÓN AMBIENTAL	COSTE
<ul style="list-style-type: none"> El sistema de fosa séptica, tiene una escasa capacidad para absorber los cambios de caudal frecuentes en los pequeños municipios durante el verano. Tiene una capacidad limitada de depuración, y normalmente se precisa de otro proceso de depuración secundario que complemente a la depuración primaria de la fosa séptica. 	<ul style="list-style-type: none"> En este sistema es necesario la retirada de sólidos flotantes y fangos acumulados en el fondo. Carece de averías electromecánicas, lo que hace que el mantenimiento sea técnicamente sencillo. 	<ul style="list-style-type: none"> Este sistema puede llevar los depósitos enterrados o semienterrados, por lo que el impacto visual puede ser nulo. Los gases generados durante la fermentación anaerobia pueden provocar molestias en la zona, ya que contienen componentes de aroma desagradable. 	<ul style="list-style-type: none"> Tiene un coste bajo de implantación y explotación. Tanto el sistema como su funcionamiento es sencillo y existen módulos prefabricados que facilitan la labor inicial de instalación. El gasto energético es nulo y las averías son mínimas, ya que no lleva integrados mecanismos complejos.

2.2 TANQUE IMHOFF

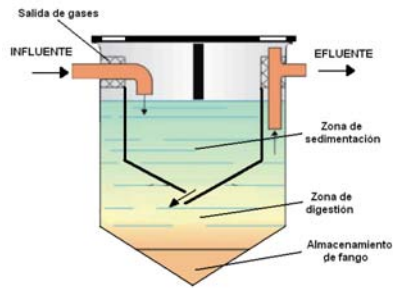


Figura 4. Esquema de un tanque Imhoff.

El mecanismo de acción del tanque Imhoff es similar a la fosa séptica, ya que utiliza los procesos de decantación y flotación, seguidos de la digestión anaerobia de la materia orgánica acumulada en el fondo. Sin embargo, se compone de un solo depósito que está compartimentado en diferentes zonas. La parte superior es donde se produce la sedimentación de sólidos, desde aquí los fangos pasan a la zona de digestión situada debajo, y separada de la anterior de forma que los gases no puedan entrar en la zona de sedimentación e interferir en el proceso anterior. Por último, la parte inferior del tanque es donde se almacenan los fangos. Este tanque tiene el gran inconveniente de que se colmata de fangos y su limpieza es de gran dificultad.

El tanque Emscher funciona bajo el mismo sistema que el tanque Imhoff, decantación/digestión, y la disposición interior es similar, sin embargo, introduce un sistema de extracción de fangos que le hace mucho más funcional.

PARÁMETRO	RENDIMIENTO (% DE ELIMINACIÓN)
DQO	-
DBO5	30-65
Sólidos en suspensión	35-85
N	0-60
P	0-75
Coliformes fecales	10-90

Tabla 4. Rendimiento de depuración del tanque Imhoff. Fuente: Seoáñez, 2001.

2.3 LAGUNAJE

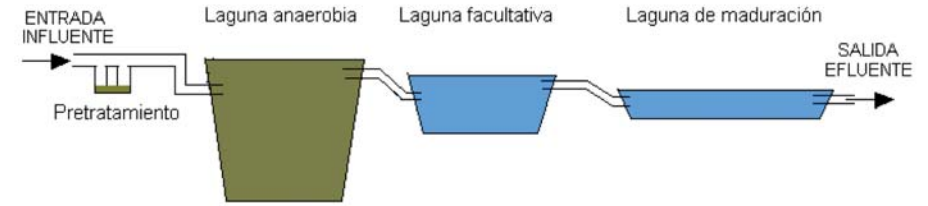


Figura 5. Esquema del sistema de depuración mediante lagunaje.

PARÁMETRO	RENDIMIENTO (% DE ELIMINACIÓN)		
	LAGUNA AEROBIA	LAGUNA ANAEROBIA	LAGUNA FACULTATIVA
DQO	50-60	20-40	50-85
DBO5	65-90	50-90	60-95
Sólidos en suspensión	90-95	60-80	50-90
N	60-70	30-40	60-70
P	10-20	10-20	10-40
Coliformes fecales	99-99,9	99-99,9	99-99,9

Tabla 5. Rendimiento de depuración del lagunaje. Fuente: Seoáñez, 2001.

Mediante lagunaje el agua residual va pasando por diferentes lagunas impermeabilizadas y dispuestas en serie, donde la depuración se produce gracias a las reacciones químicas, físicas y biológicas que ocurren en ellas. El periodo de retención depende del tipo de laguna, que se pueden clasificar en anaerobias, facultativas y de maduración (o aerobias). Habitualmente se disponen tres lagunas, aunque el número puede ser mayor, en el siguiente orden:

- Anaerobia. En esta laguna debido a su elevada carga orgánica y gran profundidad, existe una ausencia de oxígeno. En ella la materia orgánica primero se decanta y después se degrada vía anaerobia por medio de bacterias anaerobias.
- Facultativa. Estas lagunas son de menor profundidad y en ella operan diferentes microorganismos (bacterias, algas, hongos y protozoos), ya que existen tres tipos de condiciones ambientales: anaerobias en la parte inferior, facultativas en el centro, y aerobias en la superficie. El oxígeno que las bacterias aerobias necesitan para degradar la materia procede de la aireación que se origina en superficie y del producido por las algas en la fotosíntesis. La finalidad de esta laguna es la degradación de la materia orgánica.
- Aerobias o de maduración. Son las de menor espesor, lo que les confiere las características idóneas para que la radiación solar elimine los organismos patógenos gracias a la acción microbicida de la radiación ultravioleta, objetivo primordial de esta fase. Otras funciones de

LIMITES DE APLICACIÓN	MANTENIMIENTO	INTEGRACIÓN AMBIENTAL	COSTE
<ul style="list-style-type: none"> • No responde bien ante cambios de caudal, como ocurre frecuentemente en los pequeños municipios durante el verano. • El rendimiento es bajo y no admite cargas elevadas de contaminación. Este sistema se suele utilizar como tratamiento primario precedente a otro sistema de mayor eficacia. 	<ul style="list-style-type: none"> • El mantenimiento es similar al de la fosa séptica, aunque por la configuración del sistema la retirada de fangos es algo más laborioso. • Carece de averías electromecánicas, lo que hace que el mantenimiento sea técnicamente sencillo. • Es necesario extraer periódicamente los lodos y flotantes generados para que la capacidad y efectividad del sistema no disminuya. 	<ul style="list-style-type: none"> • Este sistema puede llevar los depósitos enterrados o semienterrados, por lo que el impacto visual puede ser nulo. • Los gases generados durante la fermentación anaerobia pueden provocar molestias en la zona, ya que contienen componentes de aroma desagradable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene un coste bajo de implantación y explotación. • La instalación es sencilla y existen módulos prefabricados que facilitan la labor inicial de instalación. • El gasto energético es nulo y las averías son mínimas, ya que no integran equipos complejos para el funcionamiento del sistema.

esta laguna es la reducción de la DBO5 al mínimo, la nitrificación, la clarificación, la reducción de ciertos nutrientes y la oxigenación del agua.

LIMITES DE APLICACIÓN	MANTENIMIENTO	INTEGRACIÓN AMBIENTAL	COSTE
<ul style="list-style-type: none"> Necesita una superficie extensa para su implantación. Es resistente a los cambios de carga y caudal, debido a su gran inercia. Su eficacia se ve influenciada en gran medida por la climatología, siendo un aspecto a tener en cuenta en la selección de un sistema de depuración adecuado. El influente debe pasar por un sistema de pretratamiento antes de entrar en el lagunaje. 	<ul style="list-style-type: none"> Es necesario retirar los lodos decantados cada 5 o 10 años, dependiendo de la eficacia del proceso. El resto de las actividades son relativamente sencillas y principalmente se resumen en la limpieza del dispositivo de pretratamiento, el mantenimiento en buen estado de las conducciones y de la impermeabilización de los fondos, así como la revisión de la superficie del agua para evitar que proliferen algas y mosquitos. Debido a la elevada mineralización de la materia orgánica que se produce a lo largo de las distintas fases, al final del lagunaje se obtienen lodos estabilizados. 	<ul style="list-style-type: none"> Habitualmente como consecuencia de la implantación de un sistema de lagunaje se crea también una zona donde las condiciones ambientales favorecen la conformación de un nuevo hábitat para la fauna adaptada a zonas húmedas. Este entorno es el adecuado para la cría de aves acuáticas, cuya presencia enriquece enormemente la biodiversidad de la zona. Pueden aparecer problemas de olores desagradables y mosquitos en la zona de la laguna anaerobia. Su elevada eficiencia en la eliminación de patógenos minimiza el riesgo de contaminación de los cursos de agua, siempre y cuando el diseño y el mantenimiento del sistema sea adecuado. 	<ul style="list-style-type: none"> El consumo energético de este sistema es muy bajo si es posible realizar el traslado del agua residual entre lagunas mediante gravedad. Se trata de un sistema que ocupa grandes extensiones, y el coste total depende del valor del terreno en cada zona y del tipo de suelo. Si el suelo no es impermeable, es necesario colocar una geomembrana que evite la pérdida de agua a través de éste (para que no existan contaminaciones).

2.4 HUMEDALES ARTIFICIALES

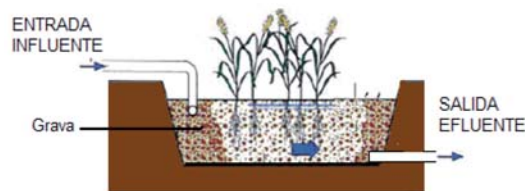


Figura 6. Esquema de un humedal artificial.

PARÁMETRO	RENDIMIENTO (% DE ELIMINACIÓN)
DQO	55-80
DBO5	60-98
Sólidos en suspensión	60-98
N	30-70
P	20-60
Coliformes fecales	99-99,9

Tabla 6. Rendimiento del humedal artificial.
Fuente: Seoáñez, 2001.

En los humedales artificiales se aprovecha las plantas acuáticas y el sustrato que las soporta para depurar aguas residuales. Se trata de zonas inundadas con una base impermeable sobre la que se sitúa el sustrato, que servirá para el desarrollo de las plantas acuáticas. Una lámina de agua residual circula de forma constante entre el sustrato y las raíces, y en función del nivel que alcance se diferencian dos tipos de humedales:

- Humedales de flujo superficial o de flujo libre. El nivel del agua se sitúa por encima del suelo, de forma similar a las lagunas naturales, donde la superficie del agua está en contacto con la atmósfera.
- Humedales de flujo subsuperficial. La superficie del agua queda bajo el nivel del suelo, que supone una ventaja respecto a que se disminuye la proliferación de mosquitos y los olores desagradables.

LIMITES DE APLICACIÓN	MANTENIMIENTO	INTEGRACIÓN AMBIENTAL	COSTE
<ul style="list-style-type: none"> La disponibilidad de terreno es vital para la implantación de un humedal artificial, ya que precisa de un espacio considerable. Tiene una buena adaptación a las variaciones estacionales de carga y caudal como los que se producen en verano por el aumento de población en los pequeños municipios. La actividad de las plantas está relacionada con la temperatura, por lo que su capacidad de depuración puede disminuir en las épocas frías. El influente se hace pasar por un pretratamiento y un tratamiento primario antes de entrar en el humedal. 	<ul style="list-style-type: none"> El mantenimiento no requiere personal especializado, pero es necesario realizar actuaciones frecuentes y de forma regular. Las labores son sencillas, y se limitan a ajustar el nivel de salida del agua, y a limpiar la zona de pretratamiento y los lodos generados en el tratamiento primario. 	<ul style="list-style-type: none"> Las zonas húmedas suelen atraer a la fauna acuática, principalmente aves, que pueden suponer una oportunidad para realizar actividades pedagógicas para conocer mejor el entorno y su fauna. Por otro lado, si el mantenimiento de las instalaciones o el diseño del sistema son incorrectos, hay riesgo de que se produzcan olores y proliferación de insectos. 	<ul style="list-style-type: none"> El consumo energético puede ser nulo si la pendiente del terreno permite el flujo del agua por gravedad. No conlleva altos costes de operación debido a que el mantenimiento y control es sencillo, y que no precisa de equipos complejos que reparar.

2.5 FILTRO VERDE

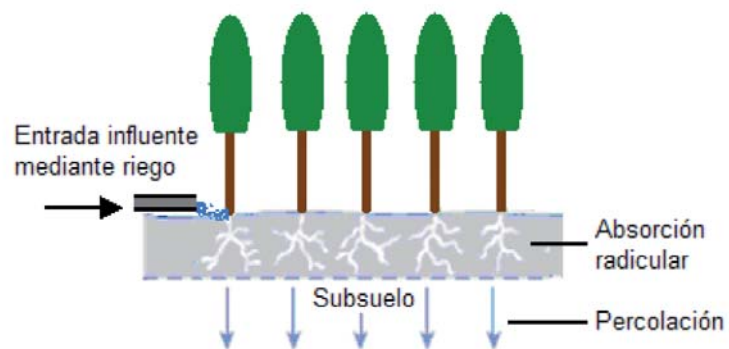


Figura 7. Esquema del filtro verde.

PARÁMETRO	RENDIMIENTO (% DE ELIMINACIÓN)		
	RIEGO POR ENCHARCAMIENTO	RIEGO POR ASPERSIÓN	RIEGO POR SURCOS
DQO	70-99	75-85	70-90
DBO5	95-99	90-99	95-99
Sólidos en suspensión	98-99	95-99	95-99
N	90-98	85-90	90-98
P	90-98	85-90	90-98
Coliformes fecales	99-99,9	99-99,8	99-99,9

Tabla 7. Rendimiento del filtro verde.

En este tipo de sistema el agua residual se aplica al suelo donde previamente se ha establecido un cultivo vegetal. La depuración tiene lugar en el sistema atmósfera- suelo-planta, donde parte del agua se evapora, el suelo actúa como medio filtrante reteniendo y adsorbiendo partículas en su interior, los microorganismos del suelo realizan una acción biológica mineralizando materia orgánica y las raíces de las plantas contribuyen principalmente absorbiendo nutrientes.

Mediante este sistema el agua se aprovecha para el crecimiento de las plantas, que pueden ser arbóreas o herbáceas, aunque lo más habitual es la utilización de especies leñosas adaptados a vivir en suelos húmedos o encharcados, como los chopos o los sauces, y la aplicación del agua al terreno se puede realizar por aspersión, por inundación o por surcos.

LIMITES DE APLICACIÓN	MANTENIMIENTO	INTEGRACIÓN AMBIENTAL	COSTE
<ul style="list-style-type: none"> Uno de los principales inconvenientes de los filtros verdes es la extensa superficie que requieren para su implantación, que depende del tipo de riego aplicado, pudiendo ser desde 5 hasta 30m²/h-e. Es sensible a los cambios de caudal y de carga. En periodos fríos, la parada vegetativa que sufren las plantas, disminuye su actividad y su acción depurativa. El agua residual debe pasar por un pretratamiento antes de entrar en el filtro verde, para evitar obstrucciones y la colmatación del suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> El mantenimiento es sencillo, aunque frecuente. Las labores principales son: <ul style="list-style-type: none"> Retirar los residuos acumulados en el pretratamiento, Mantener un correcto estado de las conducciones de agua. Conservar una textura apropiada del suelo, mediante un pase de grada (cada tres meses aproximadamente). Es importante vigilar que las plantas tengan un adecuado desarrollo, sustituyéndolas en el momento que sea necesario. 	<ul style="list-style-type: none"> La implantación de éste sistema conlleva un riesgo de contaminación de acuíferos subterráneos muy a tener en cuenta, ya que si el efluente no sale del filtro perfectamente depurado, la contaminación que éste contenga será arrastrada hacia perfiles inferiores hasta llegar a un acuífero. Uno de los criterios a considerar al seleccionar un filtro verde, es comprobar que no existe ningún acuífero próximo a la superficie, de esta forma el riesgo de contaminación se reduce. 	<ul style="list-style-type: none"> El Coste de implantación y mantenimiento son relativamente bajos, gracias a la sencillez de operación del sistema, y al bajo riesgo de averías por carecer de equipos tecnológicamente complejos. El consumo energético puede ser nulo si la pendiente del terreno permite el flujo del agua por gravedad. La venta de madera de los árboles puede costear parte del gasto de explotación.

2.6 FILTRO DE TURBA

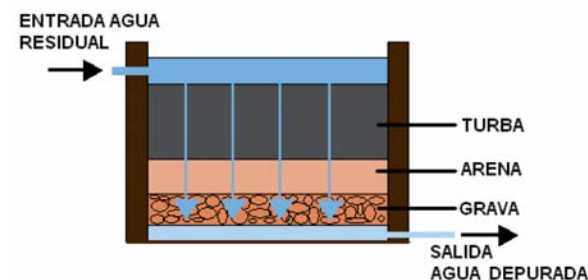


Figura 8. Esquema del funcionamiento del filtro de turba

PARÁMETRO	RENDIMIENTO (% DE ELIMINACIÓN)
DQO	60-90
DBO5	70-90
Sólidos en suspensión	85-95
N	20-75
P	20-30
Coliformes fecales	99-99,5

Tabla 8. Rendimiento del humedal artificial. Fuente: Seoáñez, 2001.

En este tipo de filtro se hace pasar el agua residual a través de un sustrato de turba situada sobre una capa de arena y otra de grava, que actúan como soporte de la turba, que mediante procesos físicos, químicos y biológicos elimina la contaminación del agua. El filtro requiere una base impermeable para recoger los efluentes y evitar la contaminación de acuíferos. En primer lugar en la capa superior se retiene una gran parte de los sólidos en suspensión, su elevada capacidad de intercambio iónico y las reacciones de oxidación-reducción que se producen en el sustrato contribuyen químicamente a la depuración. Asimismo, la turba constituye un sustrato idóneo para el desarrollo de microorganismos, los cuales realizan una acción biológica de degradación sobre la materia orgánica presente en el influente. Los lechos se disponen en varios módulos para alternar su funcionamiento, de modo que cada uno de ellos pase regularmente por un periodo de parada para su mantenimiento y aireación.

El agua debe pasar primero por un pretratamiento y un tratamiento primario para que la turba no se colmate. También hay que escarificar la capa superior de la turba para eliminar los sólidos retenidos que se van acumulando y disminuyen la eficiencia depurativa.

LIMITES DE APLICACIÓN	MANTENIMIENTO	INTEGRACIÓN AMBIENTAL	COSTE
<ul style="list-style-type: none"> No es viable en lugares de pluviometría elevada. Admite variaciones de caudal y carga contaminante. Apto para zonas con climas fríos, ya que no disminuye el rendimiento con temperaturas bajas. 	<ul style="list-style-type: none"> Cada 10-12 días hay que proceder al secado de la superficie para eliminar la costra superficial de sólidos que se forma mediante el pase de un rastrillo. Hay que regenerar los filtros agotados sustituyendo la turba cada 8 o 10 años. 	<ul style="list-style-type: none"> Existe riesgo de contaminar los acuíferos si la base no está impermeabilizada. No produce malos olores ni mosquitos. Fácil integración en el paisaje. 	<ul style="list-style-type: none"> El coste de operación y mantenimiento es más elevado que otros sistemas naturales de depuración por la necesidad de eliminación de la costra superficial y la regeneración de la turba. Puede operar sin energía eléctrica si el relieve permite que el agua fluya mediante gravedad.

2.7 LECHOS BACTERIANOS

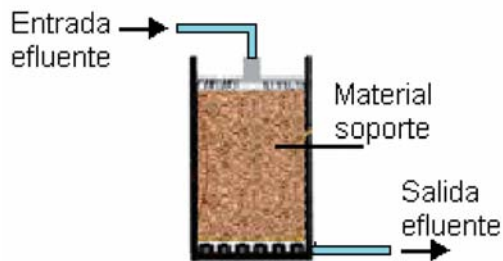


Figura 9. Esquema de un lecho bacteriano.

PARÁMETRO	RENDIMIENTO (% DE ELIMINACIÓN)
DQO	60-90
DBO5	70-90
Sólidos en suspensión	85-95
N	20-75
P	20-30
Coliformes fecales	99-99,5

Tabla 9. Rendimiento de depuración del tanque Imhoff.
Fuente: Seoáñez, 2001.

También recibe el nombre de filtro percolador, o filtro biológico, se trata de una técnica intensiva basada en un proceso biológico cuyo funcionamiento consiste en hacer pasar el agua residual a través de un material donde los microorganismos se adhieren y realizan la función de depuración. El material soporte puede ser natural (compuestos por piedra de río, coque, puzolana, etc.), o plásticos, los cuales han surgido para solucionar el problema de colmatación excesiva que tiene los naturales, a la vez que se consigue una mayor homogeneidad de los huecos para la colonización bacteriana. Una característica que debe cumplir el soporte es tener una gran superficie específica para que los microorganismos puedan formar una película biológica de forma eficaz. La aireación necesaria para los microorganismos se suele realizar de forma natural gracias al gradiente de temperatura que se produce entre la parte superior y la inferior del tanque. Tras el lecho bacteriano, hay que realizar la decantación y recirculación de lodos para obtener una eficiencia adecuada del sistema.

LIMITES DE APLICACIÓN	MANTENIMIENTO	INTEGRACIÓN AMBIENTAL	COSTE
<ul style="list-style-type: none"> La superficie que requiere este sistema es mucho menor que en los sistemas naturales. Este sistema se adapta bien a los cambios de caudal y de carga contaminante. La temperatura influye en el desarrollo bacteriano, y en consecuencia sobre el rendimiento del sistema. Es necesario un tratamiento previo que elimine los elementos gruesos y evite la colmatación del lecho bacteriano. 	<ul style="list-style-type: none"> Frente a los tratamientos de depuración convencionales, el mantenimiento es menor, ya que no es preciso controlar el nivel de oxígeno disuelto ni de sólidos en suspensión, sin embargo, resulta más costoso que los tratamientos naturales por su mayor mantenimiento y gasto energético. Durante el proceso se generan lodos que deben ser estabilizados antes de su vertido. 	<ul style="list-style-type: none"> El nivel de ruidos es bajo ya que en muchos de los casos no necesita consumo de electricidad, asimismo el filtro puede colocarse bajo tierra, por lo que el impacto visual es mínimo. 	<ul style="list-style-type: none"> El coste de instalación y mantenimiento es más elevado que los sistemas naturales, ya que precisa de equipos adecuados, que deben ser revisados frecuentemente. A veces requiere una fuente externa de energía de forma continua.

2.8 CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATIVOS (CBR). BIODISCOS/BIOCILINDROS.

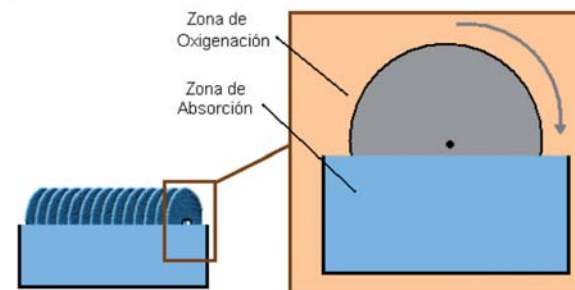


Figura 10. Esquema del sistema de biodiscos.

PARÁMETRO	RENDIMIENTO (% DE ELIMINACIÓN)
DQO	70-90
DBO5	80-98
Sólidos en suspensión	75-98
N	30-80
P	20-30
Coliformes fecales	80-90

Tabla 10. Rendimiento de depuración del tanque Imhoff.
Fuente: Seoáñez, 2001.

Al igual que los lechos bacterianos, los contactores biológicos rotativos (CBR) basan su funcionamiento en el consumo de la materia orgánica por parte de los microorganismos que se van fijando a una superficie por la que se hace pasar el agua residual de forma continua. La diferencia entre los dos sistemas es que en los biocilindros y biodiscos el material soporte está sumergido parcialmente y en continuo movimiento de rotación, en lugar de permanecer fijo como en los lechos bacterianos. Los CBR se colocan en un depósito sobre un eje horizontal sobre el que rotan lentamente, permaneciendo parte del tiempo sumergidos en el agua residual, y otra parte sobre la superficie en contacto con el aire, de forma que los microorganismos obtienen la aireación necesaria para su crecimiento y desarrollo.

LIMITES DE APLICACIÓN	MANTENIMIENTO	INTEGRACIÓN AMBIENTAL	COSTE
<ul style="list-style-type: none"> Al tratarse de un sistema intensivo ocupan menos espacio que las técnicas naturales de depuración, y al mismo tiempo constituye uno de los dispositivos que menos superficie necesitan dentro de los sistemas intensivos. Los biodiscos se adaptan bien a grandes fluctuaciones de carga orgánica e hidráulica. Funciona correctamente con temperaturas bajas en el exterior. Hay que instalar un pretratamiento y un tratamiento primario anterior al CBR. 	<ul style="list-style-type: none"> El mantenimiento es mayor que en las técnicas no convencionales de depuración, y respecto a los sistemas intensivos, constituye uno de los métodos de depuración que menos personal necesita para su control. La película biológica que se va formando, crece hasta alcanzar un espesor excesivo, en este momento se separa del efluente líquido y da lugar a los lodos, que deberán ser estabilizados antes de su vertido. 	<ul style="list-style-type: none"> Los dispositivos de este sistema pueden instalarse bajo tierra, por lo que el impacto visual es bajo. Tampoco ocasiona problemas de ruidos ni malos olores si el diseño y el mantenimiento es adecuado. 	<ul style="list-style-type: none"> Junto con los lechos bacterianos, los contactores biológicos rotativos constituyen el sistema de depuración intensiva mas adaptada a pequeños municipios, ya que además de alcanzar un rendimiento de depuración elevado, tanto el coste de explotación, como el mantenimiento y el gasto energético son mucho menores que en el resto de técnicas intensivas.

2.9 AIREACIÓN PROLONGADA

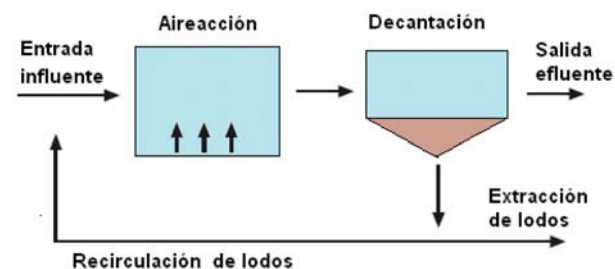


Figura 11. Esquema del sistema de aireación prolongada.

PARÁMETRO	RENDIMIENTO (% DE ELIMINACIÓN)
DQO	70-90
DBO5	85-99
Sólidos en suspensión	85-99
N	60-90
P	20-70
Coliformes fecales	90-95

Tabla 11. Rendimiento de depuración del sistema de aireación prolongada. Fuente: Seoáñez, 2001.

La aireación prolongada consiste en introducir el agua residual en un depósito que contiene lodos activados en suspensión, formados por una gran variedad de microorganismos agrupados en flóculos, y responsables de la degradación aerobia de la materia orgánica. Tras permanecer un determinado tiempo en contacto con los lodos activados, el agua residual sale del reactor para pasar a una fase de decantación donde los lodos y el efluente líquido se separan. En esta última fase se obtiene agua ya depurada por una parte, y lodos por otra, de los cuales una fracción se recupera y recircula para comenzar de nuevo el proceso con el agua residual que entra a continuación.

LIMITES DE APLICACIÓN	MANTENIMIENTO	INTEGRACIÓN AMBIENTAL	COSTE
<ul style="list-style-type: none"> Requiere poca superficie de implantación. Se trata de un tratamiento secundario, por lo que el influente debe pasar antes por un pretratamiento y un tratamiento primario. Es sensible a cambios de carga 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere un mantenimiento frecuente y regular. El control debe ser realizado por personal cualificado. Alta producción de lodos que requieren ser gestionados adecuadamente. 	<ul style="list-style-type: none"> La integración en el paisaje de este sistema es complicado, y puede ocasionar impacto visual en el territorio. Si el funcionamiento no es correcto se pueden producir olores desagradables. Los equipos que conforman el sistema pueden producir ruidos molestos en su funcionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> El consumo energético es elevado a causa de la alta necesidad de equipos complejos. Costes de inversión elevados

3. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Actualmente, uno de los problemas más acusados relacionados con las aguas residuales es la implantación de sistemas de depuración inapropiados, que se deriva de la falta de rigor a la hora de seleccionar el tratamiento más adecuado en cada situación.

Existen diversos factores que condicionan la implantación de un sistema de depuración y que son imprescindibles para elegir el tipo de proceso en un determinado lugar. El sistema debe ser económicamente asequible para la población, sostenible para medio ambiente, y socialmente aceptable. A continuación se muestra un esquema de las características que la tecnología más apropiada debe tener.



La realización de un estudio de las condiciones en cada caso particular y la elección de un sistema adecuado de acuerdo a los resultados obtenidos, es fundamental para que la depuración se desarrolle apropiadamente y se alcance un rendimiento óptimo. Los condicionantes a tener en cuenta se engloban en dos grupos

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN	CARACTERÍSTICAS DEL MUNICIPIO
<ul style="list-style-type: none"> • Superficie necesaria para su instalación. • Rendimiento: Porcentaje de eliminación de SS, DBO5, DQO, N, P, coliformes fecales. • Necesidad de mantenimiento y control. • Sensibilidad a fuertes cambios estacionales de caudal. • Límites de aplicación del sistema de depuración: habitantes equivalentes, SS, DBO5, N, P. • Costes: de instalación, de funcionamiento y de mantenimiento. • Obra civil requerida. • Nivel de tecnificación de los equipos. • Lodos: cantidad generada y nivel de estabilización. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de habitantes equivalentes. • Propiedades del agua residual. • Tipo de vertido. Las aguas residuales pueden clasificarse en urbanas, domésticas e industriales. • Variación estacional del vertido, a nivel cualitativo y cuantitativo. • Sensibilidad de la zona de vertido. • Topografía. • Cercanía de un curso de agua.

4. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN

La elección de la tecnología más apropiada no es una cuestión sencilla, pero puede reducir el riesgo de que se produzcan problemas y fallos en el futuro. En el proceso de evaluación y selección de un tratamiento adecuado es preciso considerar los aspectos de todo el ciclo de vida del sistema desde su diseño hasta su remplazo, incluyendo construcción, explotación, mantenimiento y reparaciones.

En la tabla 12 se realiza una valoración los sistemas más adecuados para los pequeños municipios haciendo referencia a algunos de los parámetros técnicos más importantes a tener en cuenta, que puede servir de orientación en el proceso de evaluación.

En vista de los datos obtenidos los sistemas que más destacan por su aptitud para ser implantadas en los pequeños municipios son el filtro de turba, el lagunaje, los humedales artificiales y los biodiscos, que son los que tienen una valoración global mayor y tienen suficiente capacidad de depuración. La fosa séptica y el tanque Imhoff tienen una puntuación más alta, pero son tratamientos primarios y requieren otro tratamiento complementario para alcanzar un efluente de suficiente calidad.

El aspecto económico es otro de los factores fundamentales a tener en cuenta. Cuando se evalúa el coste, es primordial ser consciente de que los gastos de mantenimiento y operación del sistema son tan importantes como los derivados de la inversión inicial de su implantación. La siguiente tabla muestra una descripción del coste en diferentes sistemas de depuración.

SISTEMA DE DEPURACIÓN	FOSA SÉPTICA	TANQUE IMHOFF	LAGUNAJE	HUMEDALES ARTIFICIALES	FILTROS VERDES
Superficie (m2/h-e)	0,05-0,15	0,05-15	6-12	2,5-9	8-30
Obra	Baja	Baja	Bastante	Baja - bastante	Baja
Equipos	Bajo	Bajo	Muy Bajo (*)	Muy Bajo	Bajo
Mantenimiento	Muy sencillo	Muy sencillo	Sencillo	Muy sencillo	Medio
Personal	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Control	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto
Frecuencia de control	Baja	Baja	Medio	Alta	Alta
Valoración global (sobre 5)	4,6	4,6	3,5	3,6	2,6

(*). El lagunaje apenas necesita equipos, sin embargo, frecuentemente se instalan otros sistemas complementarios que sí necesitan equipos para su funcionamiento.

SISTEMA DE DEPURACIÓN	LECHOS DE TURBA	LECHOS BACTERIANOS	BIODISCOS	AIREACIÓN PROLONGADA
Superficie (m2/h-e)	0,6-1	0,3-0,7	0,2-0,7	0,15-0,3
Obra	Baja	Bastante	Bastante	Bastante - alta
Equipos	Muy Bajo	Bastante	Bastante	Alto
Mantenimiento	Sencillo	Complicado	Complicado	Muy complicado
Personal	Medio	Medio	Medio	Medio
Control	Medio	Alto	Alto	Alto
Frecuencia de control	Alta	Alta	Alta	Alta
Valoración global (sobre 5)	3,9	2,6	2,6	2,5

Tabla 12. Valoración de sistemas de depuración para pequeños municipios.

SISTEMA DE DEPURACIÓN	FOSA SÉPTICA	TANQUE IMHOFF	LAGUNAJE	HUMEDALES ARTIFICIALES	FILTROS VERDES
Coste de Construcción	Poco	Intermedio	Poco	Intermedio	Intermedio
Coste de Mantenimiento	Poco	Intermedio	Poco	Intermedio	Intermedio

SISTEMA DE DEPURACIÓN	LECHOS DE TURBA	LECHOS BACTERIANOS	BIODISCOS	AIREACIÓN PROLONGADA
Coste de Construcción	Poco	Intermedio	Intermedio	Intermedio
Coste de Mantenimiento	Mucho	Mucho	Mucho	Mucho

Tabla 13. Coste de construcción y mantenimiento en diferentes sistemas de depuración. Fuente: Mariano Seoáñez

Los datos muestran que los sistemas de menor coste son en general los tratamientos primarios y los sistemas naturales, aunque el filtro de turba tiene un mantenimiento mayor que el resto, mientras que las tecnologías convencionales requieren un gasto más elevado, sobre todo en el mantenimiento, debido a la mayor complejidad de operación y a una mayor necesidad de personal cualificado para este tipo de sistemas.

Estas valoraciones sirven de orientación para elegir el tratamiento más adecuado, sin embargo, es preciso que la evaluación no se realice basándose únicamente en los criterios anteriores. La decisión es un proceso complejo y precisa mayor información del lugar específico donde se va a actuar, considerando numerosos factores de los tres ámbitos clave: social, económico y medioambiental. No se puede determinar un único sistema ideal para todas las áreas rurales, siendo preciso realizar un estudio exhaustivo en cada caso concreto que se adapte a las condiciones específicas de cada municipio, como la densidad de población, el coste y la disponibilidad de terreno, o la normativa. Así pues, hay que asegurarse de que el proceso seleccionado sea viable en el lugar donde se vaya a implantar, considerando las ventajas e inconvenientes de cada sistema para comprobar que no hay impedimentos para su instalación (tabla 15).

Por otro lado, el desarrollo de un proyecto de tratamiento de aguas residuales además de depender de los factores técnicos, está condicionado por las redes institucionales y sociales de la zona, y pueden influir en las decisiones que se tomen durante la etapa del planteamiento y el diseño del sistema.

SISTEMA DE DEPURACIÓN	VENTAJAS
FOSA SÉPTICA	No necesita fuente de energía externa. Mantenimiento sencillo. Bajo coste de implantación y explotación.
TANQUE IMHOFF	No necesita fuente de energía externa. Mantenimiento sencillo. Bajo coste de implantación y explotación.
LAGUNAJE	No necesita fuente de energía externa si el desnivel es adecuado. Mantenimiento sencillo y de bajo coste. Integración en el paisaje aumentando la biodiversidad de la zona. Se adapta a cambios de caudal y carga.
HUMEDAL ARTIFICIAL	No necesita fuente de energía externa si el desnivel es adecuado. Mantenimiento sencillo. Coste de implantación y explotación relativamente bajo. Integración en el paisaje aumentando la biodiversidad de la zona. Se adapta a cambios de caudal y carga.
FILTRO VERDE	No necesita fuente de energía externa si el desnivel es adecuado. Mantenimiento sencillo (pero frecuente). Coste de implantación y explotación relativamente bajo. Integración en el paisaje. Se adapta a cambios de caudal y carga. No hay producción de lodos.
FILTRO DE TURBA	No necesita fuente de energía externa si el desnivel es adecuado. No produce lodos. Se adapta a cambios de caudal y carga. No exige grandes superficies para su implantación. No produce olores desagradables ni mosquitos. Viable en climas muy fríos.
LECHOS BACTERIANOS	Necesita poco espacio para su instalación. Poco sensible a las variaciones de carga y caudal. Técnica intensiva adaptada a pequeñas poblaciones.
BIODISCOS	Necesita poco espacio para su instalación. Poco sensible a las variaciones de carga y caudal. Técnica intensiva adaptada a pequeñas poblaciones. Adaptado a climas fríos. Ampliación gradual sencilla.
AIREACIÓN PROLONGADA	Baja necesidad de superficie. Alto rendimiento de depuración.

Tabla 14. Ventajas de los sistemas de depuración.

SISTEMA DE DEPURACIÓN	INCONVENIENTES
FOSA SÉPTICA	Calidad del efluente insuficiente, debe ir acompañado de otro tratamiento. Sensible a cambios de caudal. Riesgo de producir olores desagradables.
TANQUE IMHOFF	Calidad del efluente insuficiente, debe ir acompañado de otro tratamiento. Sensible a cambios de caudal.
LAGUNAJE	Sensible a temperaturas bajas. Alta necesidad de superficie. Coste de implantación elevado en suelos arenosos o inestables.
HUMEDAL ARTIFICIAL	Sensible a temperaturas bajas. Alta necesidad de superficie disponible.
FILTRO VERDE	Riesgo elevado de contaminación de acuíferos. Riesgo de aparición de insectos. Sensible a temperaturas bajas. Alta necesidad de superficie disponible.
FILTRO DE TURBA	No es viable en zonas de elevada pluviometría o con acuíferos poco profundos. No es viable en zonas de alta pluviometría. Necesidad de mano de obra mayor que en otros sistemas naturales. Mantenimiento muy frecuente que encarece la explotación.
LECHOS BACTERIANOS	Costes de construcción más elevados que los sistemas naturales. Consumo energético mayor que las técnicas naturales. Necesidad de personal cualificado.
BIODISCOS	Costes de construcción más elevados que los sistemas naturales. Consumo energético mayor que las técnicas naturales. Necesidad de personal cualificado.
AIREACIÓN PROLONGADA	Costes elevados de construcción y mantenimiento. Necesidad de personal cualificado. Elevado consumo de energía. Sensible a las variaciones de carga y caudal. Alta producción de lodos.

Tabla 15. Inconvenientes de los sistemas de depuración.

A continuación se presenta un árbol de decisión como herramienta para la elección de un sistema de depuración.

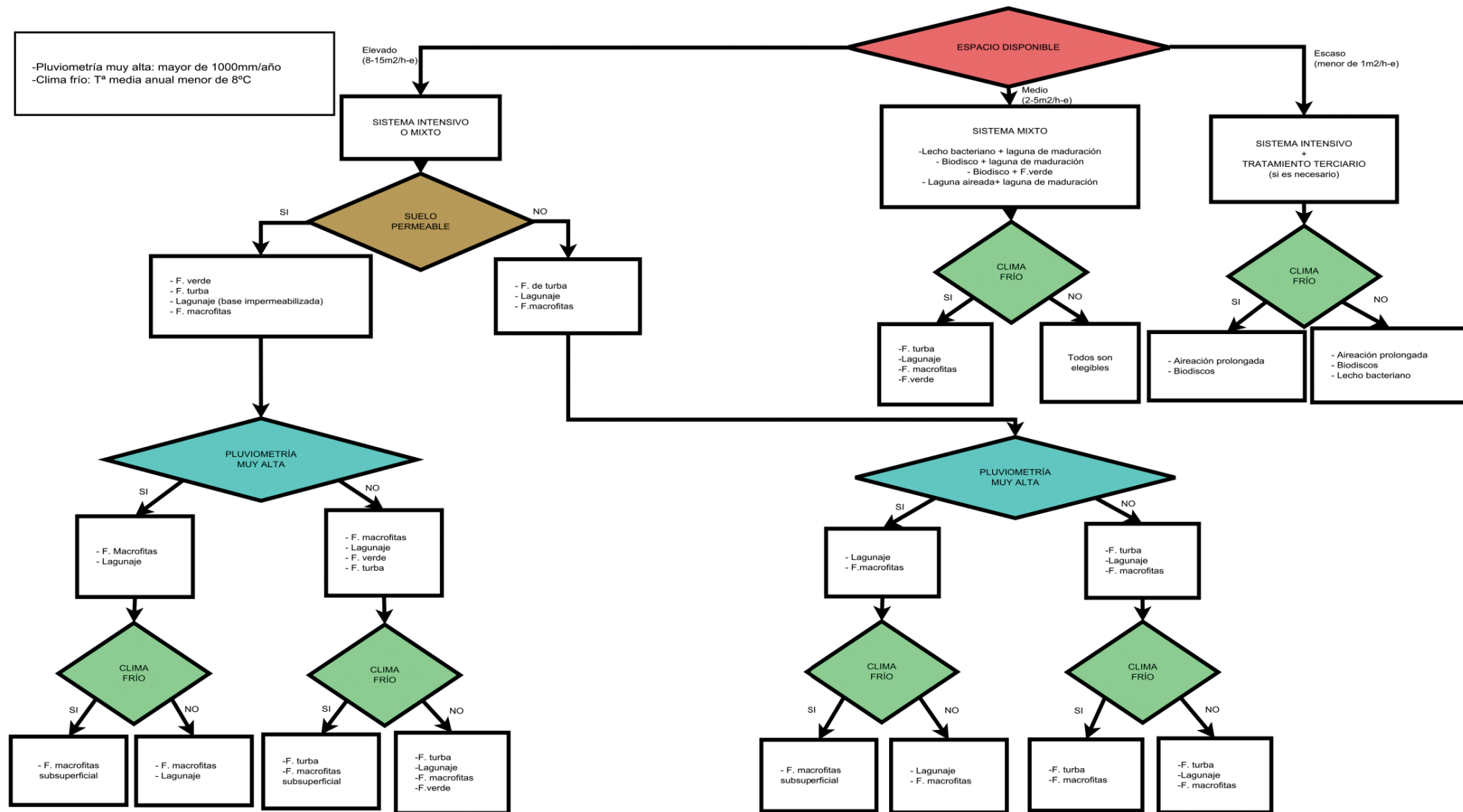


Figura 12. Árbol de decisión para la elección de un sistema de depuración.

5. ALTERNATIVAS DEL MERCADO

La elección de la empresa que llevará a cabo el proyecto es un aspecto relevante para conseguir una depuración adecuada, ya que el diseño de la EDAR, y la elección de los equipos necesarios pueden determinar la eficacia del sistema de depuración. Existe una gran variedad de empresas relacionadas con la depuración de aguas residuales, y a continuación se presentan algunas tecnologías ofertadas.

SISTEMA DEPURACIÓN	COSTES		
	Instalación	Explotación y mantenimiento	Observaciones
Oxidación total	72.955€ (364,8€/h-e)		No incluye: <ul style="list-style-type: none"> • IVA. • Obra civil. • Proyecto eléctrico (800€). • Acometidas de agua y electricidad. • Reactivos para puesta en marcha
Biodiscos	110.845€ (554,2€/h-e)	Consumo eléctrico: 513€/año	No incluye: <ul style="list-style-type: none"> • IVA. • Obra civil. • Acometidas de agua y electricidad. Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Suministro transporte y montaje. • Panel de control "System S&P" que rige todo el sistema.
Filtro biológico	32.100€ (160,5€/h-e)	Ausencia de consumo eléctrico.	No incluye: <ul style="list-style-type: none"> • IVA • Instalación del sistema de depuración. Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Presencia de personal técnico en la instalación y puesta en marcha. • Juntas de neopreno y filtros de carbón activo para evitar salida de malos olores. • Garantía durante 10 años contra la corrosión.

SISTEMA DEPURACIÓN	COSTES		
	Instalación	Explotación y mantenimiento	Observaciones
Filtro macrofitas en flotación (FMF)	18.000€ (90,0€/h-e)	1000-2000€/año los 4 primeros años. Luego disminuye.	No incluye: • Obra civil (60€/hab.). • Proyecto eléctrico. • Acometidas de agua y electricidad. Posibilidad de financiación de la implantación de la depuradora con los ahorros de fangos y energía eléctrica.
Filtro de macrofitas de flujo subsuperficial + laguna de almacenamiento	100.000€ (500€/h-e)	El mantenimiento es necesario solo en caso de perseguir unas determinadas condiciones visuales.	El sistema permite podría permitir incorporar la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos a la red de saneamiento y finalmente al sistema de depuración.
Filtro de macrofitas de flujo subsuperficial	49.638€ (248,2€/h-e)	<ul style="list-style-type: none"> Incluye juntas de neopreno y filtros de carbón activo para la desodorización del pretratamiento y la fosa séptica. Ausencia de consumo eléctrico. 	No incluye: • IVA Incluye: • Obra civil (construcción de las balsas). • Instalación completa del sistema. • Puesta en marcha.
Lagunaje múltiple	<ul style="list-style-type: none"> Equipos: 44.094€ (220,47€/h-e) Obracivil 8.312,47€ (291,6€/h-e) 	La superficie total es de 1.500m ²	No incluye: • IVA. • Obracivil (58.312,47€). • Proyecto eléctrico. • Acometidas de agua y electricidad.
Fosa filtro	15.592,14€ (77,96€/h-e)		No incluye: • IVA • Descarga e Instalación de equipos Incluye: • Puesta en marcha • Obra civil
Fosa séptica	7.905,40€ (39,53 €/h-e)		No incluye: • IVA • Descarga e Instalación de equipos Incluye: • Puesta en marcha • Obra civil

6. LEGISLACIÓN

EUROPEA

- 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 en la Comunidad Europea
- Directiva 91/676/CEE. del Consejo de 12 de diciembre de 1991 relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en agricultura.
- Directiva 91/271/CEE. del Consejo de 21 de mayo de 1991 relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Directiva 86/278/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1986, relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura.
- Directiva 80/68/CEE del Consejo, de 17 de diciembre de 1979, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas.
- Directiva 76/464/CEE del Consejo, de 4 de mayo de 1976 Relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas desde fuentes terrestres en el medio acuático.

ESTATAL

- Real Decreto 1620/2007, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.
- Resolución de 10 de julio de 2006 de la Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad, por la que se declaran las Zonas Sensibles en las Cuencas Hidrográficas Intercomunitarias.
- Ley 11/2005 de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.
- Real Decreto Legislativo 1/2001 de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.
- Real Decreto 2116/1998 de 2 de octubre, por el que se modifica el 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 urbanas.

- 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 urbanas.
- Real Decreto 261/1996 de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.
- Resolución de 28 de abril de 1995 de la secretaria de estado de medio ambiente y vivienda, por la que se dispone la publicación del acuerdo del consejo de ministros de 17 de febrero de 1995, por el que se aprueba el plan nacional de saneamiento y depuración de aguas residuales.
- Real Decreto-Ley 11/1995 de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. Transpone la Directiva 91/271/CEE, DE 21 DE mayo.
- Real Decreto 1310/1990 de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.
- Real Decreto 849/1986 de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

AUTONÓMICA

- Decreto 109/1998 por el que se declaran las zonas vulnerables a la contaminación en las aguas por nitratos procedentes de fuentes de origen agrícola y ganadero y se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias
- Decreto 151/1994, por el que se aprueba el Plan Director de Infraestructura Hidráulica Urbana.
- Decreto 61/1991 por el que se aprueba el Plan Regional de Saneamiento de Aguas Residuales.

7. GLOSARIO

- DBO5. La demanda biológica de oxígeno es una cuantificación de la materia orgánica fácilmente oxidable por medios biológicos en las aguas residuales. Corresponde a la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para oxidar la materia orgánica presente en el agua en el intervalo de cinco días.
- DQO: Es un parámetro indicador de la contaminación en las aguas residuales. Representa la cantidad de oxígeno consumida, expresada en mg/l de la cantidad de materia químicamente oxidable contenida en ella. Representa la mayor parte de compuestos orgánicos y también de las sales oxidables.
- Fangos: Los lodos residuales, tratados o no, procedentes de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas.
- Habitantes-equivalentes. Es un concepto definido en función de la carga contaminante tanto de personas, como de animales e industrias. Un h-e (habitante equivalente) es la carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO 5), de 60 gramos de oxígeno por día.
- Tratamiento primario. El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o físico-químico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO 5 de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos, en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos, en un 50%.
- Tratamiento secundario. El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso que incluya un tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso, en el que se respeten los requisitos que se establecerán reglamentariamente.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Abdel, E., El Saadi, A. Wastewater natural treatment using multi-criteria decision analysis technique. Eleventh International Water Technology Conference, IWTC11 Sharm El-Sheikh, Egypt 115. 2007.
- Alianza por el agua. CENTA. Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Ideasameres. 2008.
- Arribas, J. El plan de saneamiento de Castilla y León. Revista del colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos. Nº31. 1995.
- Conserjería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial. Revisión del Plan Director de saneamiento y depuración 2006-2015 de la Comunidad autónoma de la Rioja.
- Collado, R. La Depuración de las aguas residuales en pequeños núcleos. Situación actual, compromisos y alternativas. Tecnología del agua. Nº 234. 2003.
- D.G. Medioambiental de la Comisión Europea, Dirección del agua del Ministerio de la Ecología y Desarrollo Sostenible de Francia. Procesos extensivos de depuración de las aguas residuales adaptadas a las pequeñas y medias colectividades. Oficina de las publicaciones oficiales de las comunidades europeas. 2001.
- Decreto 151/1994, Plan Director de Infraestructura Hidráulica Urbana.
- Fatta-Kassinou, Kalavrouzioti, I.K., Koukoulakis, P.H., Vasquez, M.I. The risks associated with wastewater reuse and xenobiotics in the agroecological environment. The Science of the total environment. Apr 30. 2010.
- Fernández, J., De Miguel, E., De Miguel, J., Curt, M.D.. Manual de fitodepuración. Filtro de macrofitas en flotación. Proyecto LIFE. Fundación Global Nature. Universidad Politécnica de Madrid. 2004.
- FNDAE. Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Document technique nº 22. 1998.
- Gestión sostenible del agua residual en entornos rurales. Proyecto Depuranat. INTERREG III-B. Espacio Atlántico.
- Massoud M A., Tarhini, A., Nasr, J. A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. Journal of Environmental Management. 90. 652-659. 2009.
- Moreno, L., Fernandez, M.A., Rubio, J.M., Calahorra, J.M., Lopez, J.A., Beas, J., Alcaín, G., Muri-



escuela de alcaldes



DIPUTACIÓN DE PALENCIA

Diputación de Palencia. Calle Burgos Nº 1, 34001
Palencia - España Tlf: 979 715 100. NIF: P3400000-

www.dip-palencia.es

mail: escueladealcaldes@dip-palencia.es