

I JORNADA CÁTEDRA UCA - FLUIDMECÁNICA SUR DE TECNOLOGÍAS DEL AGUA

“LA GESTIÓN DEL AGUA HOY: EL RECURSO DE MAÑANA”

La depuración/gestión del agua en zonas rurales



Juan José Salas Rodríguez
Jubilado pero Activo (JpA)

jjsr1955@gmail.com

24 Abril 2024

Tarjeta de visita: Planta Experimental de Carrión de los Céspedes (Sevilla) (1990-2021)



En la actualidad:

Extensión: 41.000 m²

Unidades de tratamiento: > 40

**Parcela ensayos reúso agrícola: 6.000 m²
+ 12.000 m² (olivar)**

Laboratorios

Aulas de formación

Estación meteorológica (AEMET)

Gestión: AMAYA (2023)

<https://www.youtube.com/watch?v=SqDTQ3vcAlc>

Comencemos con un poco de demografía rural...

Tabla 1. Población según tipo de municipio. España 2020.

Tipo de municipio	Población personas	nº mun..	Superficie km ²	Densidad hab/km ²
RURAL	5.000 a 30.000	319	74.255	41,3
	< 5.000	6.352	349.965	12,8
	Total Rural	7.538.929	6.671	424.220
Municipios Urbanos	39.911.866	1.460	80.525	495,6
TOTAL España	47.450.795	8.131	504.745	94,0

Fuente: elaboración propia a partir del Padrón Municipal, INE

La población empadronada en municipios rurales es de 7.538.929 personas en España en 2020 (15,9% del total), con una densidad media de 17,8 habitantes/km². Los municipios de tipo rural ocupan el 84% de la superficie de España y suponen el 82% del total.

Mapa 1. Municipios rurales y urbanos. España.



Fuente:

AgrInfo nº 31. Octubre 2021

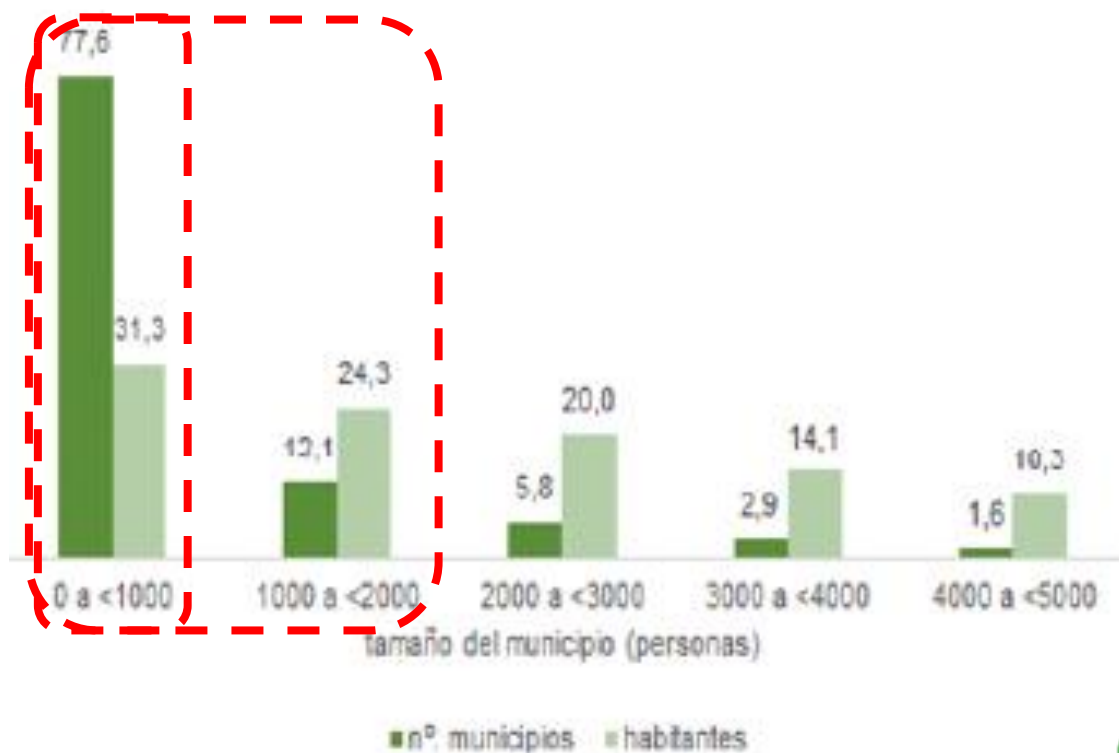
DEMOGRAFÍA DE LA POBLACIÓN RURAL en 2020

PUBLICACIÓN DE S.G. ANÁLISIS, COORDINACIÓN Y ESTADÍSTICA | SUBSECRETARÍA



Comencemos con un poco de demografía rural...

Gráfico 2. Distribución (%) de los municipios y población dentro de la tipología de pequeño tamaño (2020)



Un **77,6%** de los municipios rurales de pequeño tamaño posee **menos de 1.000 habitantes** y en ellos está censada el **31,3% de la población** de este subgrupo. **Si se suman los municipios de 1.000 a 2.000 habitantes, se llega al 89,7% de los municipios y el 55,6% de la población.**

Fuente:

AgrInfo nº 31. Octubre 2021

DEMOGRAFÍA DE LA POBLACIÓN RURAL en 2020

PUBLICACIÓN DE S.G. ANÁLISIS, COORDINACIÓN Y ESTADÍSTICA | SUBSECRETARÍA



Continuemos con una pregunta...

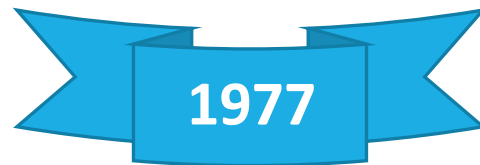
En el tratamiento de las aguas residuales generadas en las pequeñas poblaciones, deben primarse las tecnologías que mejor se ajusten a los siguientes requisitos:

- ***Procesos que requieran un tiempo mínimo de operador***
- ***Equipos que requieran un mínimo de mantenimiento***
- ***Funcionamiento eficaz ante un amplio rango de caudal y carga***
- ***Gasto mínimo de energía***
- ***Instalaciones donde los posibles fallos de equipos y procesos causen el mínimo deterioro de calidad en el efluente***
- ***Máxima integración en el medio ambiente***

Respuesta

Response to Congress on Use of Decentralized Wastewater Treatments Systems

EPA 832-R-97-001b, Environmental Protection Agency Office of Wastewater Management, Washington DC.



La depuración de las aguas residuales en pequeñas poblaciones ***¡NO ES ALGO NUEVO!***

La Junta de Andalucía pionera en la depuración en pequeñas/medianas poblaciones

La Junta de Andalucía asume ***en 1984 competencias en materia de saneamiento y depuración, y en 1987 comienza a abordar el tratamiento de las aguas residuales en las pequeñas/medianas poblaciones (<25.000 habitantes, el 97,5% de los núcleos de población)***, elaborando el ***Plan de I+D de Tecnologías no Convencionales para la depuración de aguas residuales*** (Dirección General de Obras Hidráulicas, Consejería de Obras Públicas y Transportes).

Tecnologías no Convencionales (TNC): tecnologías de tratamiento de las aguas residuales que requieren actuaciones de ***bajo impacto ambiental***, logrando la reducción de la carga contaminante con ***costes de operación inferiores*** a los de los tratamientos convencionales y con unas ***necesidades de mantenimiento sin grandes dificultades técnicas, (EPA, 1977)***.

Planta Experimental de Carrión de los Céspedes (Sevilla)



1990: INAUGURACIÓN
21.000 m² , 150 m³/d

Objetivos

- **Investigación**
- **Formación**
- **Validación**
- **Divulgación**

Plan Piloto (1993-1998)

El **Plan Piloto** surge como fruto de la necesidad de **contrastar** los resultados obtenidos a **escala piloto**, en la **Planta Experimental de Carrión de los Céspedes (PECC)**, con resultados de depuradoras a **escala real**.

Inicialmente, las Plantas Piloto fueron financiadas **100% por la Junta de Andalucía**, aportando los **ayuntamientos** correspondientes los **terrenos y el personal de mantenimiento**. Desde la **PECC** se llevó a cabo el **seguimiento de las Plantas Piloto**.

Inicialmente (2 años de visitas mensuales):

Alcalá del Valle (Cádiz): Lagunaje
Aljaraque (Huelva): Filtros de Turba
Bonares (Huelva): Lagunaje Profundo
La Victoria (Córdoba): Filtros de Turba
Pedroche (Córdoba): CBR

Posteriormente (1 año de visitas mensuales):

Algodonales (Cádiz): Lecho Bacteriano
Almadén de la Plata (Sevilla): Lagunaje
Benamahoma (Cádiz): CBR
Cuevas Bajas (Málaga): Filtros de Turba
El Burgo (Málaga): Filtros de Turba
El Gastor (Cádiz): Lecho Bacteriano
Grazalema (Cádiz): Filtros de Turba
Guadalcanal (Sevilla): Filtros de Turba
Huércal Overa (Almería): Filtros de Turba

La Muela (Algodonales-Cádiz): Humedales

Lantejuela (Sevilla): Lagunaje
Las Navas de la Concepción (Sevilla): Filtros de Turba
Los Gallardos (Almería): Filtros de Turba
San Isidro-Campohermoso (Almería): Lagunaje
San Nicolás del Puerto (Sevilla): Filtros de Turba
Setenil de las Bodegas (Cádiz): Filtros de Turba
Torre Alháquime (Cádiz): Filtros de Turba
Villaluenga del Rosario (Cádiz): Filtros de Turba
Zahara de la Sierra (Cádiz): Lecho Bacteriano
Zurgena (Almería): Lagunaje

Muestras integradas en función del caudal de influente y efluente. Determinaciones: SS; DBO₅ total y soluble; DQO total y soluble; NTK; Amonio; Nitratos; P_T; Fosfatos; Aceites y grasas; Alcalinidad; Dureza; Cloruros; Sulfatos y Coliformes fecales.

Conceptos básicos de partida, basados en la Directiva 91/271/CEE

De acuerdo con la *Directiva 91/271/CEE, sobre el tratamiento de las aguas residuales*:

- ***No hablamos de poblaciones sino de aglomeraciones urbanas***
- ***No hablamos de habitantes sino de habitantes equivalentes***

La Directiva 91/271/CEE se traspuso al ordenamiento jurídico español mediante:

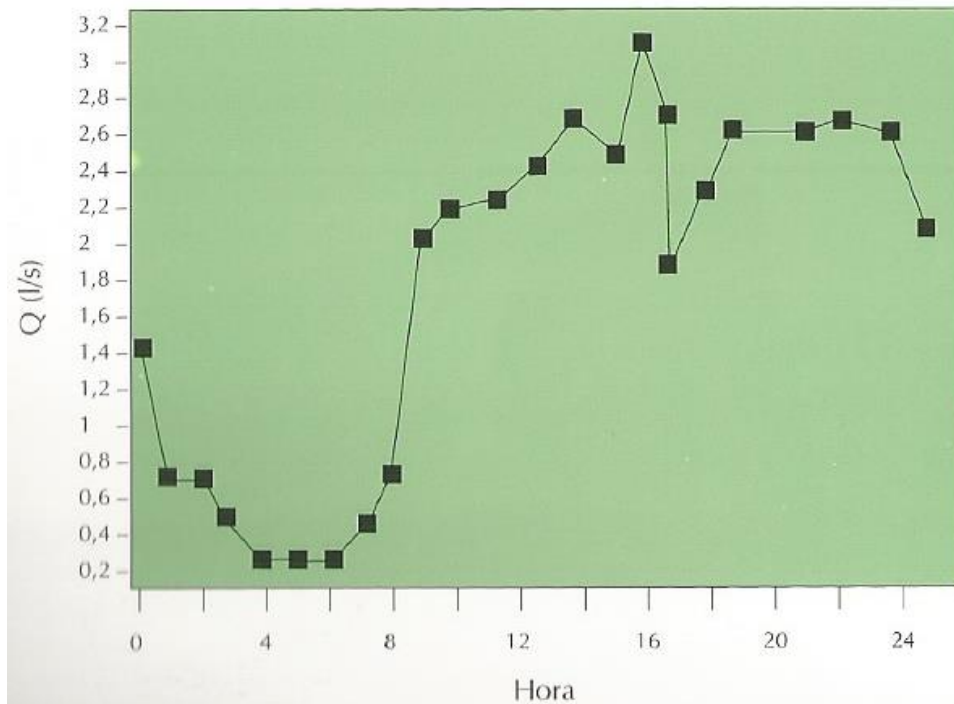
- **Real Decreto Ley 11/1995**
- **Real Decreto 509/1996**
- **Real Decreto 2116/1998**

Una nueva Directiva se encuentra pendiente de aprobación definitiva.

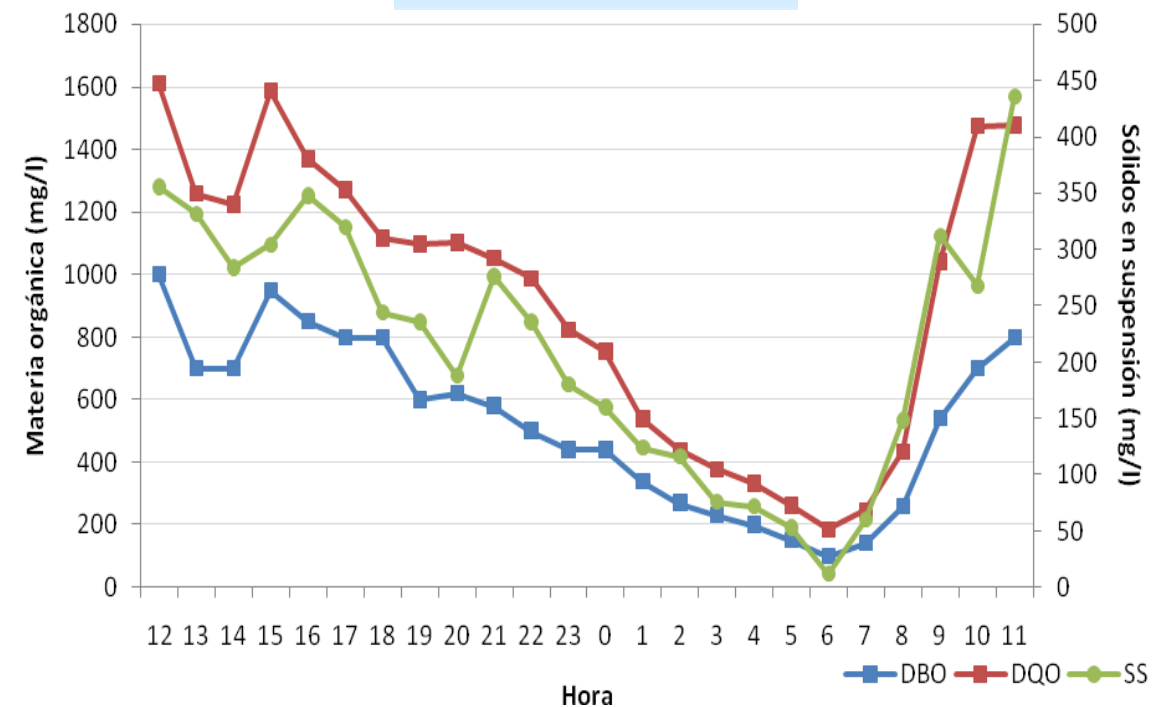
Particularidades de la depuración de las aguas residuales en las pequeñas aglomeraciones urbanas

Fuertes oscilaciones diarias del caudal y de las concentraciones de las aguas a tratar

Caudal

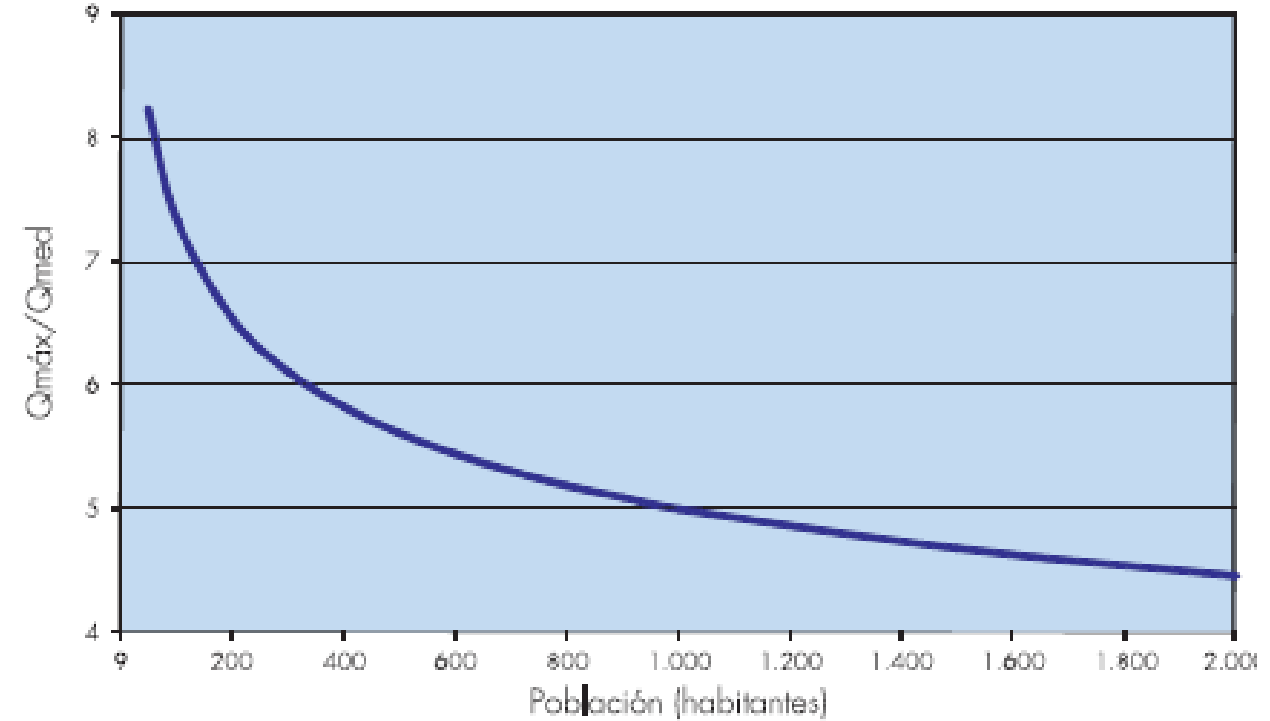
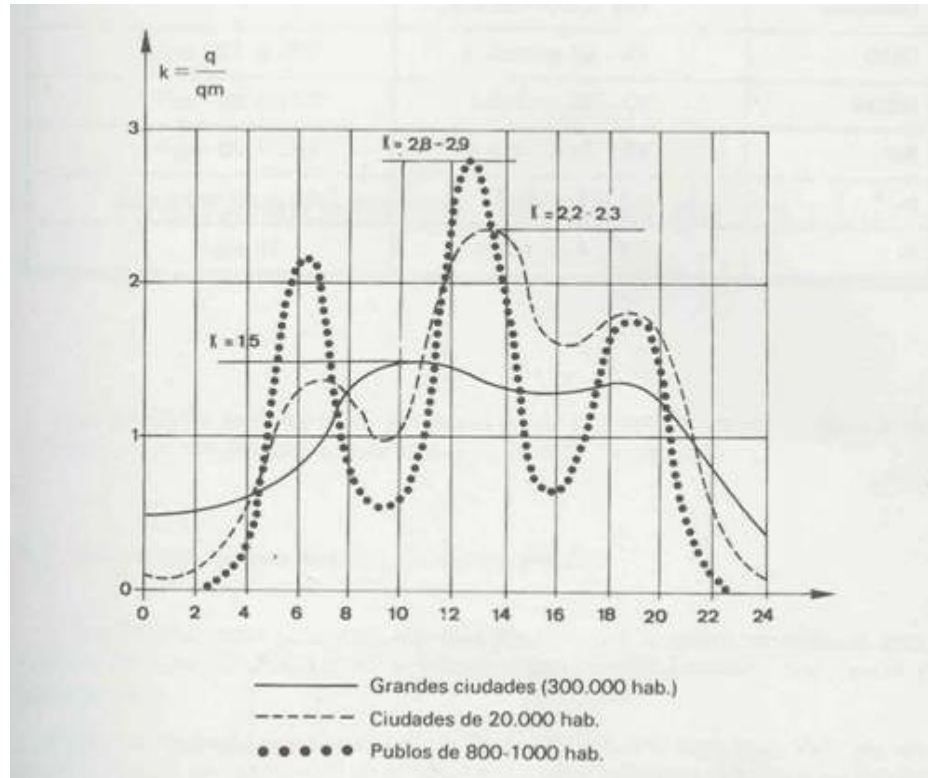


Concentraciones



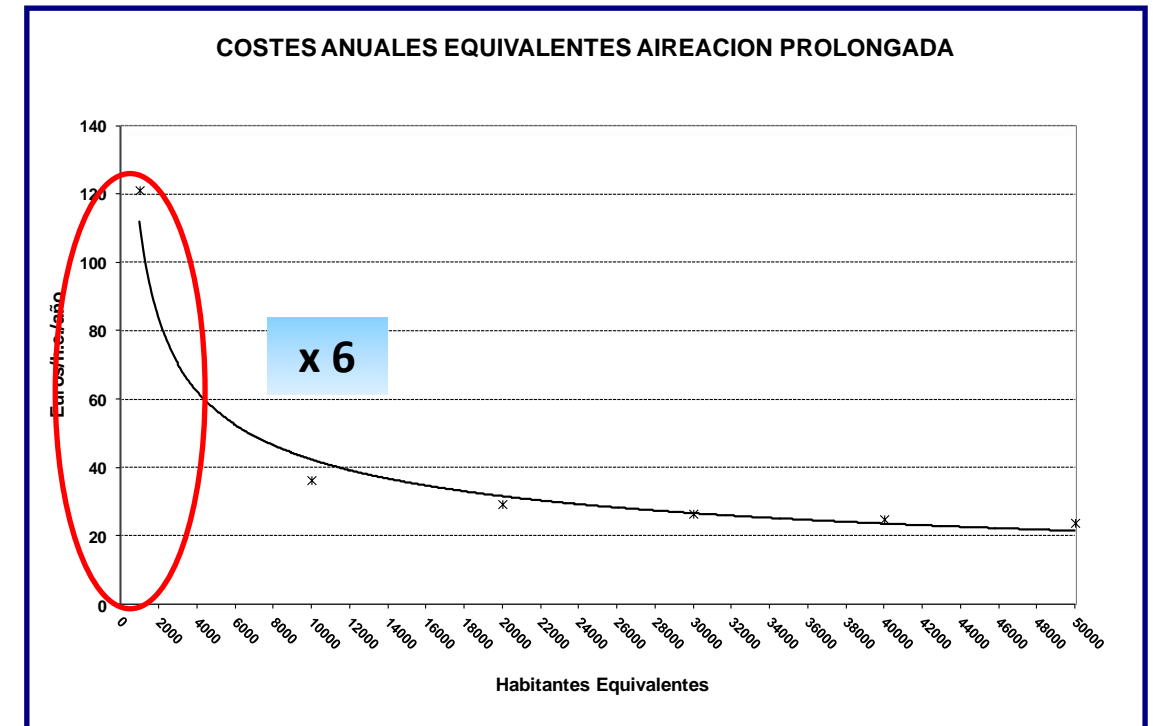
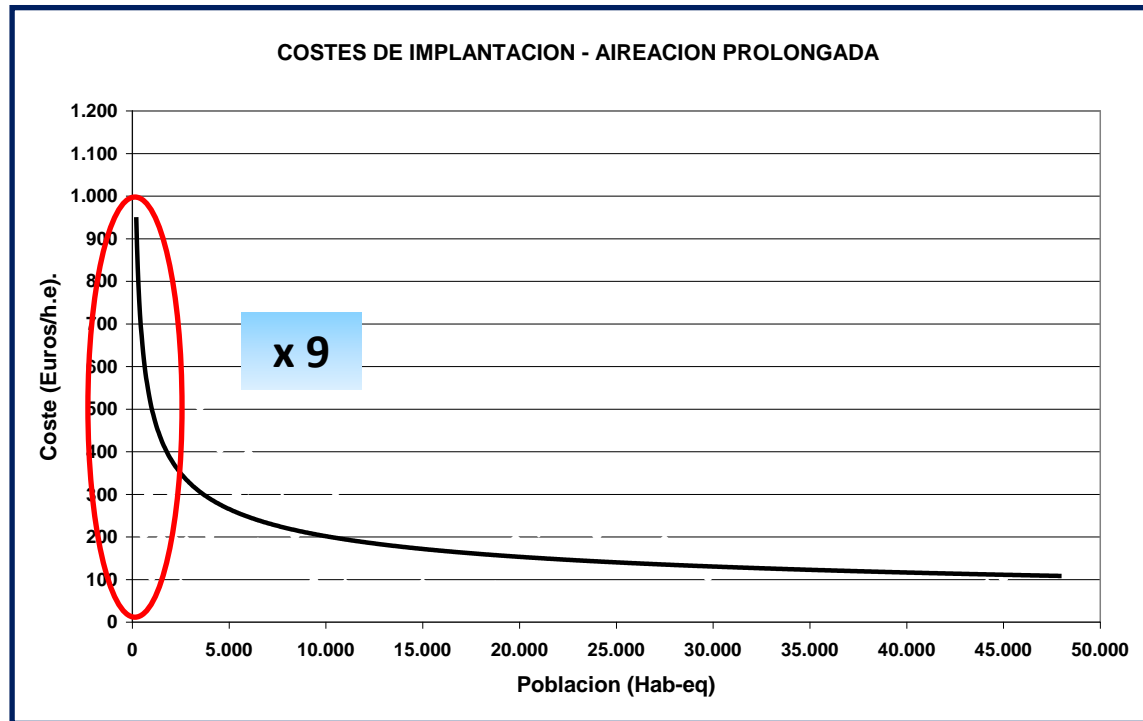
Particularidades de la depuración de las aguas residuales en las pequeñas aglomeraciones urbanas

Oscilaciones más acusadas cuanto menor es la aglomeración urbana



Particularidades de la depuración de las aguas residuales en las pequeñas aglomeraciones urbanas

Las pequeñas aglomeraciones urbanas no se benefician de la economía de escala



Particularidades de la depuración de las aguas residuales en las pequeñas aglomeraciones urbanas

Tipos de tratamiento de acuerdo con la Directiva 91/271/CEE

Tipo de tratamiento	Parámetro	Concentración (mg/l)	Porcentaje de reducción (%)
Primario	Sólidos en suspensión	-	>50
	DBO ₅	-	>20
Secundario	Sólidos en suspensión	<35	>90
	DBO ₅	<25	70 - 90
	DQO	<125	>75
Más riguroso	(10.000-100.000 h.e.)	<15	70 - 80
	N _T (>100.000 h.e.)	<10	70 - 80
	(10.000-100.000 h.e.)	<2	>80
	P _T (<10.000 h.e.)	<1	>80
Adecuado	El tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante cualquier proceso y/o sistema de eliminación en virtud del cual, <u>después del vertido de dichas aguas, las aguas receptoras cumplan los objetivos de calidad pertinentes y las disposiciones pertinentes de la presente y de las restantes Directivas comunitarias.</u>		

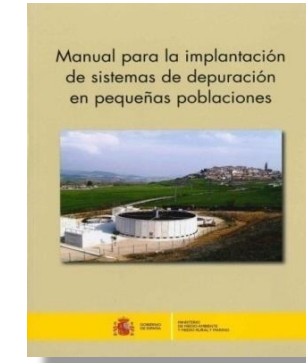
Particularidades de la depuración de las aguas residuales en las pequeñas aglomeraciones urbanas

Tipos de tratamiento de acuerdo con la Directiva 91/271/CEE

PLAZOS Y TIPOS DE TRATAMIENTO DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS SEGÚN LA DIRECTIVA 91/271/CEE						
ZONAS		HABITANTES EQUIVALENTES				
		0 - 2.000	2.000 - 10.000	10.000 - 15.000	15.000 - 150.000	> 150.000
NORMALES	Aguas dulces y estuarios	T. adecuado dic-05 art.7	T. secundario dic-05 art.4.1.	T. secundario dic-05 art.4.1.	T. secundario dic-00 art.4.1.	T. secundario dic-00 art.4.1.
	Aguas costeras	T. adecuado dic-05 art.7	T. adecuado dic-05 art.7	T. secundario dic-05 art.4.1.	T. secundario dic-00 art.4.1.	T. secundario dic-00 art.4.1.
SENSIBLES	Aguas dulces y estuarios	T. adecuado dic-05 art.7	T. secundario dic-05 art.4.1.	T. más riguroso dic-98 art.5.2.	T. más riguroso dic-98 art.5.2.	T. más riguroso dic-98 art.5.2.
	Aguas costeras	T. adecuado dic-05 art.7	T. adecuado dic-05 art.7	T. más riguroso dic-98 art.5.2.	T. más riguroso dic-98 art.5.2.	T. más riguroso dic-98 art.5.2.
MENOS SENSIBLES	Estuarios	T. adecuado dic-05 art.7	T. primario dic-05 art.6.2.	T. secundario dic-05 art.4.1.	T. secundario dic-00 art.4.1.	T. secundario dic-00 art.4.1.
	Aguas costeras	T. adecuado dic-05 art.7	T. adecuado dic-05 art.7	T. primario dic-05 art.6.2.	T. primario dic-05 art.6.2.	T. secundario dic-00 art.4.1.

El concepto de pequeña aglomeración urbana

PLAZOS Y TIPOS DE TRATAMIENTO DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS SEGÚN LA DIRECTIVA 91/271/CEE						
ZONAS		HABITANTES EQUIVALENTES				
		0 - 2.000	2.000 - 10.000	10.000 - 15.000	15.000 - 150.000	> 150.000
NORMALES	Aguas dulces y estuarios	T. adecuado dic-05 art.7	T. secundario dic-05 art.4.1.	T. secundario dic-05 art.4.1.	T. secundario dic-00 art.4.1.	T. secundario dic-00 art.4.1.
	Aguas costeras	T. adecuado dic-05 art.7	T. adecuado dic-05 art.7	T. secundario dic-05 art.4.1.	T. secundario dic-00 art.4.1.	T. secundario dic-00 art.4.1.
SENSIBLES	Aguas dulces y estuarios	T. adecuado dic-05 art.7	T. secundario dic-05 art.4.1.	T. más riguroso dic-98 art.5.2.	T. más riguroso dic-98 art.5.2.	T. más riguroso dic-98 art.5.2.
	Aguas costeras	T. adecuado dic-05 art.7	T. adecuado dic-05 art.7	T. más riguroso dic-98 art.5.2.	T. más riguroso dic-98 art.5.2.	T. más riguroso dic-98 art.5.2.
MENOS SENSIBLES	Estuarios	T. adecuado dic-05 art.7	T. primario dic-05 art.6.2.	T. secundario dic-05 art.4.1.	T. secundario dic-00 art.4.1.	T. secundario dic-00 art.4.1.
	Aguas costeras	T. adecuado dic-05 art.7	T. adecuado dic-05 art.7	T. primario dic-05 art.6.2.	T. primario dic-05 art.6.2.	T. secundario dic-00 art.4.1.



2010

De acuerdo con la **Directiva 91/271/CEE**, definimos como **pequeña aglomeración urbana** la que cuenta **con menos de 2.000 habitantes equivalentes** y a la que se le exige un **tratamiento adecuado**.

Particularidades de la depuración de las aguas residuales en las pequeñas aglomeraciones urbanas

El concepto de tratamiento adecuado

- **En España no existe regulación específica del tratamiento adecuado.**
- **Los valores límites de emisión se fijan en la autorización de vertido.**
- **Generalmente se exigen los límites de la Directiva 91/271/CEE referidos a Tratamiento Secundario ($SS \leq 35 \text{ mg/l}$; $DBO_5 \leq 25 \text{ mg/l}$; $DQO \leq 125 \text{ mg/l}$) y cada vez es más frecuente que se exija la reducción de N y P.**

Nueva Directiva: definiciones - tratamiento terciario

Tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante procesos que reducen su concentración en nitrógeno y/o fósforo.

Tipo de tratamiento	Parámetro	Concentración (mg/L)	Porcentaje mínimo de reducción (%)	
Más riguroso	N _T	(10.000-100.000 h.e.)	15	70 - 80
		(>100.000 h.e.)	10	70 - 80
	P _T	(10.000-100.000 h.e.)	2	80
		(<10.000 h.e.)	1	80

TRATAMIENTOS Terciarios	Reducción de DBO ₅ y SS	Tratamiento Físicoquímico Filtración Microfiltración Ultrafiltración
	Desinfección	Cloro Gas Hipoclorito Sódico Dióxido de Cloro Ozono Rayos Ultravioleta
	Reducción de sales	Ósmosis Inversa Electrodialísis Reversible Intercambio Iónico

Fuente: Ignacio del Río (2023).
XL CURSO SOBRE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y EXPLOTACIÓN DE ESTACIONES DEPURADORAS (CEDEX)

Nueva Directiva: definiciones - tratamiento adecuado

Tratamiento adecuado: el tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante cualquier proceso y/o sistema de eliminación en virtud del cual, *después del vertido de dichas aguas, las aguas receptoras cumplan los objetivos de calidad pertinentes y las disposiciones pertinentes de la presente y de las restantes Directivas comunitarias.*

En la nueva Directiva desaparece el concepto de tratamiento adecuado.

Nueva directiva: sistemas individuales

Cuando no se justifique la instalación de un sistema colector, bien por no suponer ventaja alguna para el medio ambiente, o bien, porque su instalación implique un coste excesivo, se utilizarán ***sistemas individuales*** de tratamiento que consigan un ***nivel igual de protección medioambiental***.

La nueva Directiva recoge también el empleo de los ***sistemas individuales*** de tratamiento, pero además, los Estados miembros velarán por que los sistemas individuales, que se implanten en aglomeraciones urbanas de ***más de 1.000 h.e. o en parte de estas***:

- ***Se diseñen, gestionen y mantengan de manera que alcancen el mismo nivel de protección del medio ambiente que los tratamientos secundarios y terciarios.***
- ***Estén inscritos en un registro nacional, regional o local.***
- ***La autoridad competente, u otro organismo autorizado a nivel nacional, regional o local, lleve a cabo inspecciones periódicas de dichos sistemas, sobre la base de un enfoque basado en el riesgo.***

Nueva Directiva: tipos de tratamiento y plazos

Los estados miembros velarán por que, el **31 de diciembre del año 2005** a más tardar, las aguas residuales urbanas que entren en los sistemas colectores sean objeto de un **tratamiento adecuado** antes de ser vertidas, cuando procedan de aglomeraciones urbanas que representen **menos de 2.000 h.e.** y se viertan en **aguas dulces y estuarios**.

Los Estados miembros velarán por que los vertidos procedentes de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas de las aglomeraciones de entre **1.000 e-h y 2.000 e-h**, a más tardar el **31 de diciembre de 2035**, cumplan los requisitos **pertinentes para el tratamiento secundario establecidos en la parte B y en el cuadro 1 del anexo I**, antes de efectuar el vertido en las aguas receptoras.

El cuadro 1 del anexo I

Directiva 91/271/CEE

Cuadro 1: Requisitos por los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas sujetos a lo dispuesto en los artículos 4 y 5 de la presente Directiva. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción.

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción ⁽¹⁾	Método de medida de referencia
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO 5 a 20 °C) sin nitrificación ⁽²⁾	25 mg/l O ₂	70-90 40 de conformidad con el apartado 2 del artículo 4	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Determinación del oxígeno disuelto antes y después de 5 días de incubación a 20 °C ± 1 °C, en completa oscuridad. Aplicación de un inhibidor de la nitrificación
Demanda química de oxígeno (DQO)	125 mg/l O ₂	75	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Dicromato potásico
Total de sólidos en suspensión	35 mg/l ⁽³⁾ 35 de conformidad con el apartado 2 del artículo 4 (más de 10 000e-h) 60 de conformidad con el apartado 2 del artículo 4 (de 2 000 a 10 000 e-h)	90 ⁽³⁾ 90 de conformidad con el apartado 2 del artículo 4 (más de 10 000 e-h) 70 de conformidad con el apartado 2 del artículo 4 (de 2 000 a 10 000 e-h)	— Filtración de una muestra representativa a través de una membrana de filtración de 0,45 micras. Secado a 105 °C y pesaje — Centrifugación de una muestra representativa (durante 5 minutos como mínimo, con una aceleración media de 2 800 a 3 200 g), secado a 105 °C y pesaje.

⁽¹⁾ Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.

⁽²⁾ Este parámetro puede sustituirse por otro: carbono orgánico total (COT) o demanda total de oxígeno (DTO), si puede establecerse una correlación entre DBO 5 y el parámetro sustitutivo.

⁽³⁾ Este requisito es optativo.

Los análisis de vertidos procedentes de fosos de fermentación se llevarán a cabo sobre muestras filtradas; no obstante, la concentración de sólidos totales en suspensión en las muestras de aguas sin filtrar no deberán superar los 150 mg/l.

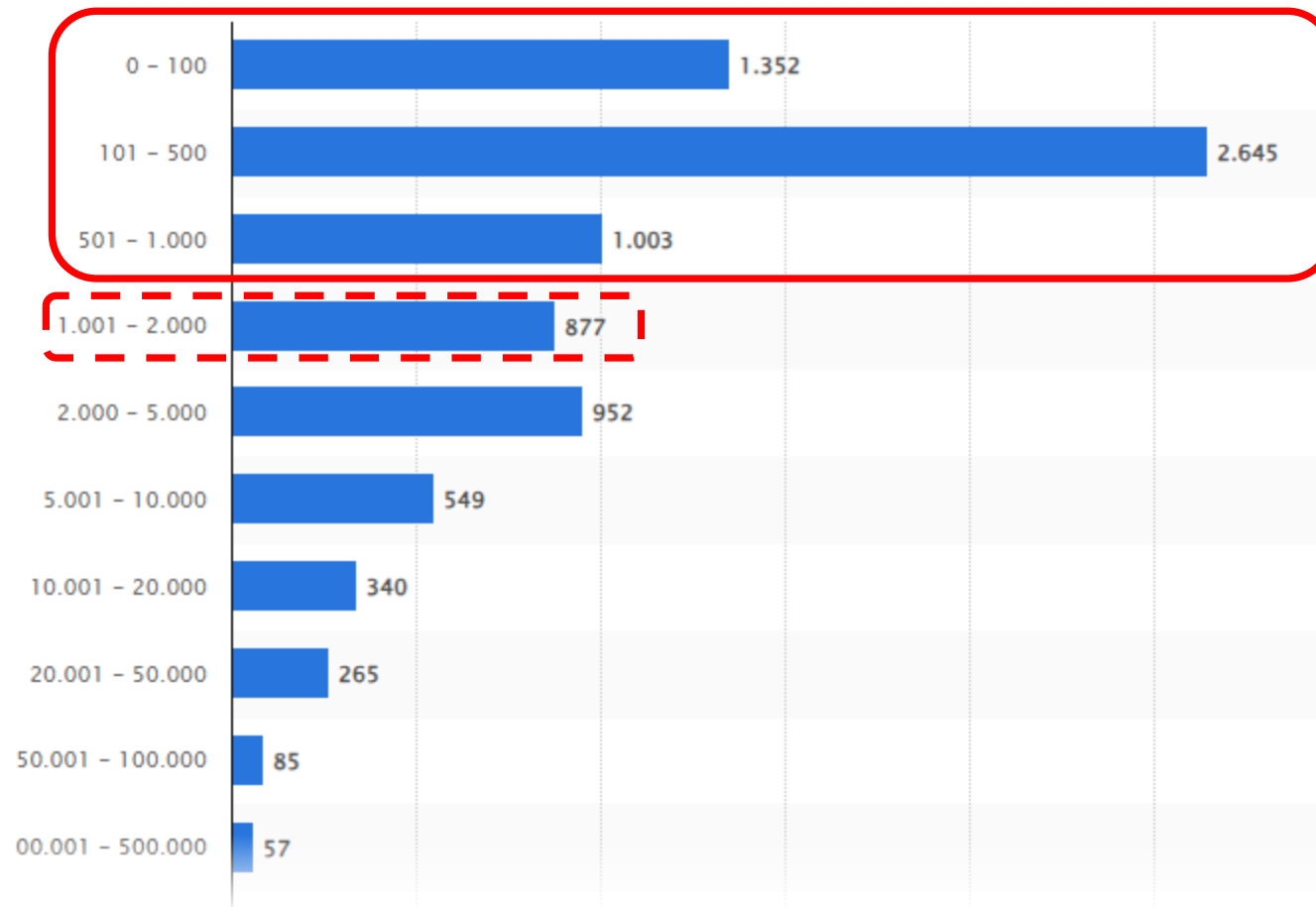
Nueva Directiva

Cuadro 1: Requisitos de los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas sujetos a lo dispuesto en el artículo 6 de la presente Directiva. Se aplicarán el valor de concentración o el porcentaje de reducción.

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción ⁴⁸ (véase la nota 4)	Método de medida de referencia
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅ a 20 °C) sin nitrificación (véase la nota 1)	25 mg/l O ₂	70 — 90 40 de conformidad con el [...] artículo [...]6, apartado 3	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Determinación del oxígeno disuelto antes y después de 5 días de incubación a 20 °C ± 1 °C, en completa oscuridad. Aplicación de un inhibidor de la nitrificación.
Demanda química de oxígeno (DQO) (véase la nota 2)	125 mg/l O ₂	75	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Dicromato potásico.
Carbono orgánico total (véase la nota 2)	37 mg/l	75	EN 1484
Total de sólidos en suspensión	35 mg/l (véase la nota 3)	90 (véase la nota 3)	— Filtración de una muestra representativa a través de una membrana de filtración de 0,45 micras. Secado a 105 °C y pesaje. — Centrifugación de una muestra representativa (durante 5 minutos como mínimo, con una aceleración media de 2 800 a 3 200 g), secado a 105 °C y pesaje.

El reparto de la población en España

Municipios en España por tamaño (2019)

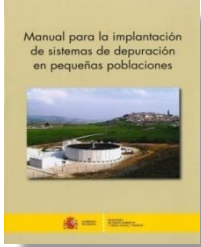


Nueva Directiva: evaluación y gestión de riesgos

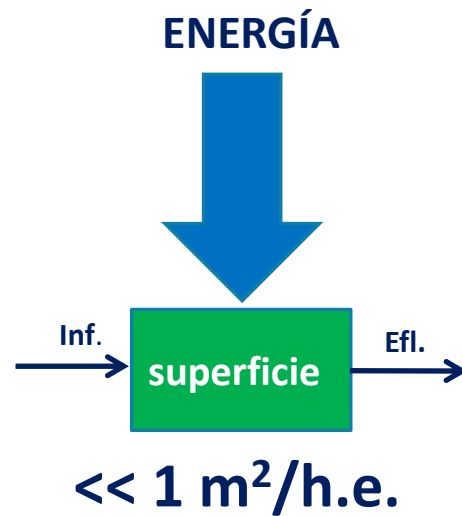
Cuando se hayan detectado ***riesgos de conformidad***, los Estados miembros adoptarán las ***medidas adecuadas para abordarlos***, que incluirán, en su caso, las medidas siguientes:

- a) establecer ***sistemas colectores*** para las aglomeraciones urbanas con ***menos de 1.000 e-h***.
- b) someter a ***tratamiento secundario*** los vertidos de aguas residuales urbanas de las aglomeraciones urbanas con ***menos de 1.000 e-h***.

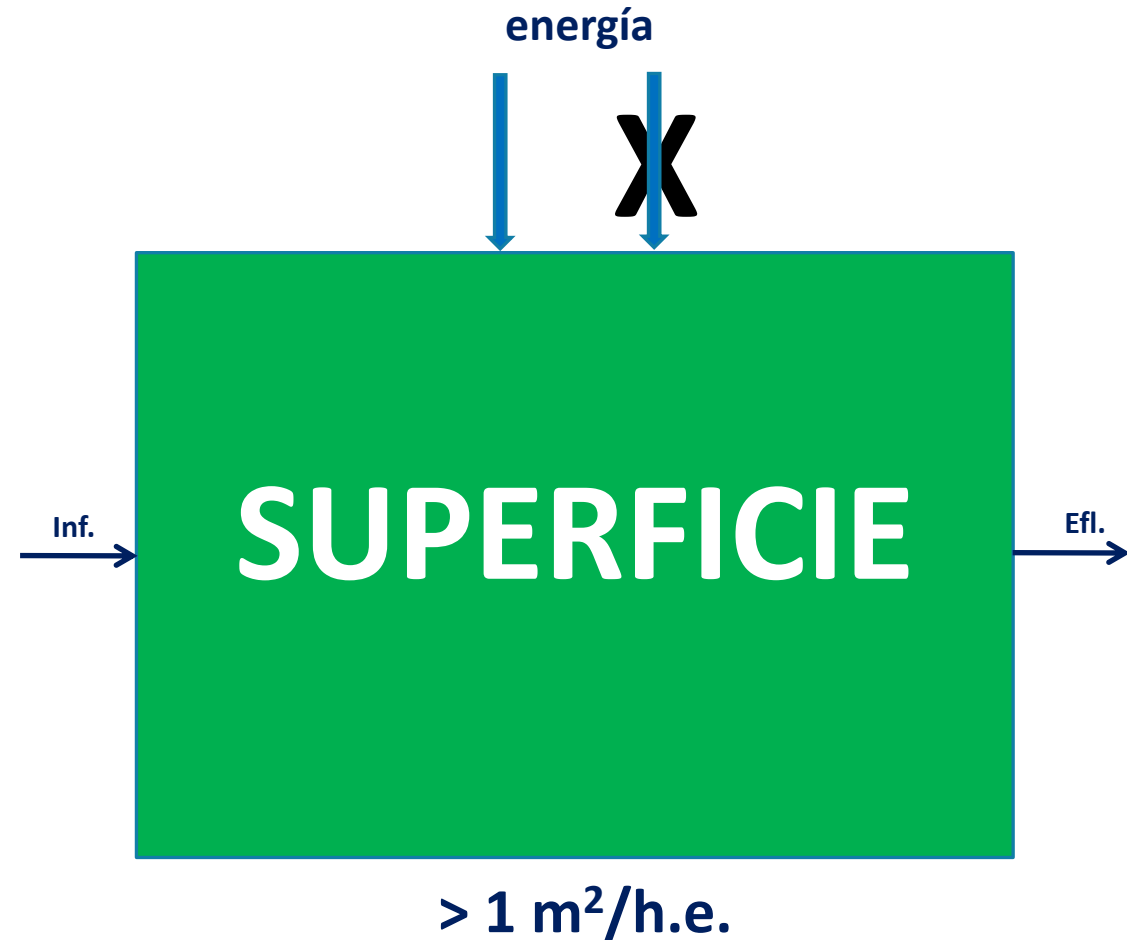
Tecnologías de depuración en pequeñas aglomeraciones urbanas



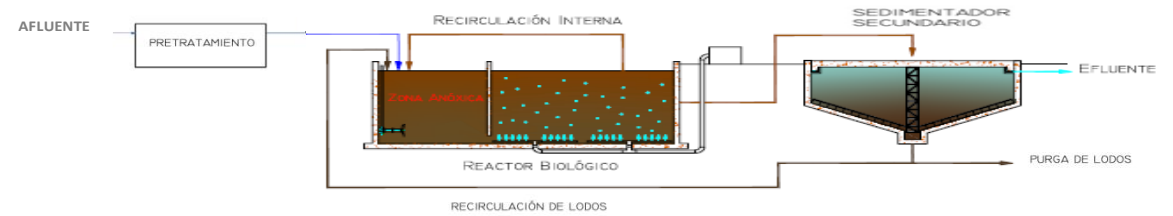
TECNOLOGÍAS INTENSIVAS



TECNOLOGÍAS EXTENSIVAS



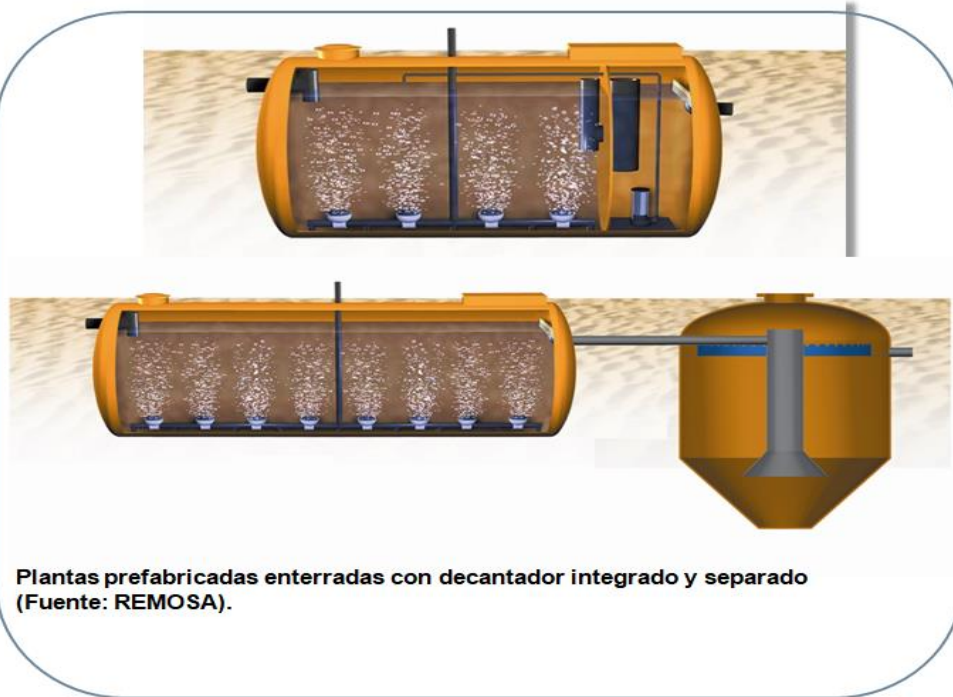
Tecnologías Intensivas: Aireación Prolongada



REACTOR ANÓXICO

REACTOR AERADO

DECANTADOR SECUNDARIO



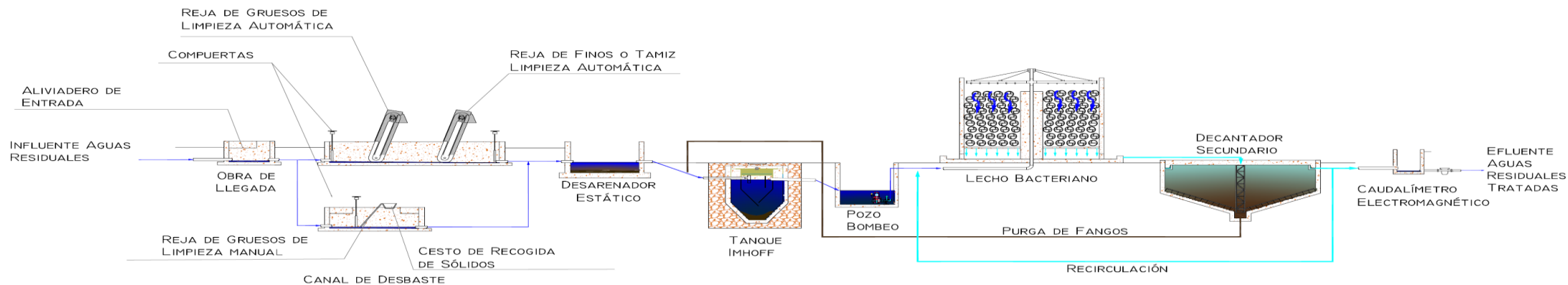
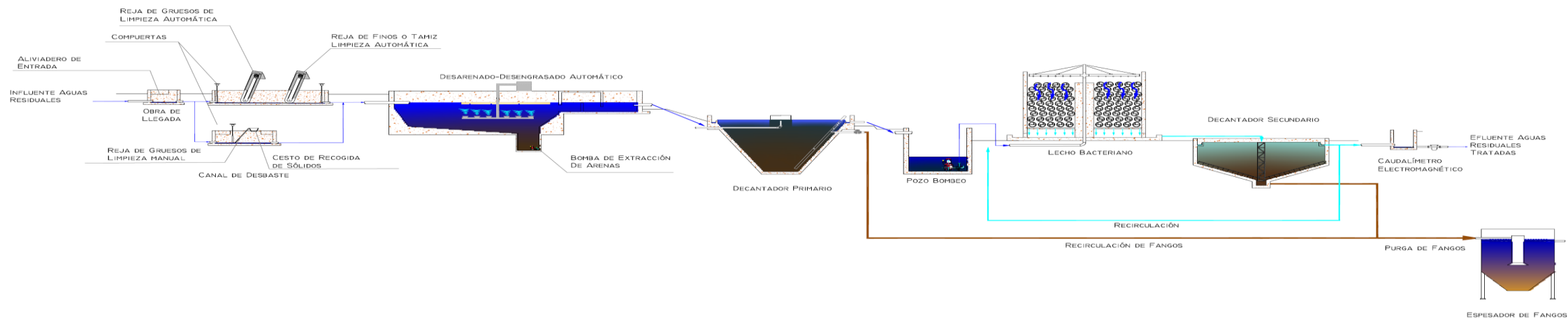
Plantas prefabricadas enterradas con decantador integrado y separado (Fuente: REMOSA).

Por debajo de 2.000 h.e. se suelen emplear plantas prefabricadas
Por encima de 500 h.e. el sedimentador secundario va separado.

Por debajo de 50 h.e. se exige el **Marcado CE (UNE-EN 12566-3)**



Tecnologías Intensivas: Filtros Percoladores



Tecnologías Intensivas: Filtros Percoladores



Fuente: NILSA (100 h.e)

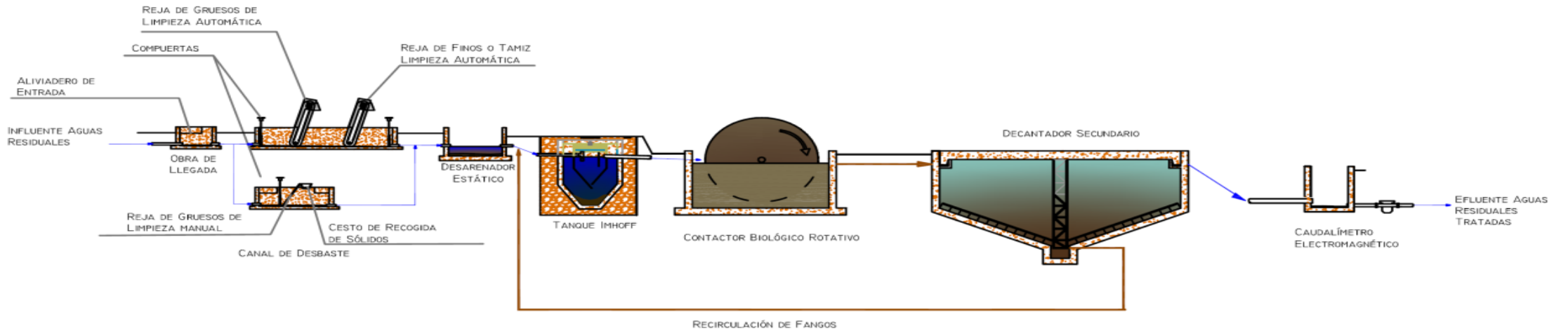
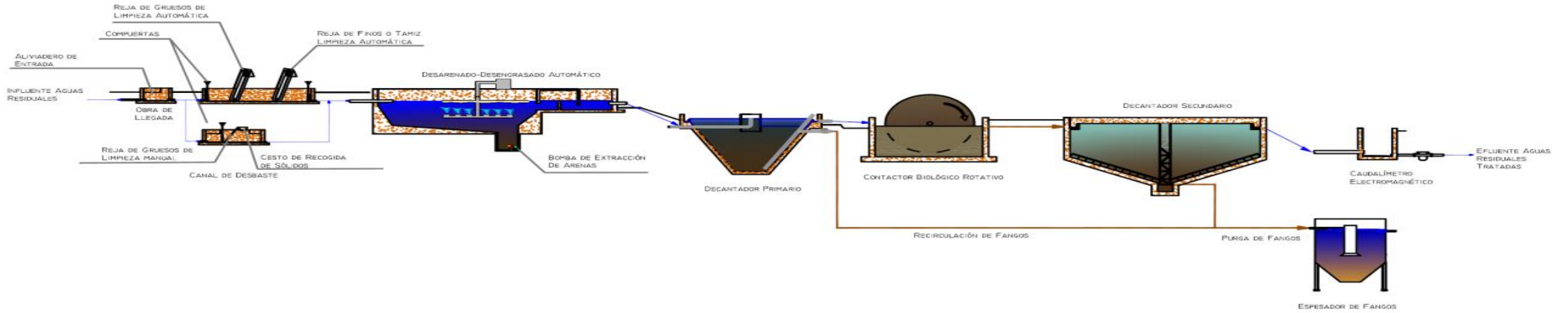
Norma ATV A 281E

Tamaño población (h.e.)	$C_{v,DBO5}$ (kg/m ³ /d)
1.000 - 2.000	≤ 0,40
900	≤ 0,38
700	≤ 0,34
500	≤ 0,29
300	≤ 0,25
100	≤ 0,21
50	≤ 0,20

Para nitrificar la carga debe ser **menor de 0,3 kg DBO₅/m³.d**

Tamaño población (h.e.)	$C_{v,NTK}$ (kg/m ³ /d)
1.000 - 2.000	≤ 0,100
900	≤ 0,095
700	≤ 0,085
500	≤ 0,074
300	≤ 0,064
100	≤ 0,053
50	≤ 0,05

Tecnologías Intensivas: Contactores Biológicos Rotativos (CBR)



Tecnologías Intensivas: Contactores Biológicos Rotativos (CBR)



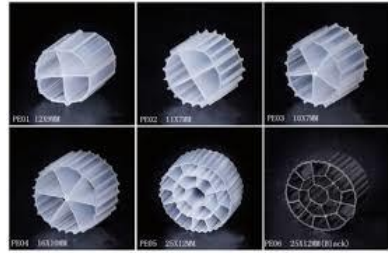
Fuente: ACAI

ESPINALBET (BARCELONA)

Capacidad depurativa	300 habitantes – equivalentes
Ubicación	Espinalbet (Barcelona)
Sistema de depuración	Biodiscos ECODISC COMPACTO
Línea de tratamiento	Decantación-Digestión Biodiscos ECODISC Decantador secundario lamelar
Biodiscos ECODISC	Diámetro discos: 2000 mm Nº de etapas: 2 Superficie total: 1.300 m ² Potencia: 1×1,5 kw Norias de elevación entrada biodisco y salida hacia decantador
Año de puesta en marcha	2016
Proceso	Eliminación de C
Vertido	DBO ₅ <25 ppm; MES<35 ppm

Otras Tecnologías Intensivas

Moving Bed Bioreactor (MBBR)



Fuente: ACO-REMOSA

Sequencing Batch Reactor (SBR)



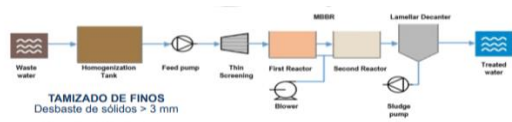
Fuente: ACO-REMOSA

Membrane BioReactor (MBR)



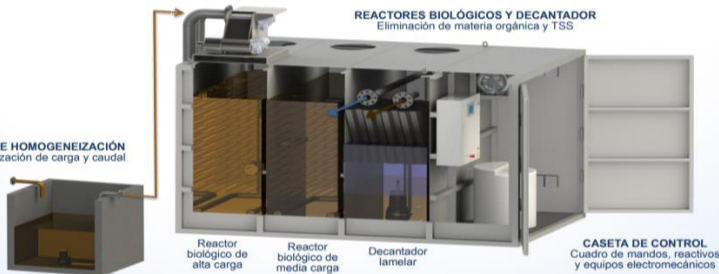
Fuente: TAGA

Línea de tratamiento:
DEPURACIÓN



REACTORES BIOLÓGICOS Y DECANTADOR
Eliminación de materia orgánica y TSS

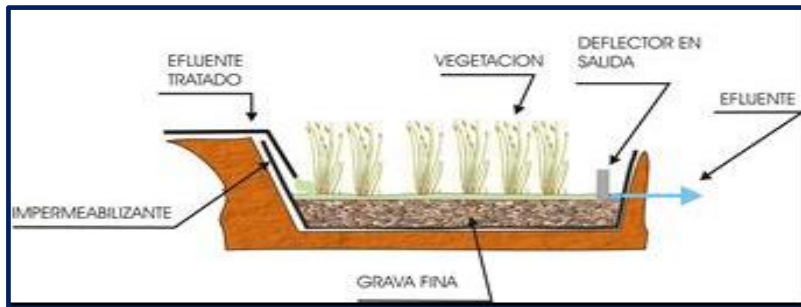
TANQUE DE HOMOGENEIZACIÓN
Homogeneización de carga y caudal



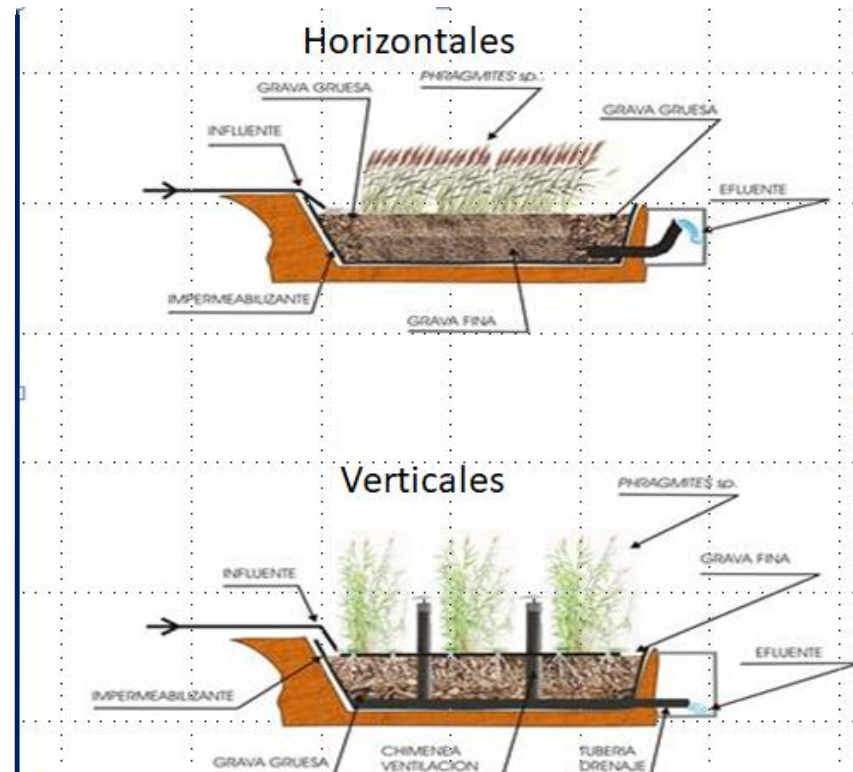
Fuente: AZUD

Tecnologías Extensivas: Humedales para el tratamiento de las aguas residuales

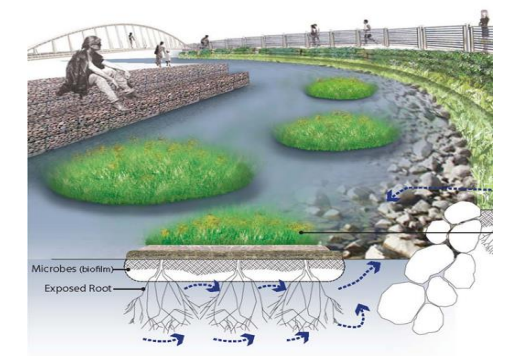
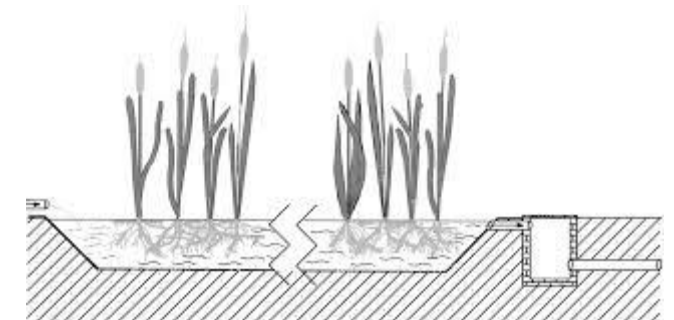
Humedales de Flujo Superficial



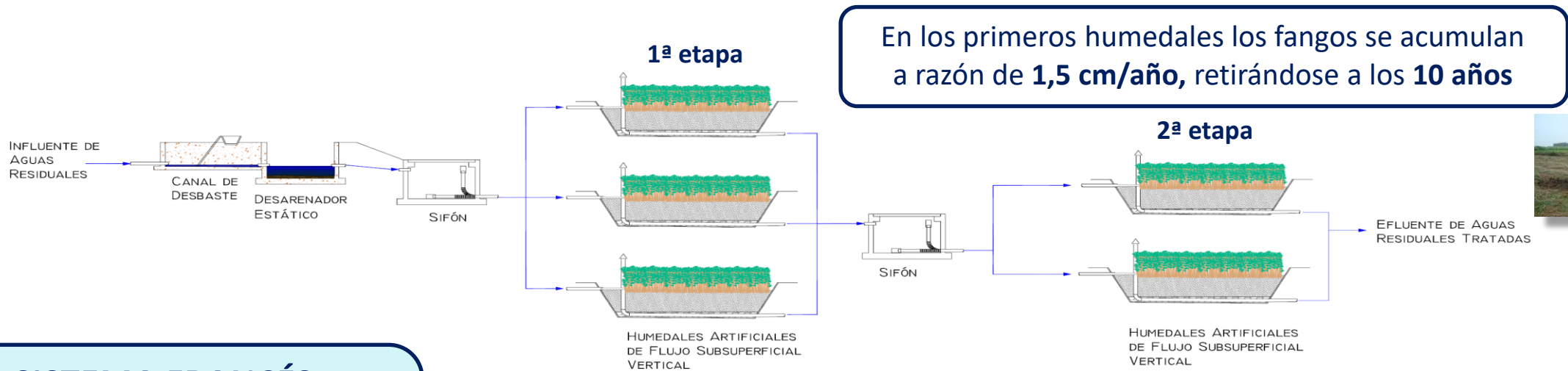
Humedales de Flujo Subsuperficial



Humedales Flotantes



Tecnologías Extensivas: Humedales para el tratamiento de las aguas residuales



**SISTEMA FRANCÉS
GESTIÓN CONJUNTA
AGUAS /LODOS**

Fase de alimentación: durante 3-4 días las aguas alimentan a un único filtro de la primera etapa.

Fase de reposo: con una duración de al menos dos veces superior a la fase de alimentación (6-8 días).

Fase de alimentación: durante 3-4 días las aguas alimentan a un único filtro de la segunda etapa.

Fase de reposo: de 3-4 días.

Tecnologías Extensivas: Humedales para el tratamiento de las aguas residuales

Rendimientos

Parámetro	FH	FV ^a	FV tipo francés	FS
Etapa de tratamiento (aplicación principal)	Secundario	Secundario	Combinado primario y secundario	Terciario
Sólidos suspendidos totales	> 80%	> 90%	> 90%	> 80%
Materia orgánica (medido como demanda de oxígeno)	> 80%	> 90%	> 90%	> 80%
Nitrógeno amoniacal	20 – 30%	> 90%	> 90%	> 80%
Nitrógeno Total	30 – 50%	< 20%	< 20%	30 – 50%
Fósforo total (a largo plazo)	10 – 20%	10 – 20%	10 – 20%	10 – 20%
Coliformes	2 log ₁₀	2 – 4 log ₁₀	1 – 3 log ₁₀	1 log ₁₀

^a Lecho de FV etapa simple, capa principal de arena (granulometría de Ø 0,06-4 mm).

Tecnologías Extensivas: Humedales para el tratamiento de las aguas residuales

CARACTERISTICAS

Caudal diario: hasta 330 m³/día

Flujo DBO₅: 99 kg/día

	Etapa 1	Etapa 2
Flujo	Vertical	Vertical
Alimentación	Pozo de bombeo	Pozo de bombeo
Dimensiones	6 lechos de 242 m ²	4 lechos de 243 m ²

Humedales de Flujo Vertical: Modelo Francés

EDAR de Castelserás (Teruel) (1.650 h.e., 2018)

ANALISIS VERTIDO

	PARAMETROS	DQO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	MES (mg/L)	pH
	LIMITES	125	25	35	Entre 6 y 9
27/07/2018	ENTRADA	676	350	243	7,6
	SALIDA	81	20	6	7,4
12/11/2018	ENTRADA	740	520	381	7,18
	SALIDA	< 20	2,9	2	7,79
05/03/2019	ENTRADA	1390	780	826	7,87
	SALIDA	< 20	< 2	4,2	7,20
13/08/2019	ENTRADA	415	242	170	8,04
	SALIDA	30,6	< 7	< 4	7,21
14/07/2020	SALIDA	22	5	3	6,95

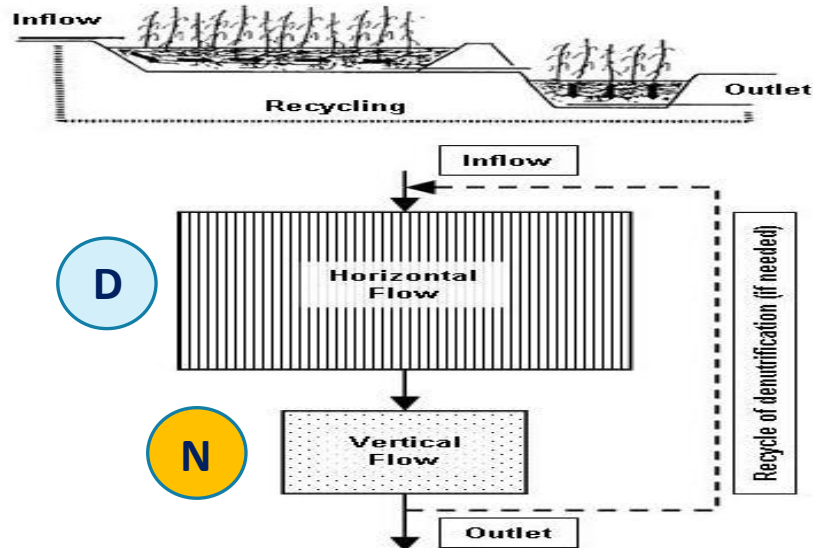
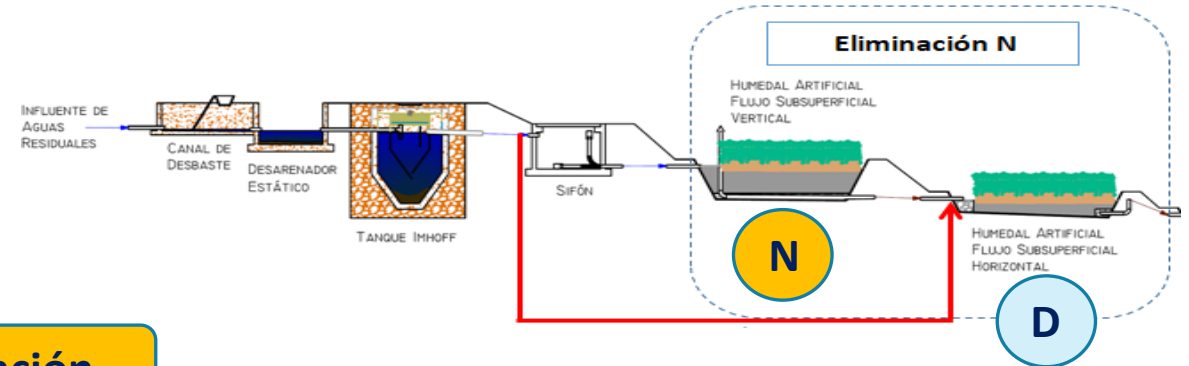
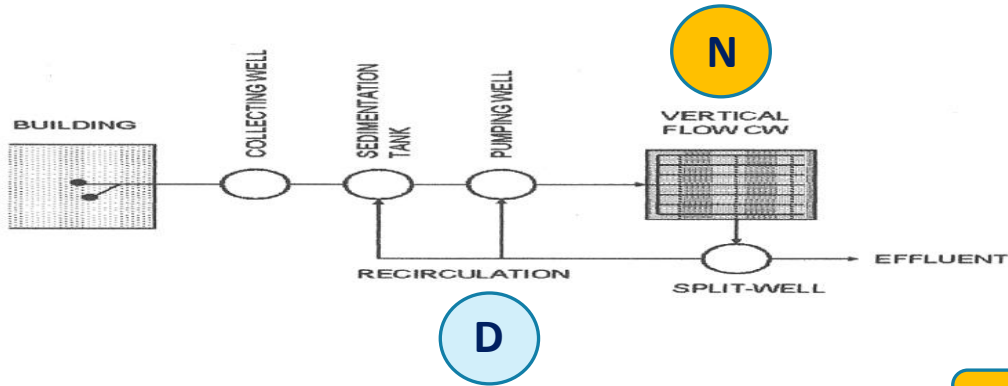
Coste construcción: 424 €/h.e.

Coste operación y mantenimiento: 4,2 €/h.e./año



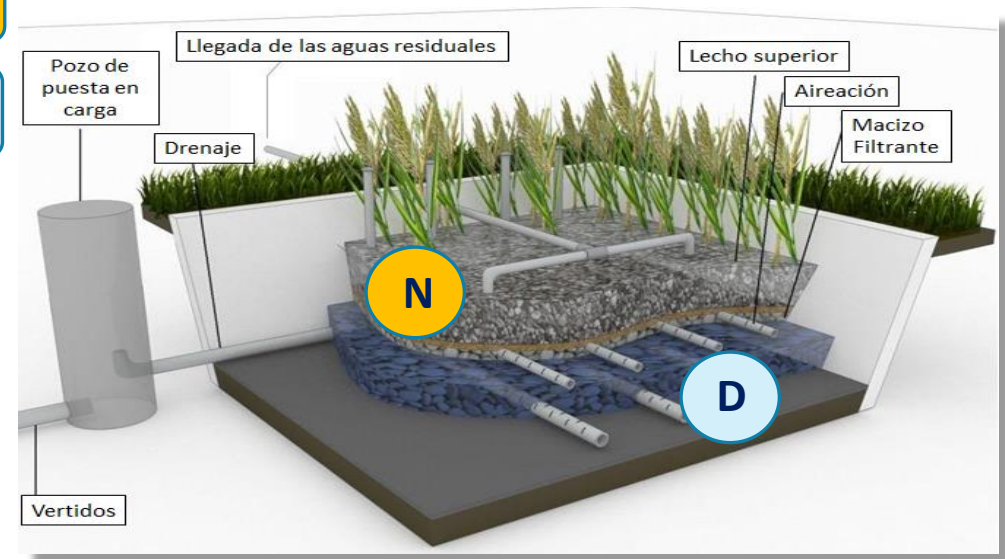
Tecnologías Extensivas: Humedales para el tratamiento de las aguas residuales

MEJORAS EN LA ELIMINACIÓN DE N



Nitrificación

Desnitrificación

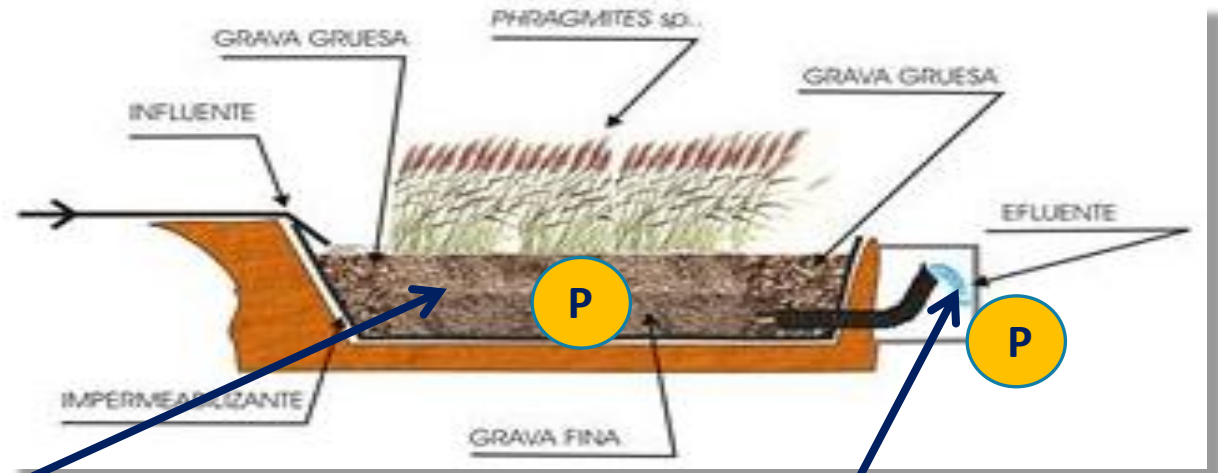


Tecnologías Extensivas: Humedales para el tratamiento de las aguas residuales

MEJORAS EN LA ELIMINACIÓN DE P



Empleo de materiales adsorbentes de P



Precipitación del P con sales de hierro, o de aluminio

RENATURWAT Project

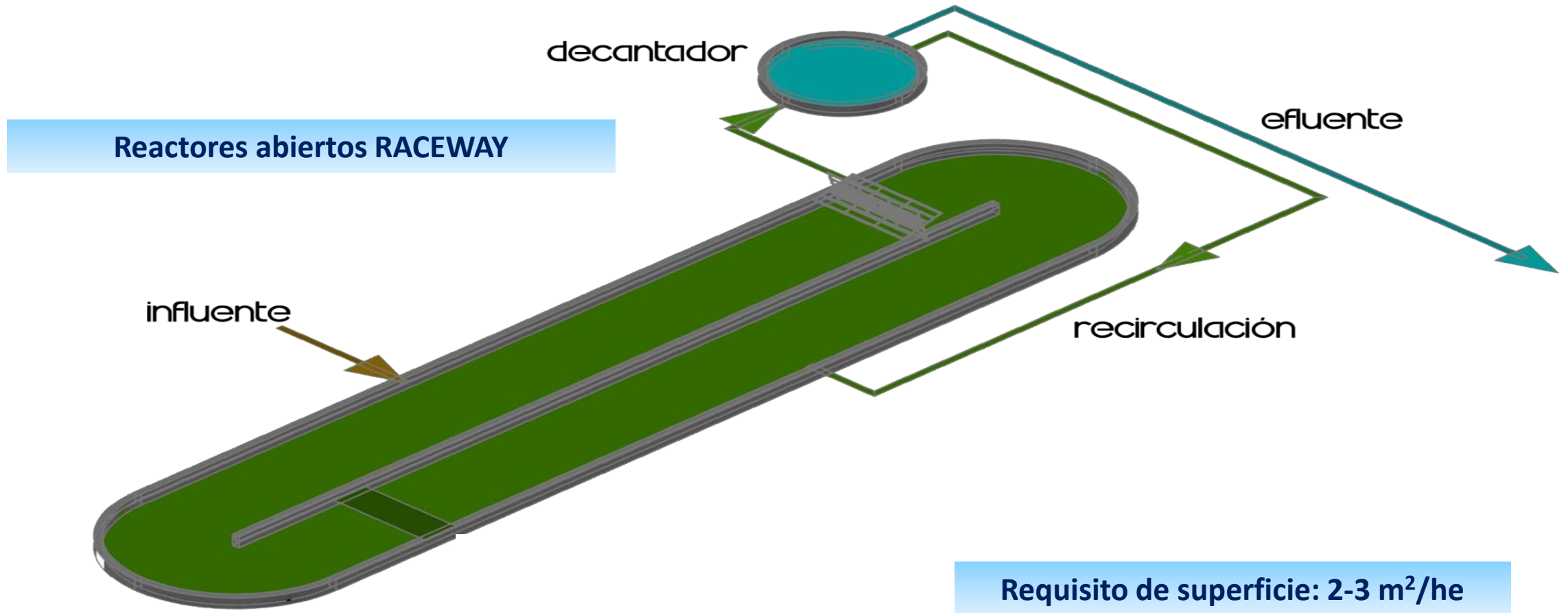


<https://liferenaturwat.com/>

Tecnologías Extensivas: Lagunaje



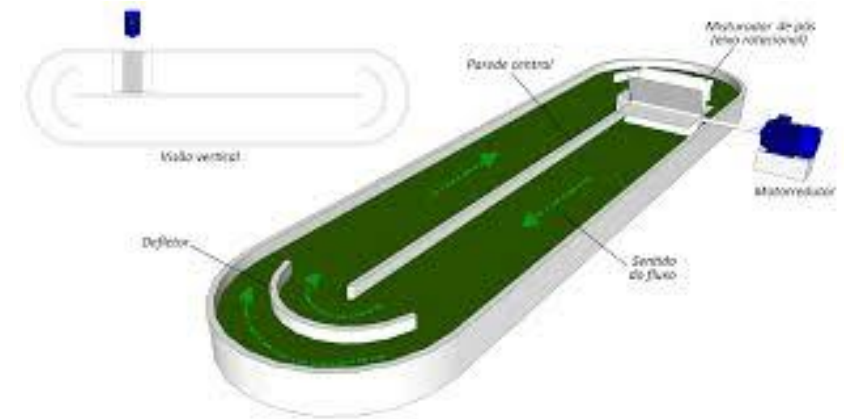
Lagunaje de alta carga (Lagunaje 2.0)



Lagunaje de alta carga (Lagunaje 2.0)



EDAR de Agramón (Hellín, Albacete)
Inauguración: Mayo 2022



Fuente: AQUALIA

Lagunaje de alta carga (Lagunaje 2.0)



Estación depuradora de aguas residuales de Agramón Agramón Wastewater Treatment Plant



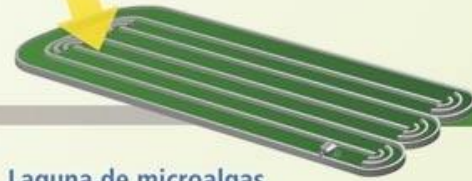
Agua residual
Wastewater



Arqueta
de llegada y bombeo
Pumping station

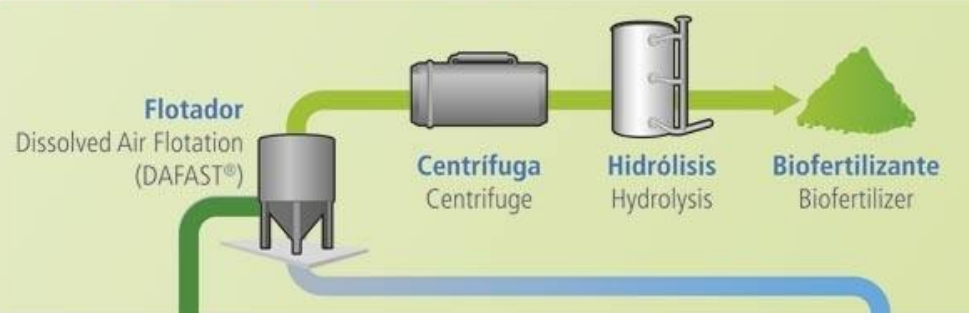


Pretratamiento compacto
Compact pre-treatment

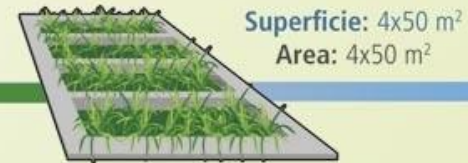


Laguna de microalgas
High Rate Algae Pond (HRAP)
Superficie: 1 hectárea 5.000 hab-eq
Area: 1 hectare 5,000 P.E.

Línea de producción de biofertilizante / Biofertilizer production line



Humedales artificiales verticales
Vertical flow constructed wetlands



Agua tratada
Treated water



This intervention is part of a project that has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement N° 737579.
Este intervención es parte de un proyecto que ha recibido fondos del Programa de Investigación e Innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea con el acuerdo de subvención N° 737579.

Intensificando lo Extensivo

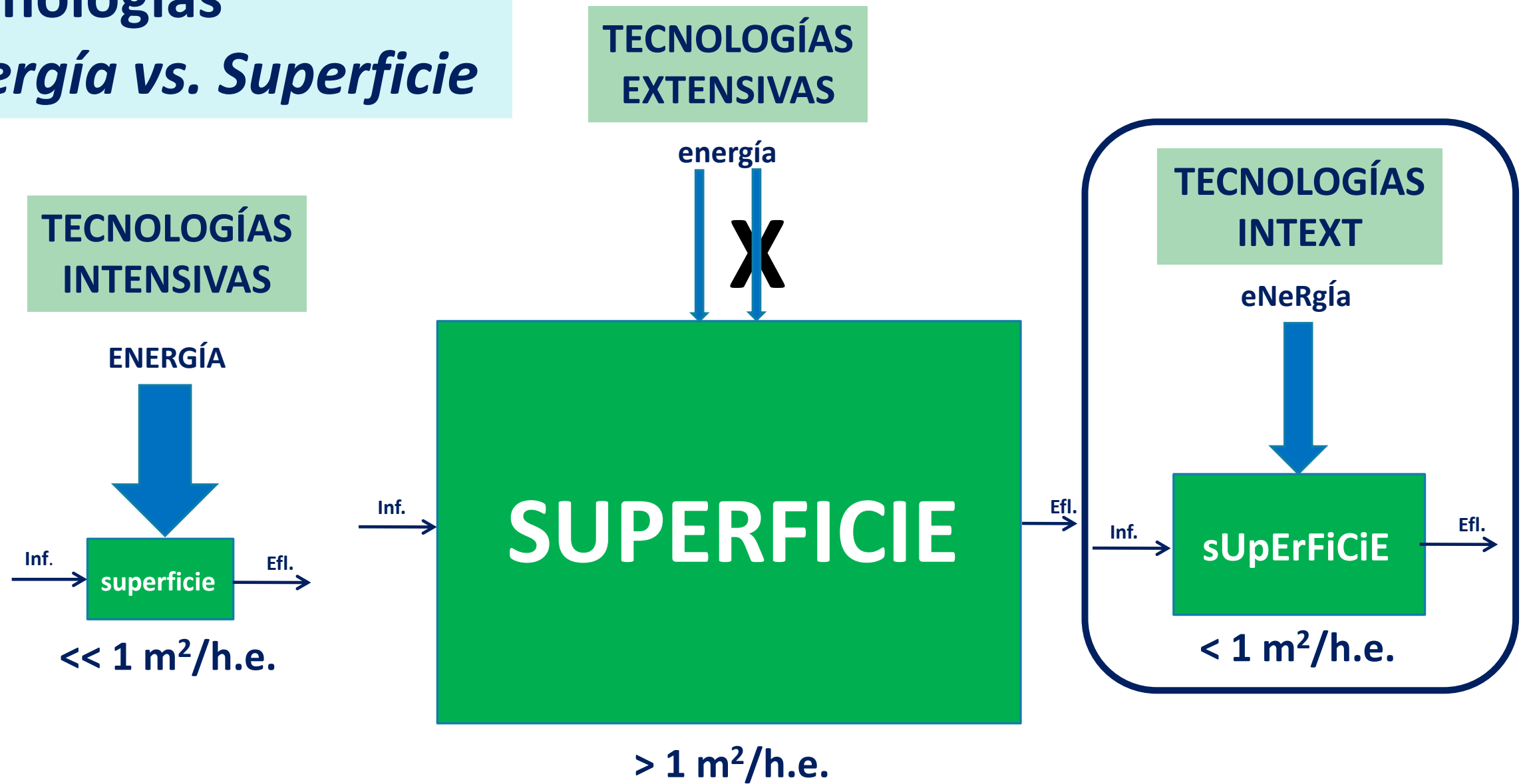
HÁNDICAPS PARA LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS EXTENSIVAS

- 1.- Elevados requisitos de superficie para su implantación (>1 m²/h.e.)
- 2.- Falta de capacidad de control. No tienen



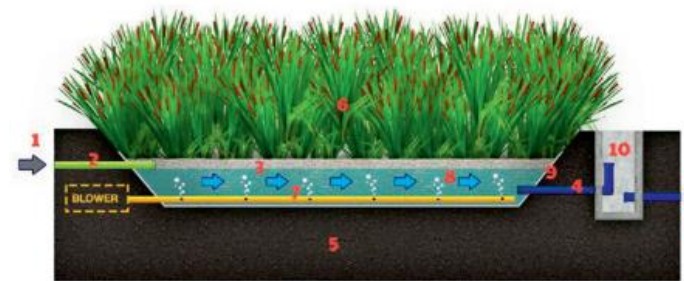
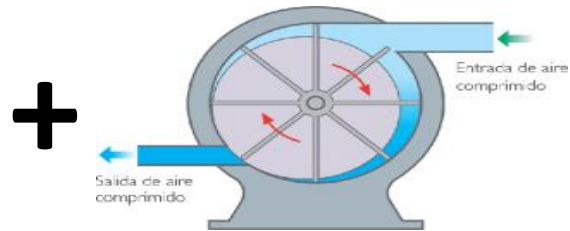
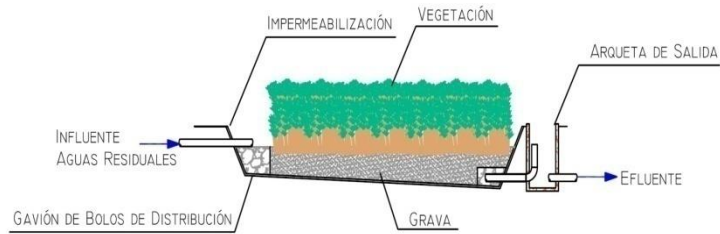
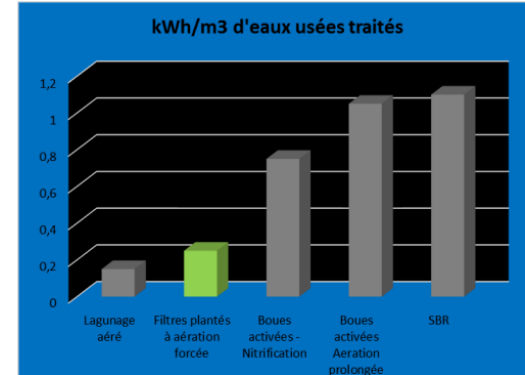
Tecnologías

Energía vs. Superficie



La intensificación energética de los Humedales para el tratamiento de las aguas residuales: aireación del medio filtrante

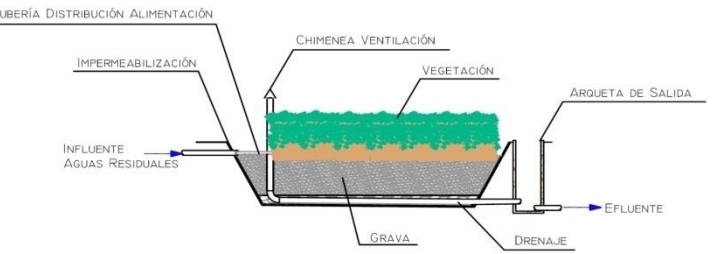
HUMEDALES AIREADOS



- 1 - Afluente
- 2 - Sistema de alimentación
- 3 - Medio poroso
- 4 - Sistema de drenaje
- 5 - Suelo
- 6 - Plantas
- 7 - Sistema de aireación
- 8 - Nivel de agua saturada
- 9 - Impermeabilización
- 10 - Estructura de inspección
- 11 - Efluente

$\leq 1 \text{ m}^2/\text{h.e.}$

$0,1 - 0,3 \text{ kWh/m}^3$



La intensificación energética de los Humedales para el tratamiento de las aguas residuales: aireación del medio filtrante

HUMEDALES AIREADOS



PROYECTO LIFE INTEXT

Humedal Aireado: 110 m²
Centro Experimental de Carrión de los Céspedes (Sevilla) (2021)



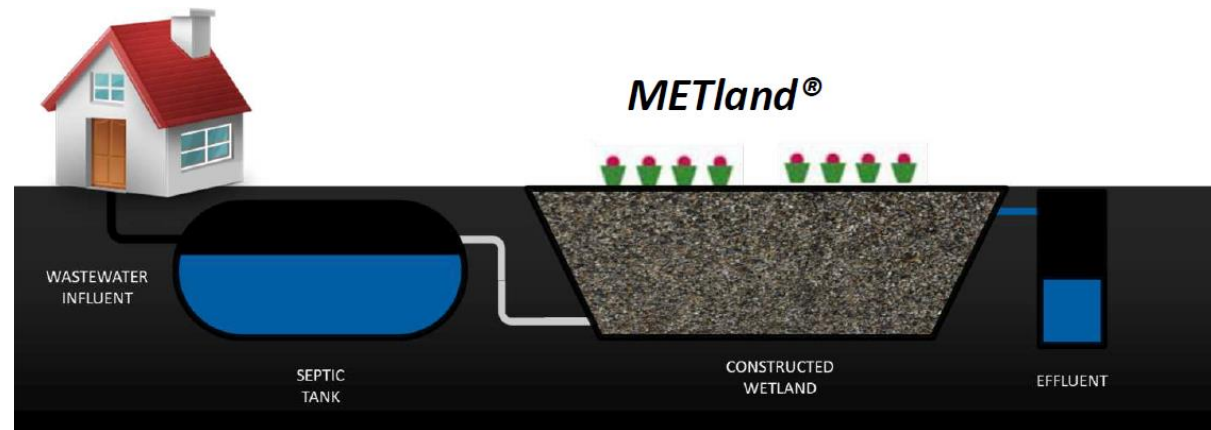
RENDIMIENTOS

	Influente (mg/l)	Efluente (mg/l)	Rendimiento (%)
Sólidos en Suspensión	240	5	97,9
DBO ₅	295	9	96,9
DQO	510	48	90,6
N _T	65,9	20,8	68,4
P _T	7,8	5,6	28,2

La intensificación fisicoquímica/microbiológica de los Humedales para el tratamiento de las aguas residuales: medios filtrantes especiales

Técnicas Electroquímicas Microbianas (MET)

DE WETLANDS A METLANDS



~ 0,3 m²/h.e.



Fuente: Abraham Estévez

La intensificación fisicoquímica/microbiológica de los Humedales para el tratamiento de las aguas residuales: medios filtrantes especiales y MET

DE WETLANDS A METLANDS

EDAR OTOS (Moratalla, Murcia) (200 habitantes equivalentes, 2016)



RENDIMIENTOS

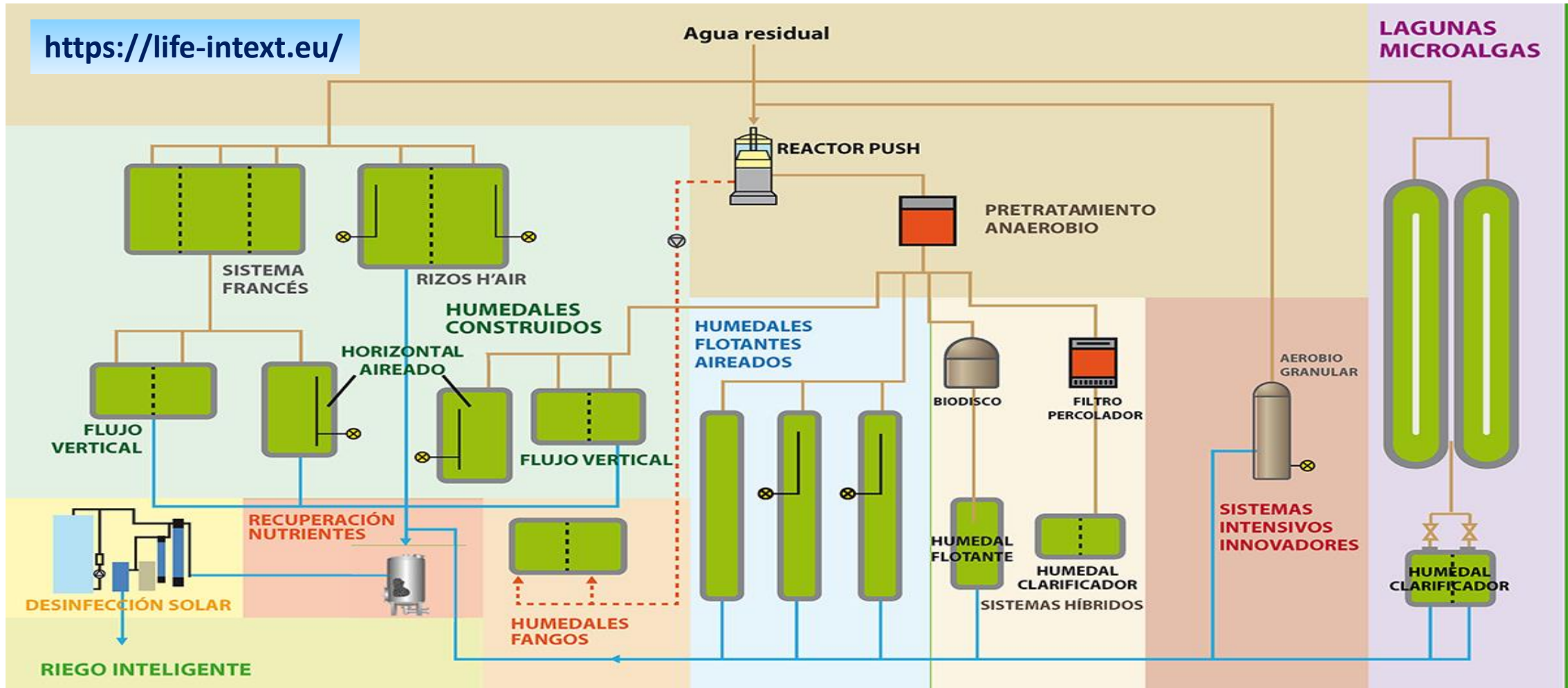
	Influyente (mg/l)	Efluente (mg/l)	Rendimiento (%)
Sólidos en Suspensión	333	13	96,1
DBO ₅	416	17	95,9
DQO	817	59	92,8
N _T	126,7	39,1	69,1
N _{amoniaco}	120,4	11,0	90,9
P _T	10,5	7,6	27,6

Las tecnologías INTEXT

Proyecto LIFE INTEXT



<https://life-intext.eu/>



Las tecnologías INTEXT

EDAR Talavera de la Reina (Toledo) (5.800 m²)



La gestión del tratamiento de las aguas residuales en las pequeñas aglomeraciones urbanas

- Según el ***artículo 25 de la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases de Régimen Local, la competencia y responsabilidad de la gestión del alcantarillado y tratamiento de aguas residuales generadas en el término municipal, recaen sobre las propias corporaciones locales.***
- Las corporaciones locales pueden llevar a cabo la ***prestación de este servicio de forma directa, o a través de sociedades públicas, empresas privadas o empresas mixtas.***
- La experiencia ha demostrado que, debido a la ***escasez de recursos económicos y técnicos***, propia de la mayor parte de las pequeñas poblaciones, ***cuando la gestión de las infraestructuras de saneamiento y depuración se realiza por el propio municipio, resulta comúnmente deficiente.***

La gestión del tratamiento de las aguas residuales en las pequeñas aglomeraciones urbanas

- Una de las alternativas a la gestión municipal es la ***gestión supramunicipal o mancomunada***, en la que ***varios municipios se asocian para compartir los costes y personal asociados a la prestación del servicio***.
- Este sistema permite ***disminuir los costes de explotación y disponer de personal especializado para la gestión y explotación de las estaciones depuradoras incluidas en la mancomunidad, o en el consorcio***.
- La ***gestión supramunicipal está ampliamente implantada en España***, donde también existen ejemplos de ***gestión regional o provincial***, prestada por una ***entidad pública dependiente del gobierno autonómico, o de la Diputación Provincial***.

Para concluir, un poco de historia...

Antes de los años 80

Las tecnologías de depuración que se aplicaban en las pequeñas aglomeraciones eran **mera reproducción, a menor escala**, de las que se aplicaban en las grandes urbes. Predominando la implantación de instalaciones basadas en la tecnología de **Aireación Prolongada**, que se disponían en **instalaciones compactas, generalmente enterradas en las aplicaciones de menor tamaño**.



En los años 80-90

Se asiste al “boom” de las llamadas **tecnologías de bajo coste**.

Las tecnologías que alcanzaron un mayor grado de implantación a nivel nacional fueron los **Lagunajes** y los **Filtros de Turba**.



... y una conclusión final

En la actualidad, tras lo aprendido en las etapas anteriores, se comienza a tomar conciencia de que ***la depuración en pequeñas aglomeraciones requiere otro enfoque más exigente, tanto desde el punto de vista técnico como del de la gestión, disponiéndose de un amplio abanico de tecnologías (intensivas, extensivas y mixtas), todas ellas válidas en función de las características concretas de la aglomeración a tratar y de las exigencias de vertido.***

**MUCHAS GRACIAS POR SU
ATENCIÓN Y LARGA Y EXITOSA
VIDA A LA CÁTEDRA**

jjsr1955@gmail.com