



II Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO

MasterClass 19



“Tecnologías Innovadoras Híbridas
INTensivas-EXTensivas para pequeñas
aglomeraciones urbanas”

Patrocinada por:



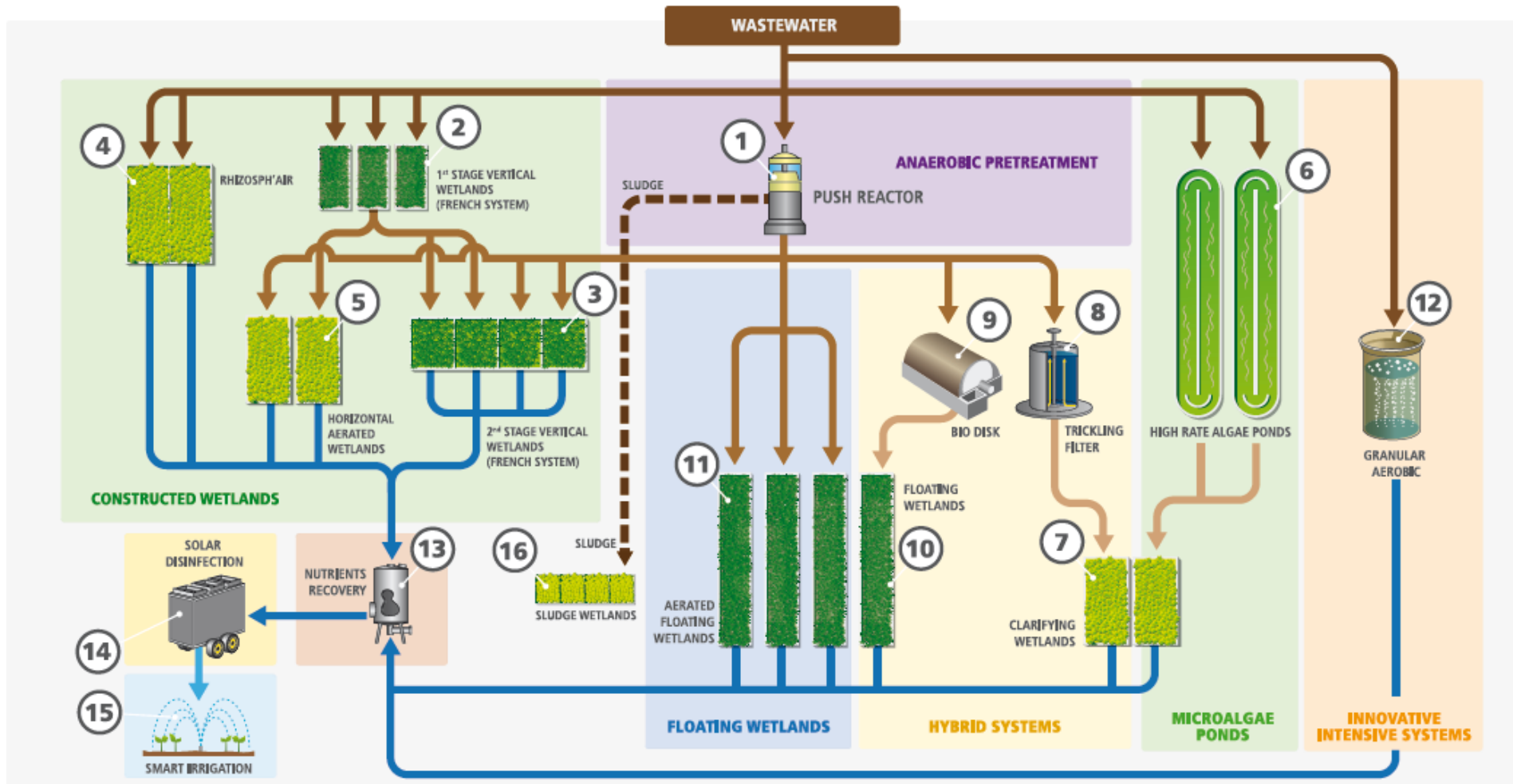
Enrique Lara

Ingeniero Industrial en FCC Aqualia

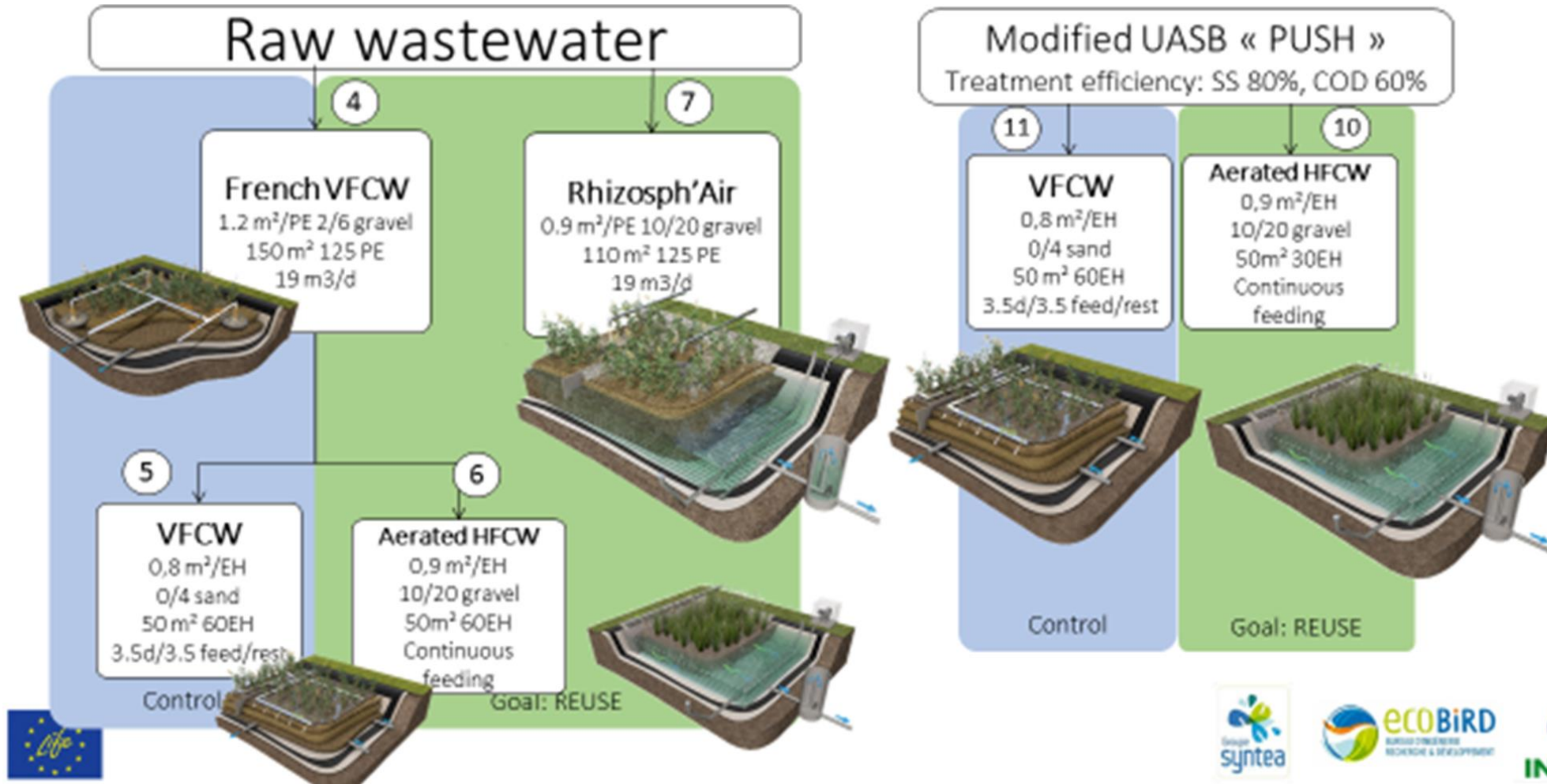


II Ciclo de 20
MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO

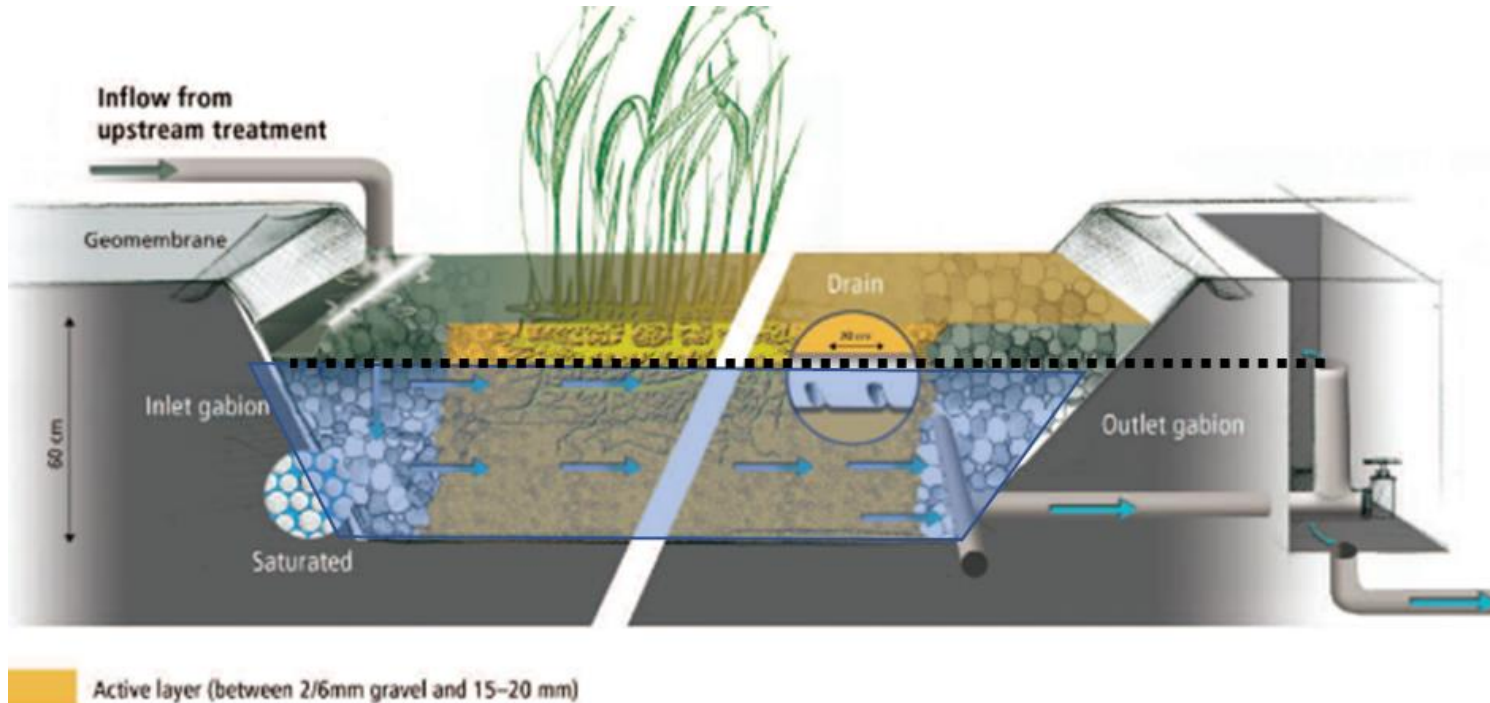


BASADAS EN HUMEDALES SUBSUPERFICIALES



BASADAS EN HUMEDALES SUBSUPERFICIALES

Humedales Flujo Horizontal



VENTAJAS

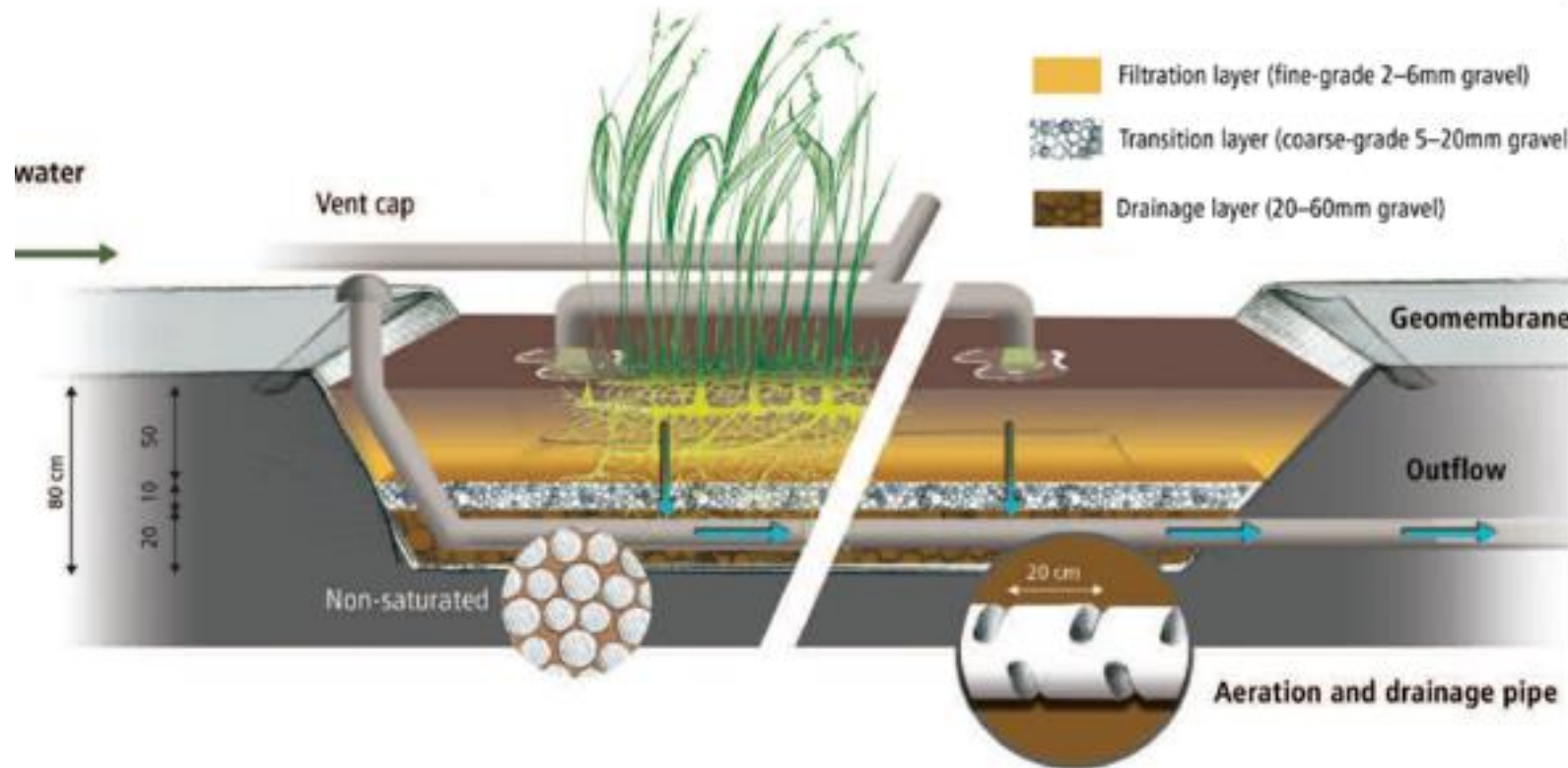
- Alimentación con **pretratadas, en continuo**
- Bajo consumo energético. Sin bombes, por gravedad si desnivel suficiente.
- Explotación simple, personal no especializado
- Buena integración paisajística

DESVENTAJAS

- **Atascamientos**, baja sección perpendicular al flujo.
(necesidad de aireación)
- Proceso anaerobio, posibles olores
- Superficie requerida según configuración (sobre 3m²/he)

BASADAS EN HUMEDALES SUBSUPERFICIALES

Humedales Flujo Vertical



VENTAJAS

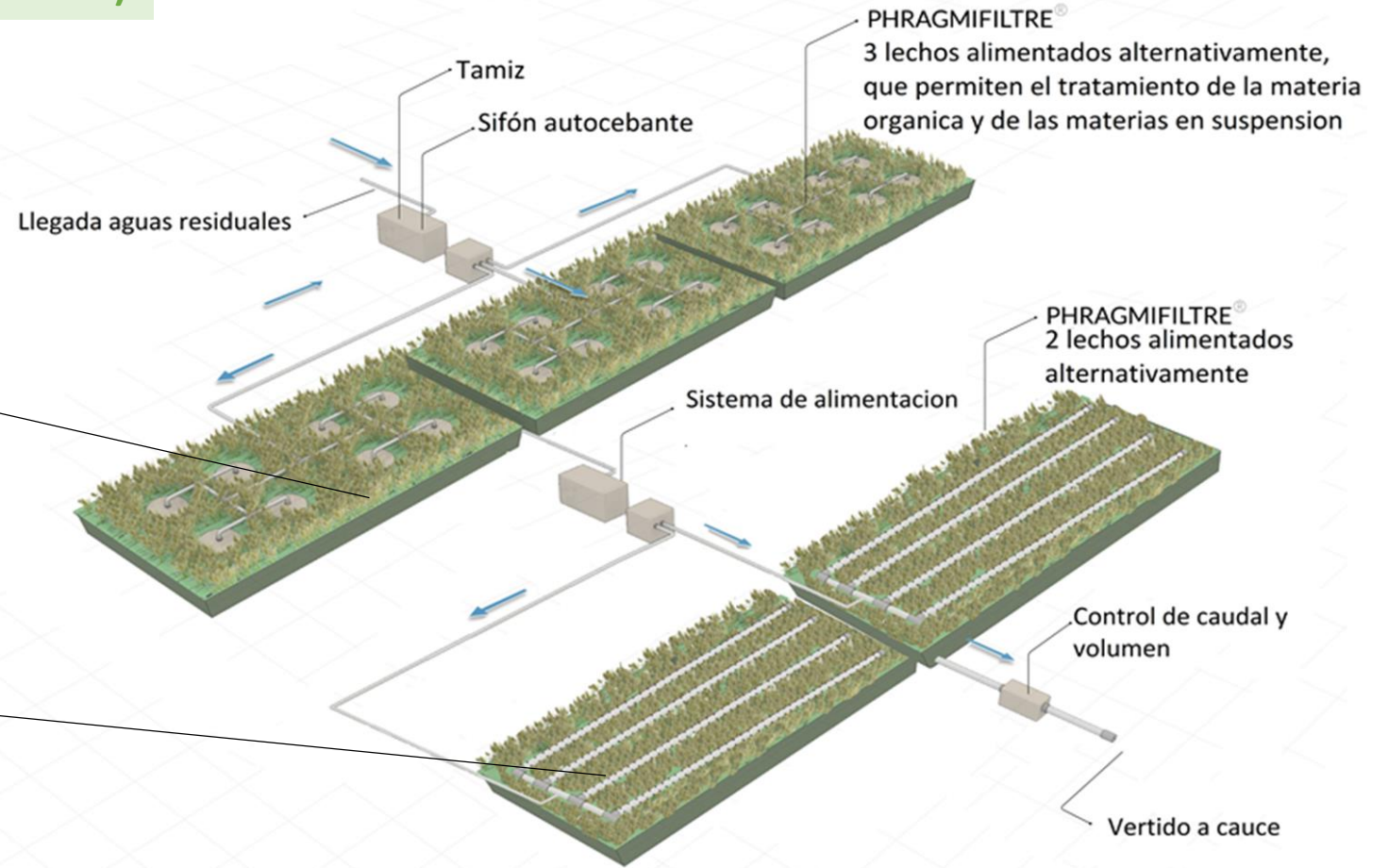
- Alimentación con **aguas brutas** (primera etapa), por pulsos.
- Gestión integrada de los **fangos**
- Proceso aerobio con **aireación pasiva** (**ausencia de olores**).

DESVENTAJAS

- Superficie requerida según configuración (sobre 2m²/he)
- Funcionamiento por pulsos con caudal elevado en primera y segunda etapa
- Nitrificación completa. No desnitrificación

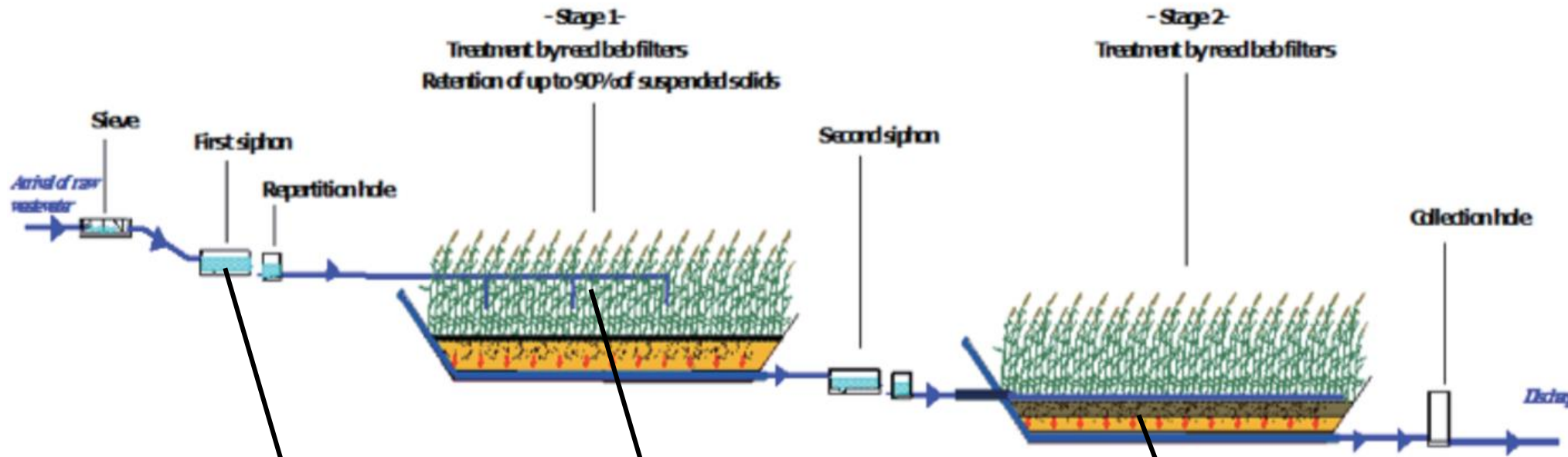
BASADAS EN HUMEDALES SUBSUPERFICIALES

Humedales de 2 etapas tipo francés (convencional)



BASADAS EN HUMEDALES SUBSUPERFICIALES

Humedales de 2 etapas tipo francés (convencional)



chamber



BASADAS EN HUMEDALES SUBSUPERFICIALES

Humedales de 2 etapas tipo francés (convencional)

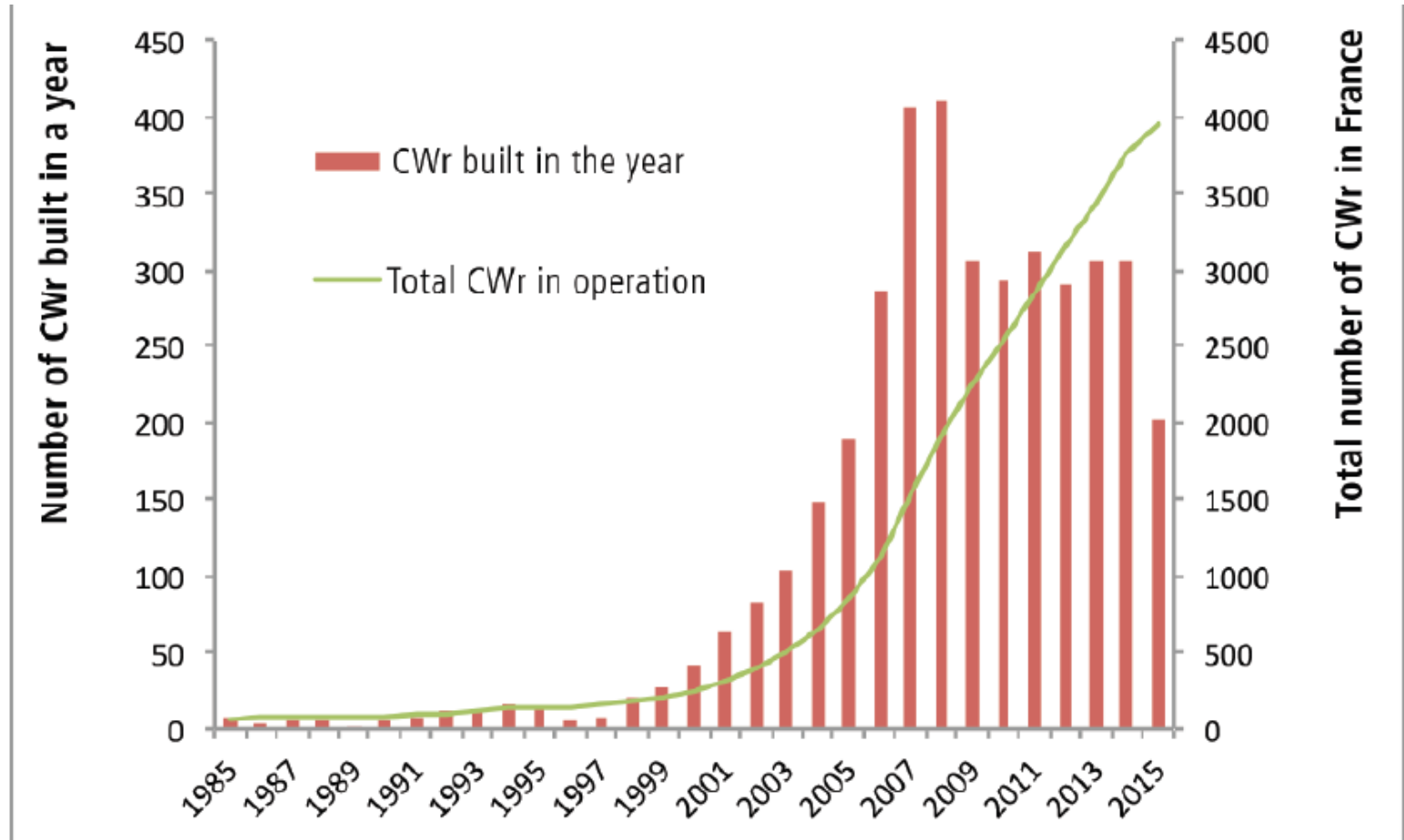


TOLERANCIA A ALTAS Y BAJAS TEMPERATURAS

BASADAS EN HUMEDALES SUBSUPERFICIALES

Humedales de 2 etapas tipo francés (convencional)

- Numerosas instalaciones, sólo en Francia +3500.



BASADAS EN HUMEDALES SUBSUPERFICIALES

Humedales de 2 etapas tipo francés (convencional)

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> • Alimentación con aguas brutas • Gestión integrada de los fangos • Alta tolerancia a las variaciones de cargas hidráulicas, orgánicas y temperaturas • Elevados rendimientos en materia orgánica DQO<70 mg/l, DBO5<15 mg/l , SS<15 mg/l, y nitrificación NTK< 10 mg/l • Eliminación patógenos hasta 3 log E coli • Bajo consumo ~0,1-0,15 kWh/m³ • Sin bombeos, por gravedad si desnivel suficiente • Proceso aerobio (ausencia de olores) • Explotación simple, personal no especializado • Buena integración paisajística • Numerosas instalaciones, sólo en Francia +3500. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada superficie: 2 m²/he • Funcionamiento por pulsos con caudal elevado en primera y segunda etapa • Nitrificación completa. No desnitrificación • Coste arena/transporte, fundamentalmente arena fina.

BASADAS EN HUMEDALES SUBSUPERFICIALES

Humedal de 1 etapa intensificado (RIZOSPH'AIR)



BASADAS EN HUMEDALES SUBSUPERFICIALES

Humedal de 1 etapa intensificado (RIZOSPH'AIR)

SISTEMA AIREACIÓN



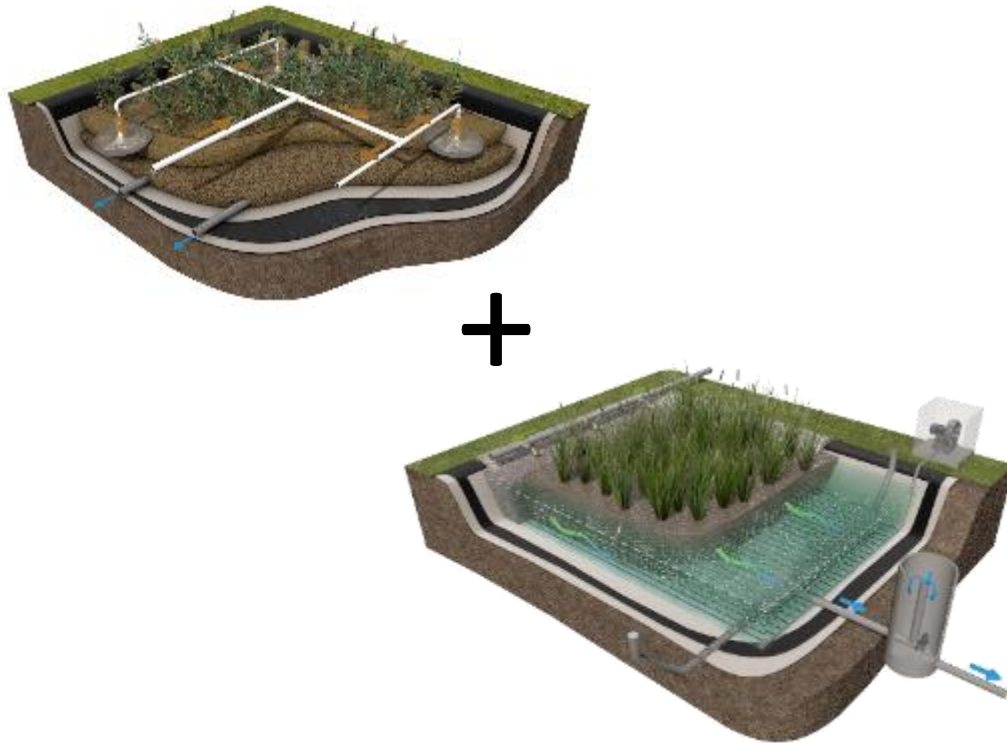
BASADAS EN HUMEDALES SUBSUPERFICIALES

Humedal de 1 etapa intensificado (RIZOSPH'AIR)

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none">• Alimentación agua residual bruta.• Iguales a Sistema Francés, con aumento de rendimientos de depuración: Eliminación $N_t < 20$ mg/l, DQO < 60 mg/l, reducción patógenos. (reutilización de agua)• Reducción superficie a < 1 m²/he• Adaptación a cambios de carga mediante sensor O₂ y control aireación	<ul style="list-style-type: none">• Consumo energético $\sim 0,2-0,3$ kWh/m³• Elementos mecánicos (soplantes, válvulas automáticas).• Posible atascamiento sistema de aireación

BASADAS EN HUMEDALES SUBSUPERFICIAL

Humedales de 2 etapas (horizontal aireado)



VENTAJAS

- Igual a las del Sistema Francés, con aumento de rendimientos de depuración ($N_t < 20$ mg/l) y reducción de patógenos 4 log E coli (reutilización agua)
- Adaptación a cambios de carga mediante sensor O₂ y control aireación

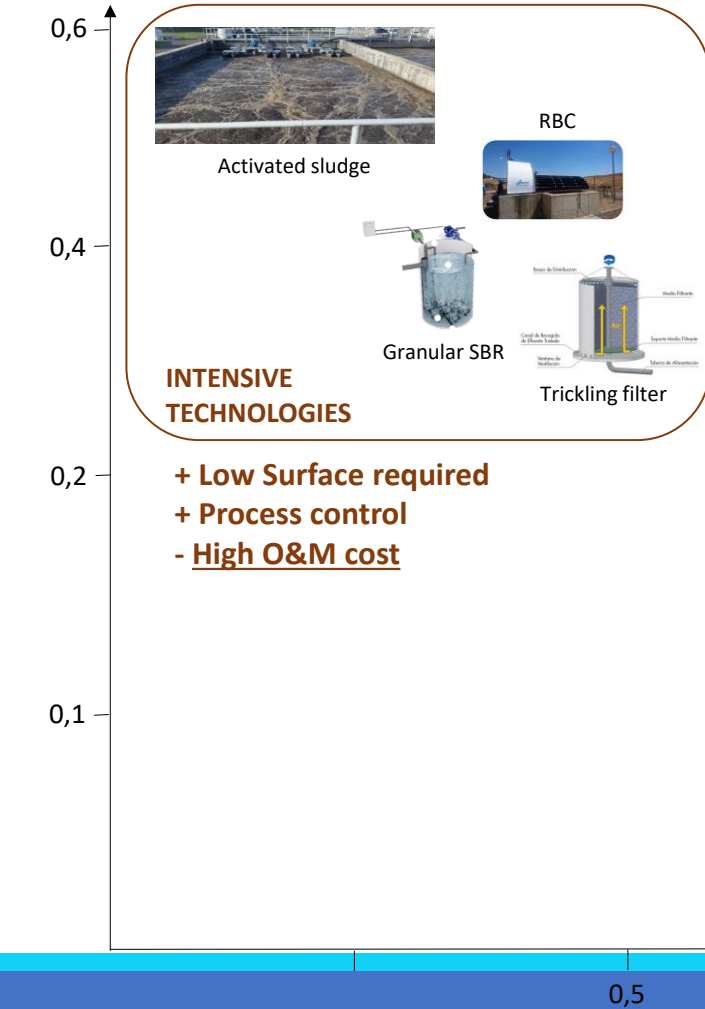
INCONVENIENTES

- Consumo energético: ~0.15-0,2 kWh/m³
- Mantenimiento de elementos mecánicos (soplante)
- Posible atascamiento flujo horizontal y sistema de aireación

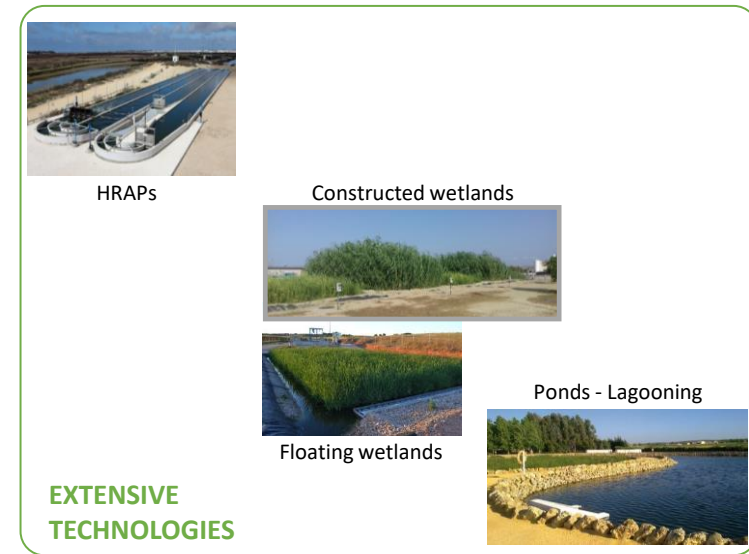
BASADAS EN HUMEDALES SUBSUPERFICIALES

Energy consumption
kWh/m³ WW

INTENSIVE vs. EXTENSIVE WWT TECHNOLOGIES FOR SMALL COMMUNITIES



- + Low operational cost
- + Low environmental impact
- High Surface required
- Climate dependent
- Low process control

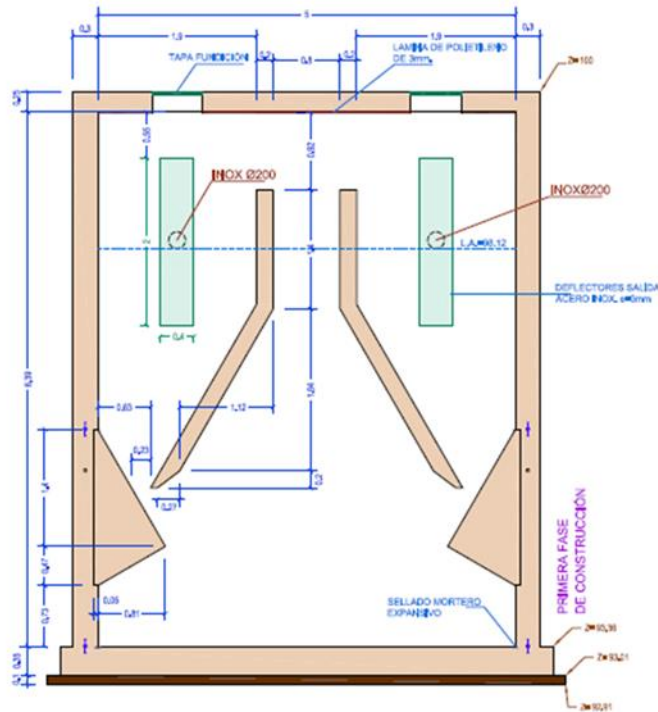


Footprint
m²/PE

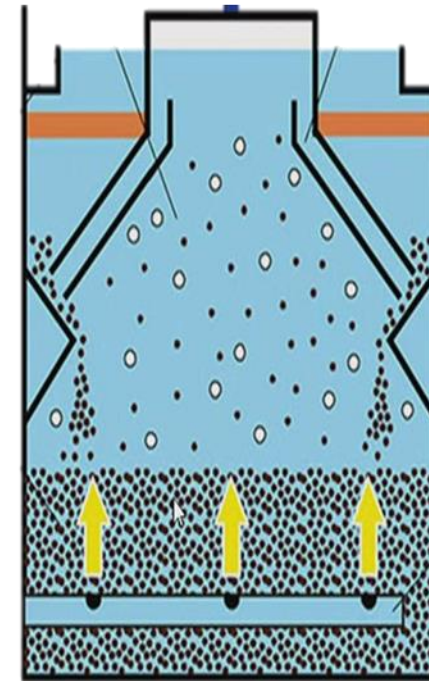
PRETRATAMIENTO ANAEROBIO

PUSH

Tanque Imhoff desde 1860. Se puede mejorar?



Tanque Imhoff

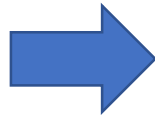
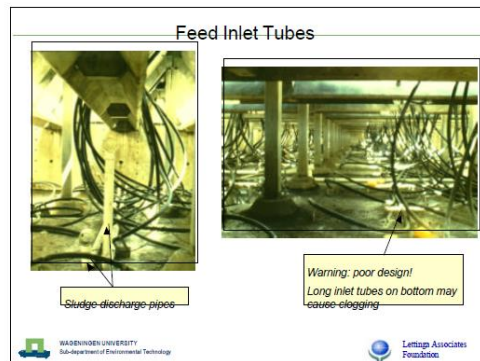
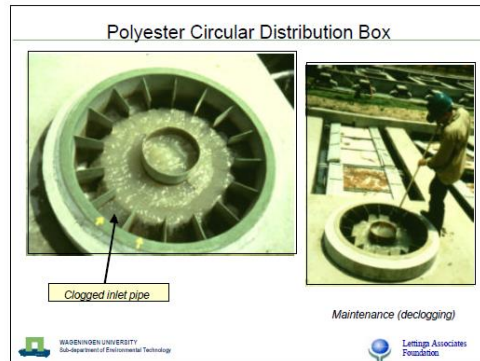


UASB

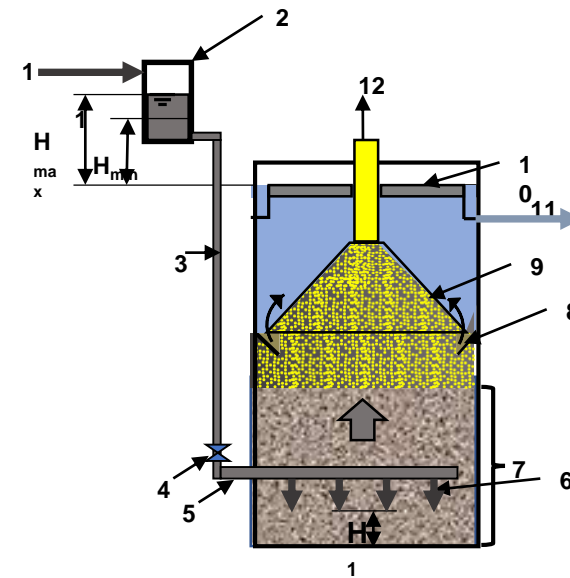
PRETRATAMIENTO ANAEROBIO

PUSH: SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

UASB CONVENCIONAL



PUSH: PATENTE AQUALIA



1. Influent
2. Pulsed Feeding Tank.
3. Inlet manifold.
4. Automatic valves
5. Distribution strings
6. Injection nozzles
7. Sludge bed
8. Baffles
9. Three phase separator
10. Weir
11. Effluent
12. Biogas

PRETRATAMIENTO ANAEROBIO

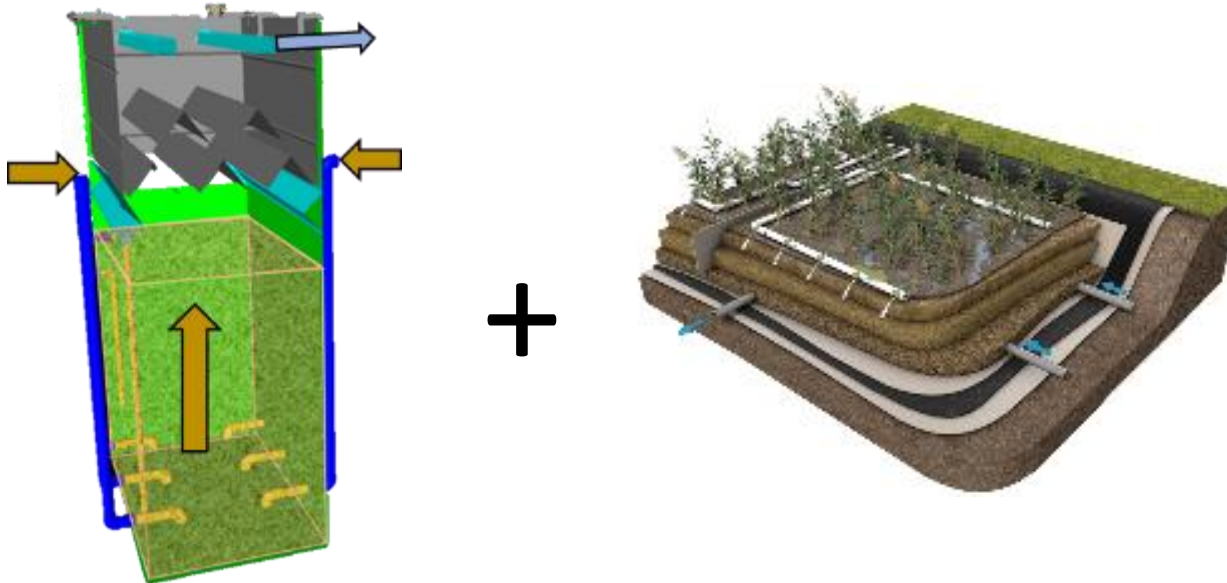
PUSH

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none">• Sistema patentado por Aqualia mediante pulsos• Funciona con elevados cambios de temperatura invierno-verano• Funciona con picos de caudal sin pérdida de biomasa. (tanque Imhoff)• Elevados rendimientos eliminación: DQO >75%• Recuperación de energía: 0.35 m³ CH₄/kg DQO eliminada	<ul style="list-style-type: none">• Altura sistema PUSH, necesidad de bombeo u obra civil enterrado con profundidad (~5 m)• Gestión fangos anaerobios

BASADAS EN HUMEDALES SUBSUPERFICIALES

PUSH + Humedal 2ª etapa tipo francés

Sustitución de la 1ª etapa tipo francés por un pretratamiento anaerobio avanzado en reactor UASB (PUSH):



VENTAJAS

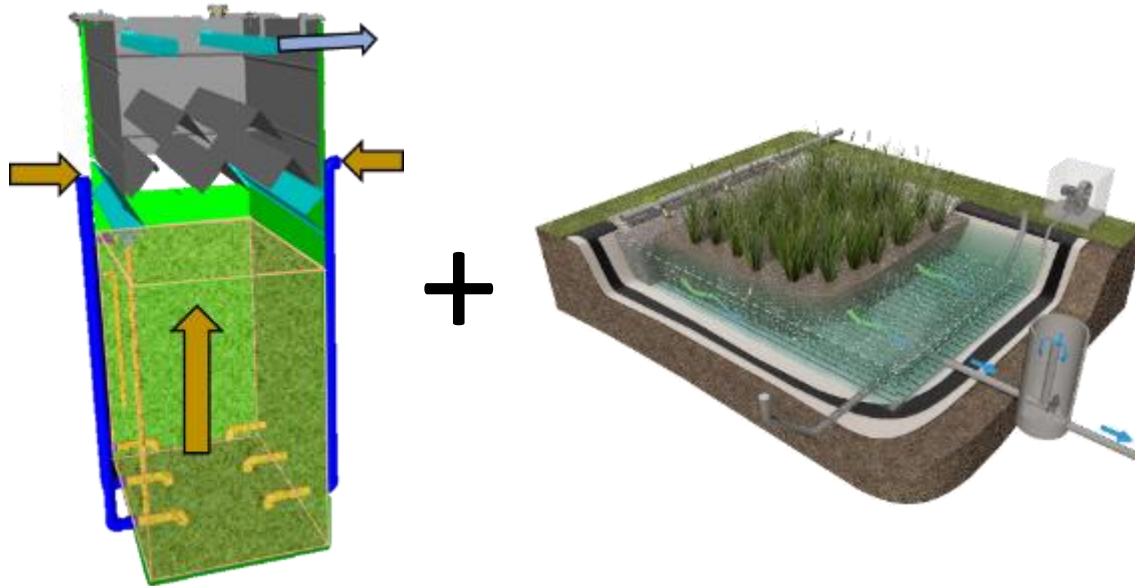
- Reducción de superficie respecto a Sistema Francés.
- Alimentación directa con pulsos PUSH al humedal sin bombeo intermedio
- Gestión fangos anaerobios (envío a humedal)

INCONVENIENTES

- Altura sistema PUSH, necesidad de bombeo previo

BASADAS EN HUMEDALES SUBSUPERFICIALES

PUSH + Humedal horizontal aireado



VENTAJAS

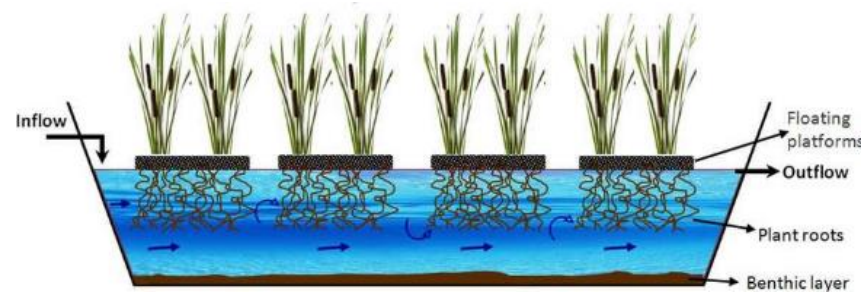
- Reducción de superficie respecto a Sistema Francés
- Aumento de rendimientos de depuración ($N_t < 20$ mg/l) y reducción de patógenos 4 log E coli (reutilización de agua)
- Adaptación a cambios de carga mediante sensor O₂ y control aireación
- Gestión fangos anaerobios (humedal de fangos)

INCONVENIENTES

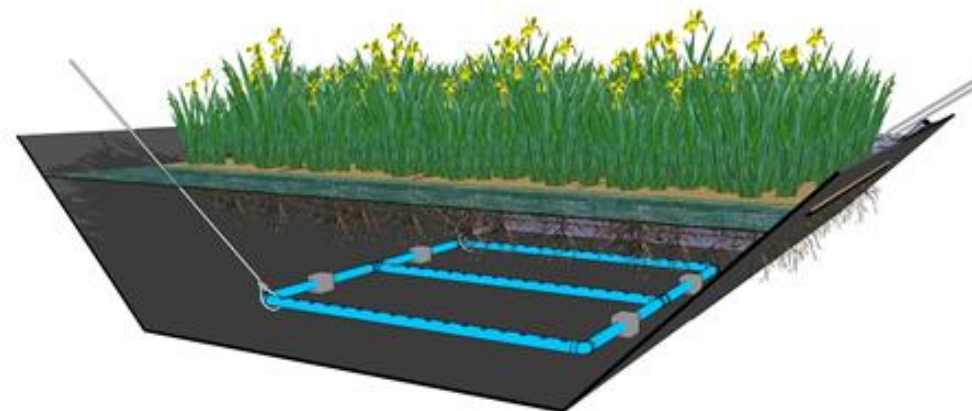
- Altura sistema PUSH, necesidad de bombeo previo.
- Consumo energético $\sim 0.15-0.2$ kWh/m³
- Mantenimiento de elementos mecánicos (soplante)
- Posible atascamiento flujo horizontal y sistema de aireación

BASADAS EN HUMEDALES SUPERFICIALES

HUMEDAL HELÓFITAS EN FLOTACIÓN FLUJO SUPERFICIAL



HUMEDAL FLOTANTE CON AIREACIÓN FORZADA



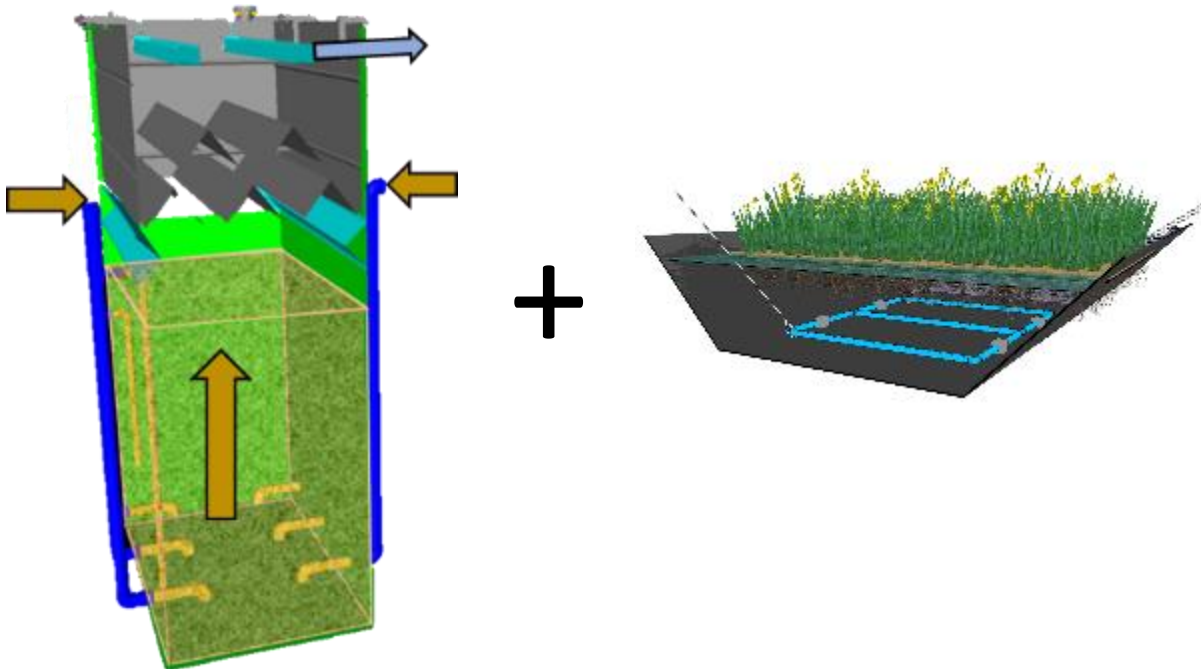
BASADAS EN HUMEDALES SUPERFICIALES



QuarQ Enterprise

BASADAS EN HUMEDALES SUPERFICIALES

PUSH + helófitas en flotación convencional / aireado



VENTAJAS

- DISEÑO OPTIMIZADO** para resolver problemas históricos de plantas instaladas:
- Reducción carga entrada: Mejora en pretratamiento (PUSH)
 - Mejoras hidráulicas:
 - Deflectores verticales para evitar caminos preferenciales
 - Elevado ratio L/W para favorecer flujo pistón y las labores de poda y mantenimiento
 - Aireación con difusores extraíbles para mejora de rendimientos (eliminación de N).
 - Adaptación a cambios de carga mediante sensor O₂ y control aireación
 - No hay relleno de arena (costes/transporte)
 - Gestión fangos (integrada en humedal)

INCONVENIENTES

- Diseños defectuosos previos han generado desconfianza en el sistema
- Superficie elevada, 2- 3 m²/he
- Altura sistema PUSH, necesidad de bombeo previo.
- Consumo energético ~ 0,2-0,3 kWh/m³ (con aireación)
- Mantenimiento de elementos mecánicos (soplante).

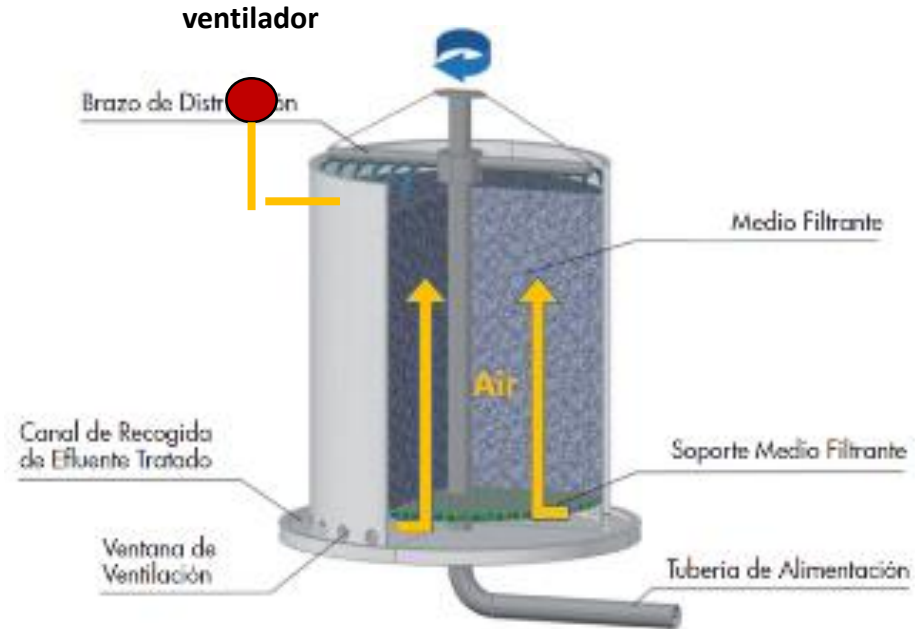
HIBRIDAS INTENSIVOS - EXTENSIVOS

BIOPELICULA: BIODISCOS



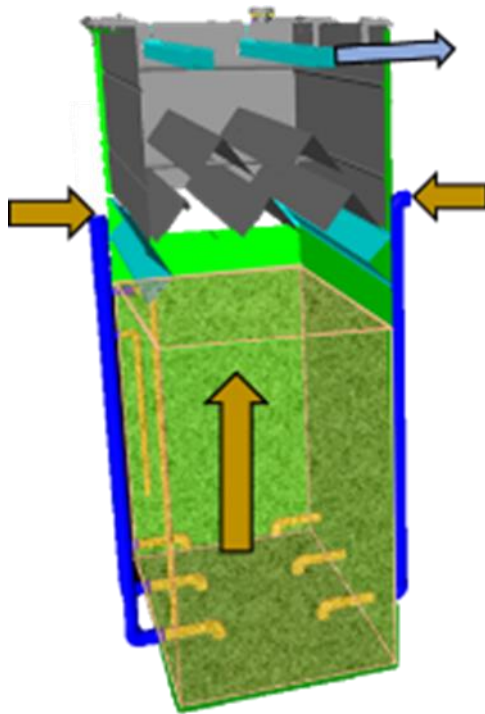
HIBRIDAS INTENSIVOS - EXTENSIVOS

BIOPELICULA: BIODISCOS



HIBRIDAS INTENSIVOS - EXTENSIVOS

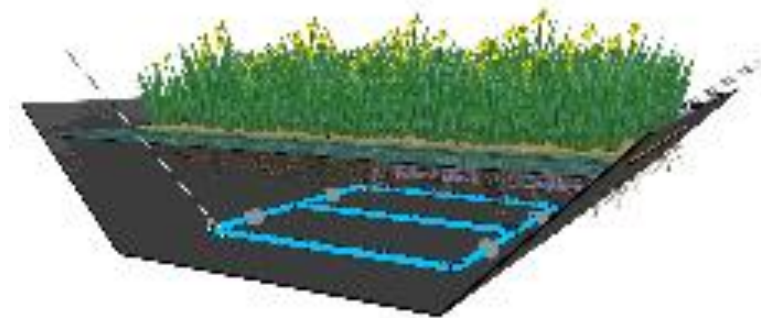
PUSH + Biodisco + Helófitas en flotación



+



+



VENTAJAS

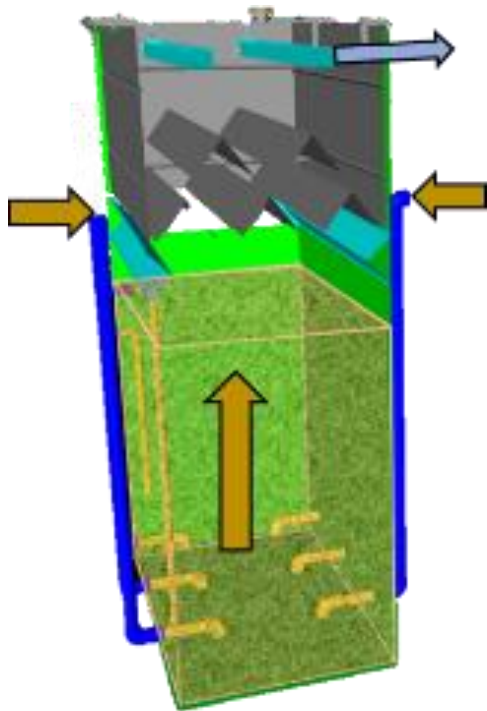
- Biodisco: Tecnología contrastada en pequeñas poblaciones, mejorada con pretratamiento, recirculación y humedal de afino
- No decantación secundaria. Gestion de fangos integrada en el humedal.
- Superficie ocupada < 1 m²/he (helófitas sólo decantación y afino).

INCONVENIENTES

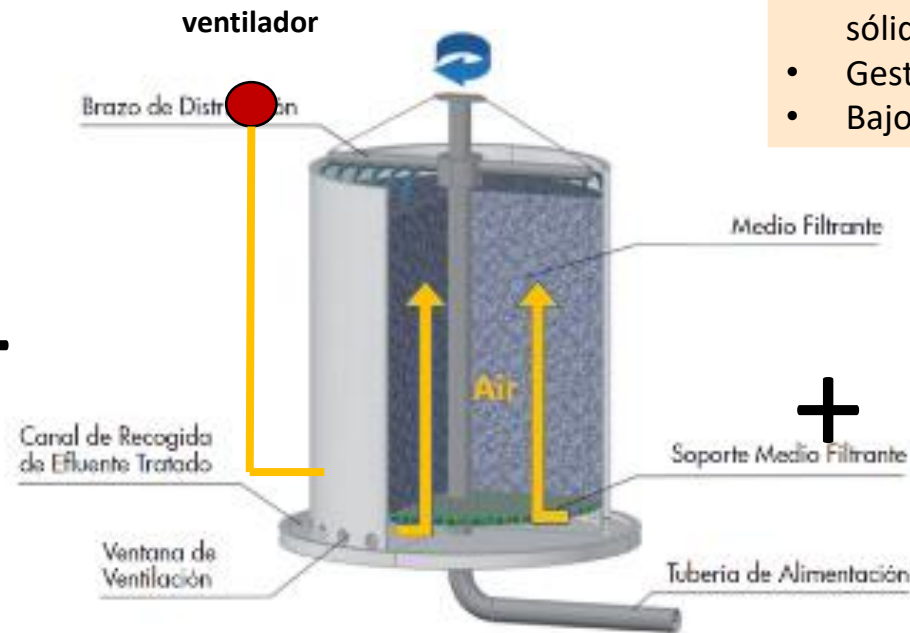
- Diseños defectuosos previos han generado desconfianza en el sistema
- Desnitrificación necesita de elementos adicionales.
- Mantenimiento de elementos mecánicos

HIBRIDAS INTENSIVOS - EXTENSIVOS

Filtro percolador/biodisco + humedal clarificador



+



+



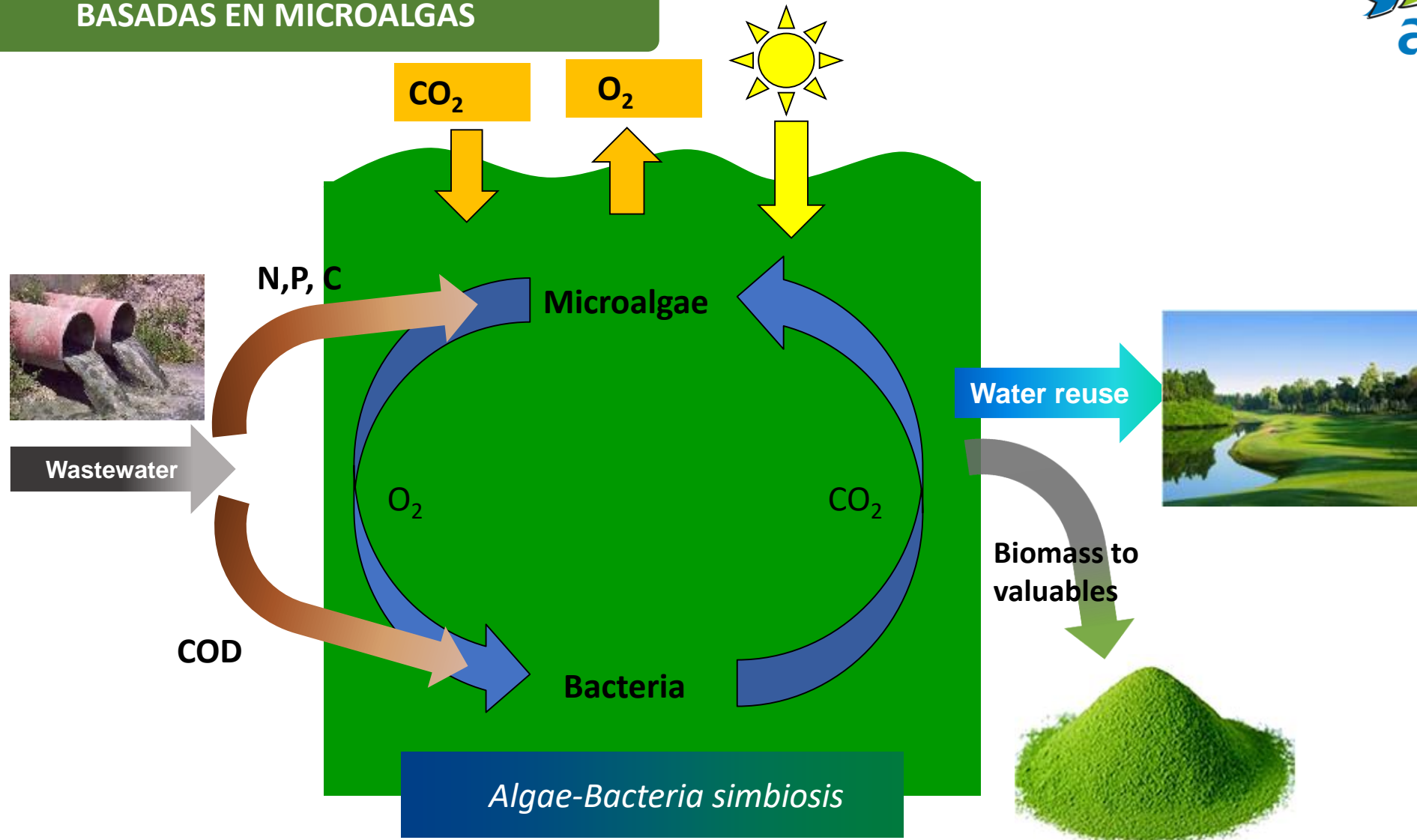
VENTAJAS

- Superficie ocupada 0.5 m²/he. Humedal 0,2-0,3 m²/he
- Tecnología contrastada y mejorada (ventilador)
- Filtro percolador sigue funcionando en ausencia de gradientes térmicos gracias a la aireación forzada
- Eliminación de decantador secundario: Humedal clarificador elevada eliminación de sólidos, DQO y nitrificación
- Gestión integrada de fangos en el humedal
- Bajo consumo energético: 0,15-0,2 kWh/m³

INCONVENIENTES

- Necesidad de pretratamiento tamizado/ PUSH bajo estudio.
- Necesario bombeo a filtro percolador/ recirculación

BASADAS EN MICROALGAS



BASADAS EN MICROALGAS

Lagunas de microalgas (HRAPs) + humedal clarificador

Aqualia cuenta con varias referencias de plantas demostrativas basadas en microalgas en España:

- Chiclana de la Fra. (ALL-GAS) = 4 x 5000 m²: 10.000 he
- EDAR Mérida (Sabana): 20.000 m²: 10.000 he
- EDAR Agramón (Hellín): 10.000 m² : 5000 he
- EDAR El Toyo (Almería): 3.000 m² : 1500 he

TOTAL
> 5 ha
26,500 HE



BASADAS EN MICROALGAS

Lagunas de microalgas (HRAPs) + humedal clarificador

Prior art

HRAP+FLOTATION



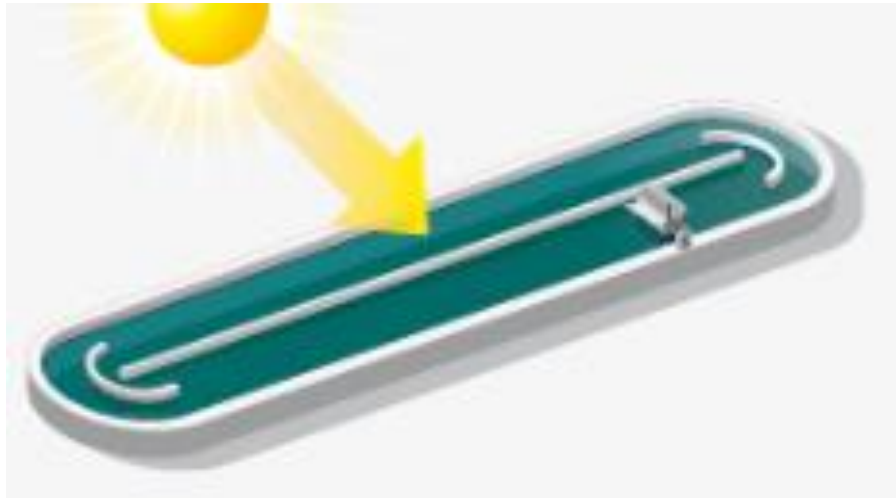
Beyond state of the art

HRAP+CSD Reed beds

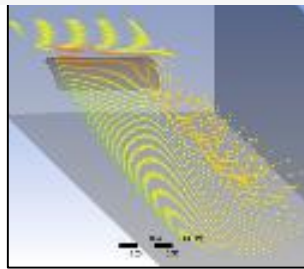
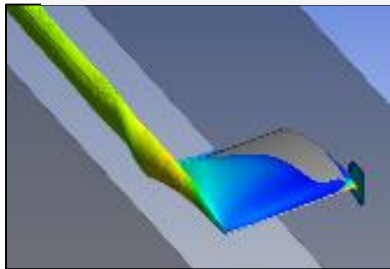


BASADAS EN MICROALGAS

Lagunas de microalgas (HRAPs) + humedal clarificador



+



Deflectores en uno de los reactores para mejorar la actividad fotosintética y la mezcla, favoreciendo la producción de oxígeno en climas fríos

BASADAS EN MICROALGAS

Lagunas de microalgas (HRAPs) + humedal clarificador

VENTAJAS

- Referencias Aqualia depuradoras de hasta 10.000 he (20.000 m²)
- Bajo consumo energía= 0,1-0,15 kWh/m³ (paddle Wheel)
- Funcionamiento con agua bruta tamizada
- Funcionamiento por gravedad si desnivel.
- Sistema de álabes para favorecer la actividad en invierno.
- Elevados rendimientos de depuración
- Gestión integrada de fangos en el humedal clarificador.

INCONVENIENTES

- Elevada superficie ocupada
HRAP+HC= (2 m²/he+0,5 m²/he)

INTENSIVOS INOVADORES

Reactor aerobio granular



AGS	
CAUDAL DIARIO m3/d	18,75
NUMERO DE TUBERIAS ALIMENTA	1
NUMERO DE PULSOS/día	4
MAX PULSOS/HORA	1
VOLUMEN PULSO m3	4,7
CAUDAL PULSO m3/h	9,4
DURACIÓN PULSO min	30,0
MAX CAUDAL HORARIO m3/h	4,7

En la tabla siguiente se puede observar la secuencia de las fases que incluye cada ciclo:

- (a) alimentación anóxica.
- (b) alimentación aerobia.
- (c) reacción aerobia.
- (d) reacción anóxica.
- (e) decantación.
- (f) vaciado.
- (g) inicialización.

AG(25)	a	b	c	d	e	f	g	
Alimentación								
Agitación								
Aireación								
Decantación								
Vaciado								
Inicialización								
Total								

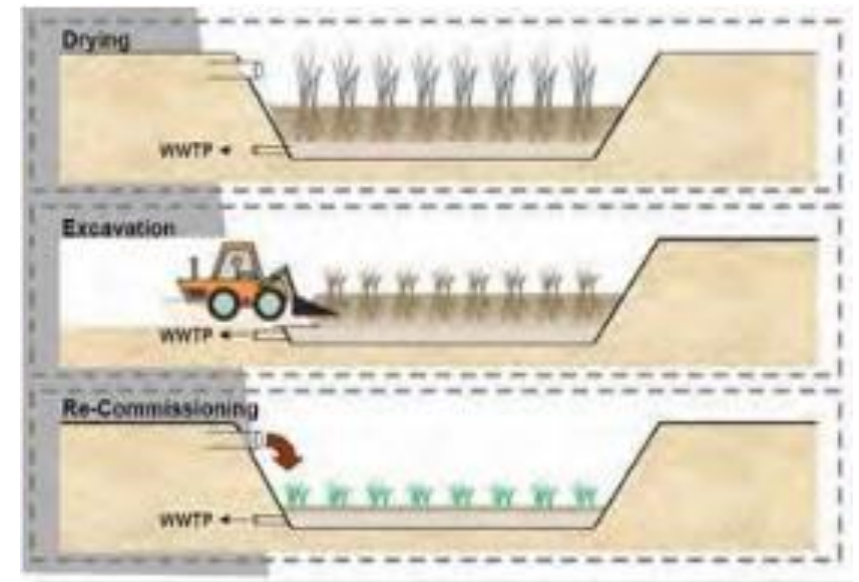
INTENSIVOS INOVADORES

Reactor aerobio granular

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none">• Flexibilidad: Adaptación a cambios de vertido mediante modificación de tiempos anaerobio/anóxico/aerobio/decantación.• Posibilidad de eliminación de N y P.• Simplicidad: Todos los procesos en un solo tanque.• Excelente clarificación con elevada velocidad de decantación (gránulos)• Sistema intensivo con muy baja superficie < 0.1 m²/he	<ul style="list-style-type: none">• Sistema Intensivo/Consumo energético: 0,4-0,5 kWh/m³• Mantenimiento elementos mecánicos (bombas, soplantes, difusores, decanter, válvulas).• Gestión de fangos (humedal asociado)

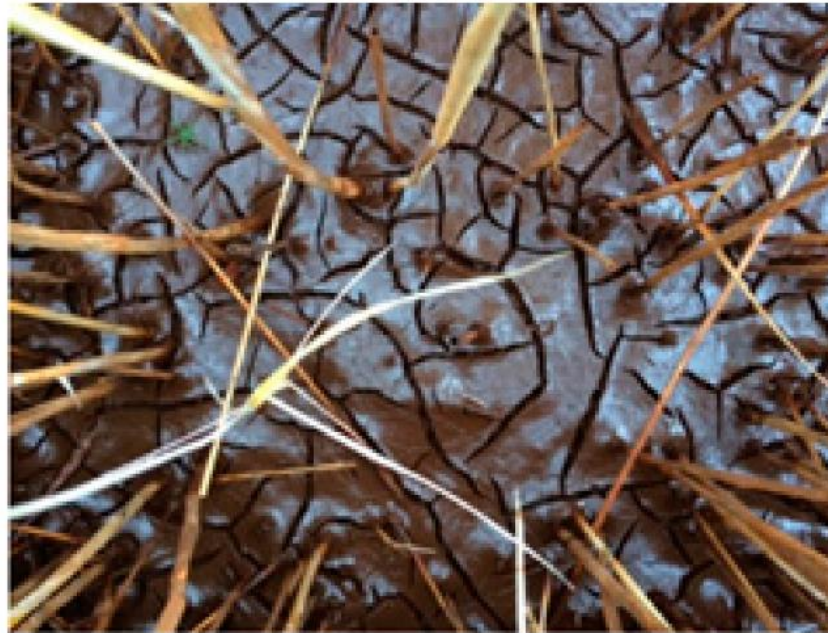
TRATAMIENTO DE FANGOS

Humedales de fango



TRATAMIENTO DE FANGOS

Humedales de fango



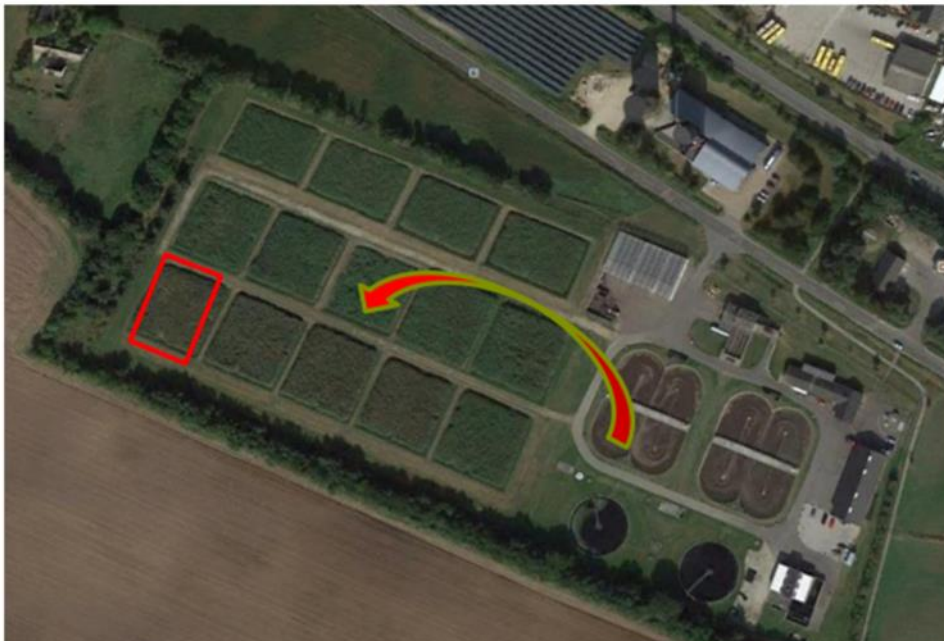
1 día después de la carga



Antes de la nueva carga

TRATAMIENTO DE FANGOS

Humedales de fango



Helsingør Sludge Treatment Reed Bed Systems (STRB) – Denmark (1996 – 2017)

42.000 population equivalent

Area 10.000 m². 0,23 m²/he- OL= 60 kg/m²/año



290,000 population equivalent

TRATAMIENTO DE FANGOS

Humedales de fango

Sludge Treatment Reed Bed under different climates: a review using meta-analysis

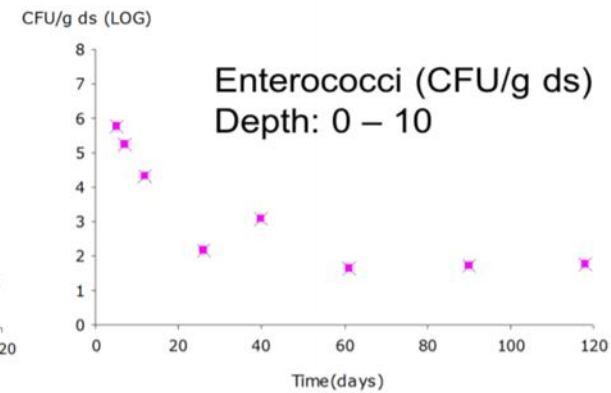
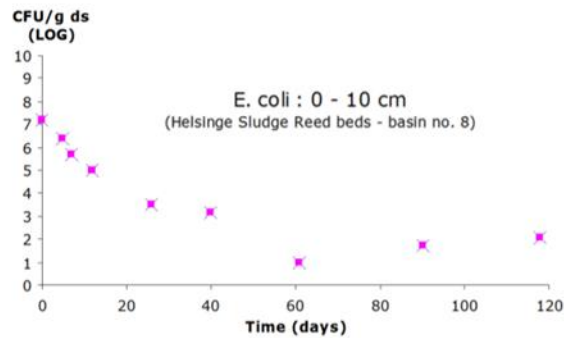
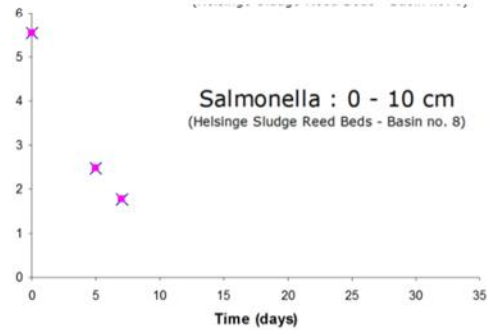
Authors: Amir Gholipour^{a*}, Rita Fragoso^b, Elizabeth Duarte^c, Ana Galvão^d

Parameters	Climate				
	Temperate	Mediterranean	Tropical	Arid	Polar
SLR (Kg.DM.m ⁻² .year ⁻¹)	50	70	101	80	30
DS (%)	30	35	40	45	30
VS/DS (%)	53	55	42	40	N.A

TRATAMIENTO DE FANGOS

Humedales de fango

Reduction of pathogenic micro-organisms



TRATAMIENTO DE FANGOS

Humedales de fango



TRATAMIENTO DE FANGOS

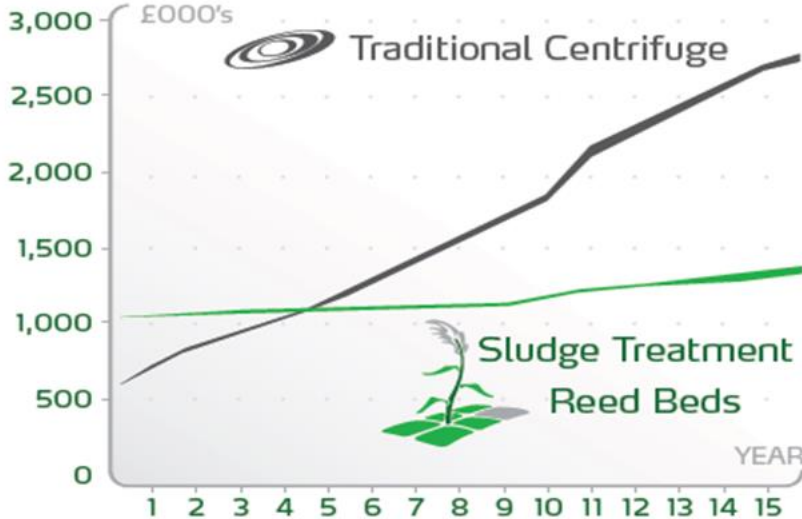
Humedales de fango

COMPARATIVA CON CENTRIFUGA

Criterion	STRB	Mechanical Systems
Land area demand	High	Low
Investment cost	Moderate/high	Moderate
Operation and maintenance cost	Low	High
Power input demand	Minimum	High
Use of chemicals, e.g., polymers	No	Typically required
Quality of final biosolids	High	Low
Life expectancy of main components (re-investment interval)	20–30 years	5–10 years
Need for skilled operators	No	Yes
Nuisance (mosquitos and odour)	No/minimum	Moderate/high
Downtime due to, for example, failure or repair	None	To be expected/frequent
Climate change impact	Positive (carbon sink)	Negative
Aesthetic appeal	High	Low
Biodiversity enhancement	Yes	No
Corporate social responsibility value	High	Low

Comparison for 50,000 Population

Accumulated Yearly Net Present Value



79

22

CO₂

Tonnes / Year

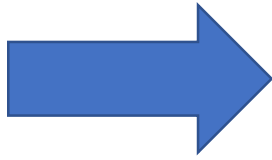
TRATAMIENTO DE FANGOS

Humedales de fango

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none">✓ Numerosas instalaciones en Francia, Dinamarca, Alemania, Inglaterra✓ Elevados rendimientos incluso con adversas condiciones climáticas (invierno/heladas)✓ Sin uso de reactivos químicos para la deshidratación (polielectrolitos)✓ Muy bajo consumo energético (sólo bombeo). Posibilidad de uso de energías renovables✓ Proceso aerobio. Ausencia de olores✓ Gestión de fangos cada 10-15 años✓ Buena eliminación de patógenos en el fango✓ Fango mineralizado con sequedad del 30-40%✓ Reúso final del fango como abono agrícola.	<ul style="list-style-type: none">✓ Superficie ocupada para fangos en exceso de aireación prolongada: 0,2-0,4 m²/he✓ Normalmente más de 4 unidades en paralelo para facilitar períodos de descanso

Recuperación de nutrientes y reúso del agua

Agua
tratada



Recuperación de fósforo en
material adsorbente

BIOFERTILIZANTE



Electrocloración mediante
energía solar y
regeneración del agua
tratada para su reúso



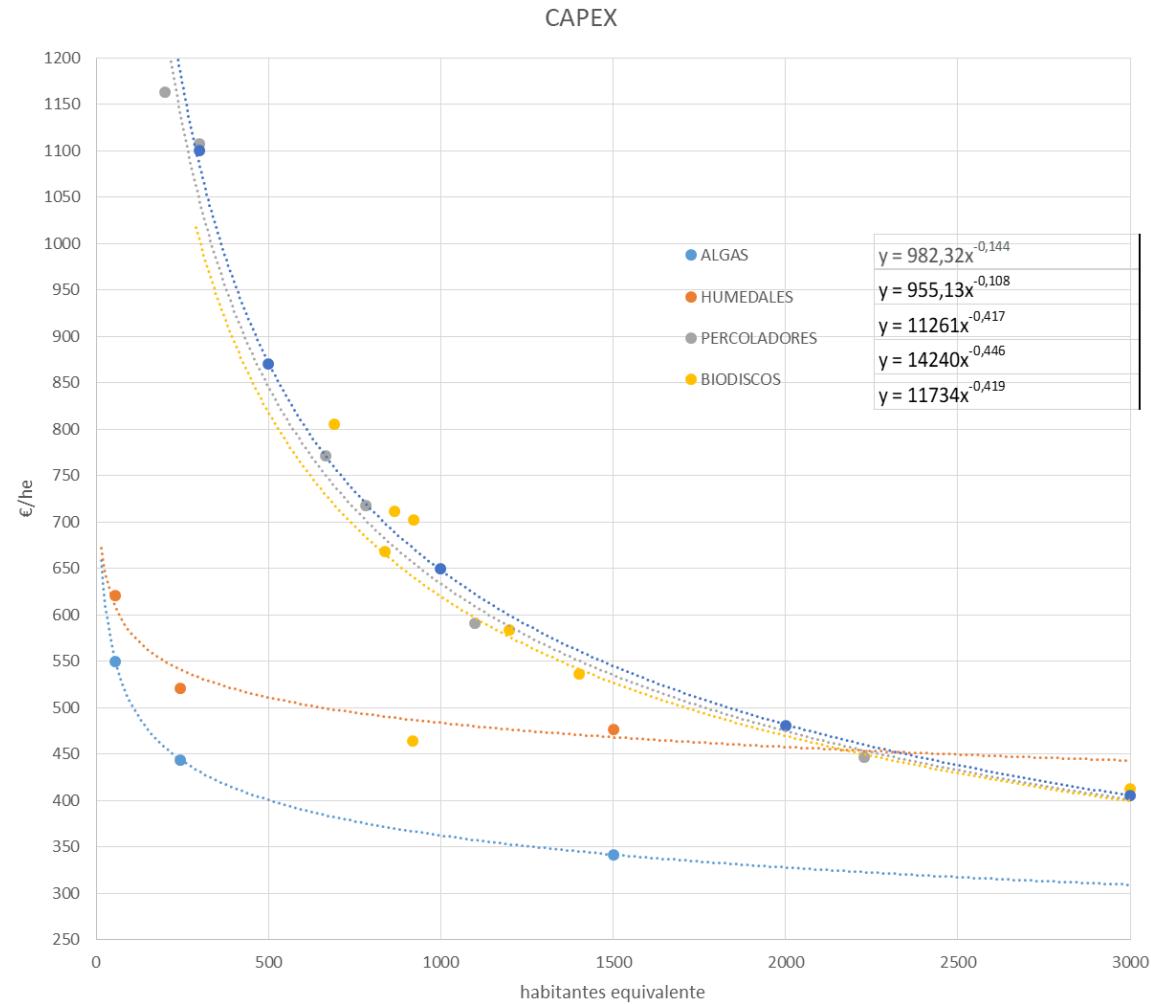
Reúso del agua en
praderas y talud con
riego inteligente

SELECCIÓN DE LA MEJOR LINEA DE TRATAMIENTO

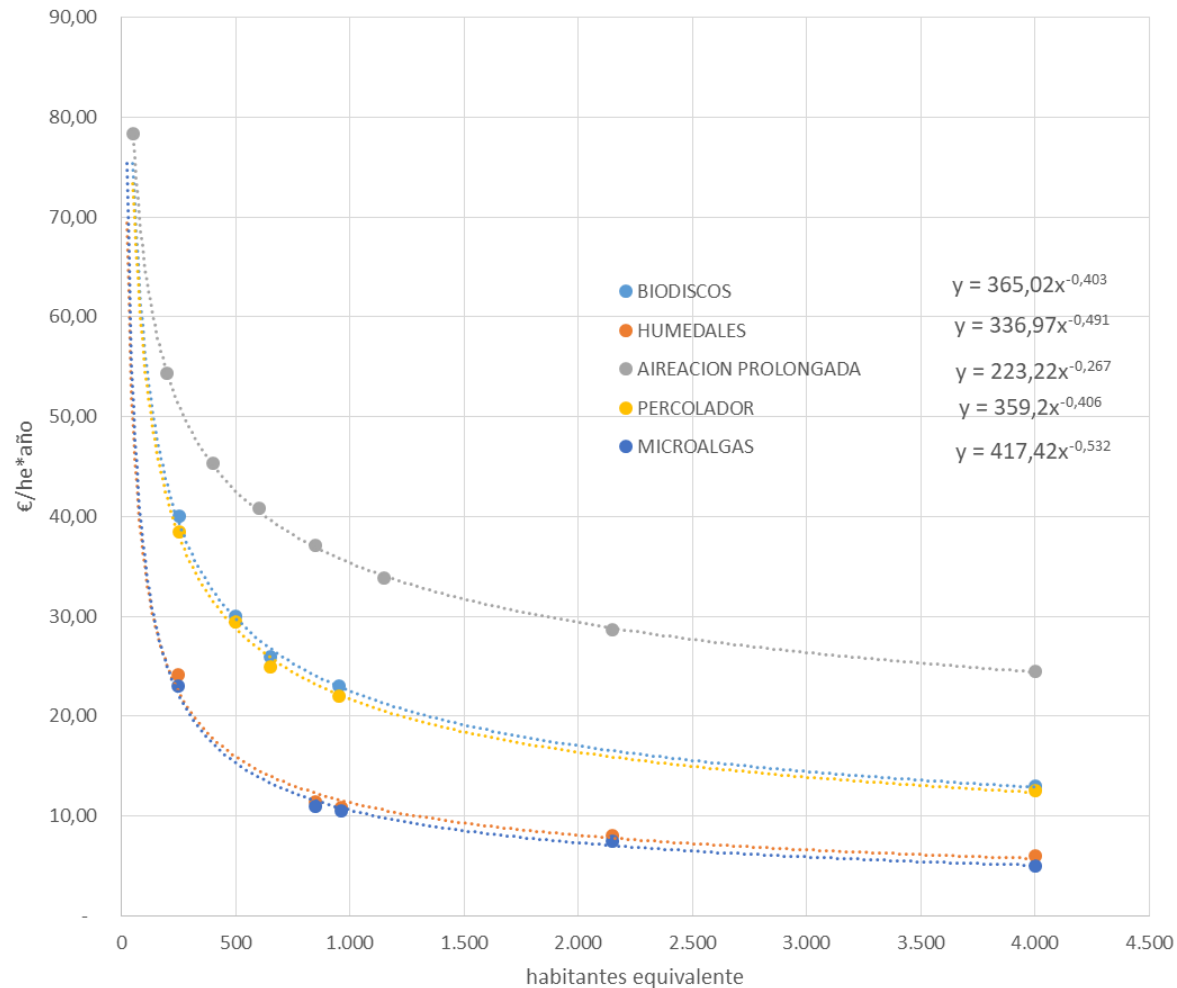
Criterios de diseño: Superficie ocupada

TECNOLOGÍA	2000	500he
AIREACIÓN PROLONGADA	0,2	0,4m ² /he
BIODISCOS	0,3	0,7m ² /he
PERCOLADOR	0,3	0,7m ² /he
HUMEDAL	3	4m ² /he
MICROALGAS	3,5	4,5m ² /he

SELECCIÓN DE LA MEJOR LINEA DE TRATAMIENTO



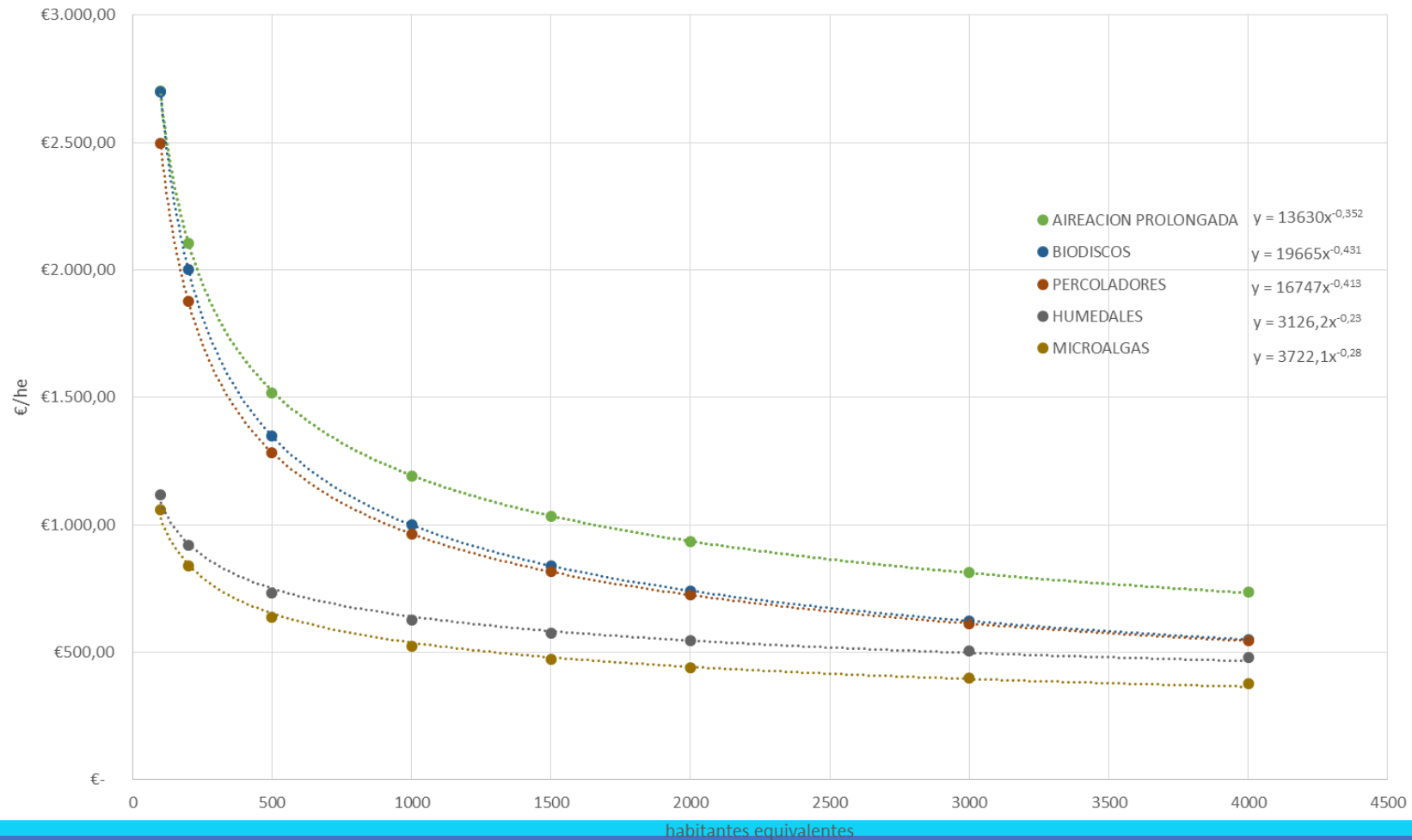
SELECCIÓN DE LA MEJOR LINEA DE TRATAMIENTO



COSTES VARIABLES. SAN ROMAN. 2300 he. AIREACIÓN PROLON.	
RETIRADA RESIDUOS PRETRATAMIENTO	1.121,01 €
RETIRADA FANGOS	6.527,32 €
GASTOS DE REACTIVOS	1.631,83 €
ENERGIA ELECTRICA	18.685,08 €
TOTAL COSTES VARIABLES	27.965,24 €
RESUMEN COSTES FIJOS	
PERSONAL	30.500,00 €
ADMINISTRACIÓN Y VARIOS	1.505,00 €
MANTENIMIENTO	5.500,00 €
TÉRMINO DE POTENCIA	891,58 €
TOTAL COSTES FIJOS	38.396,58 €
TOTAL COSTES (€/año)	66.361,82 €
TOTAL COSTES (€/he*año)	28,0
TOTAL COSTES (€/m3)	0,38

SELECCIÓN DE LA MEJOR LINEA DE TRATAMIENTO

VALOR NETO ACTUAL 20 años 3% interés



SELECCIÓN DE LA MEJOR LINEA DE TRATAMIENTO

- Las 16 tecnologías que disponemos en la planta INTEXT se pueden combinar de muchas formas
- Habrá una combinación óptima para cada caso real concreto, en función de varios criterios como:
 1. Superficie disponible
 2. Caudal de entrada
 3. Carga contaminante
 4. Variaciones de caudal y carga
 5. Climatología
 6. CAPEX vs OPEX
 7. Reúso del agua
 8. Límites de vertido (N, P en zona sensible)
 9. Recuperación y producción de energía (biogás)
 10. ...

SISTEMA DE
SOPORTE DE
DECISIONES

**Gracias por vuestra
atención.**



II Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO