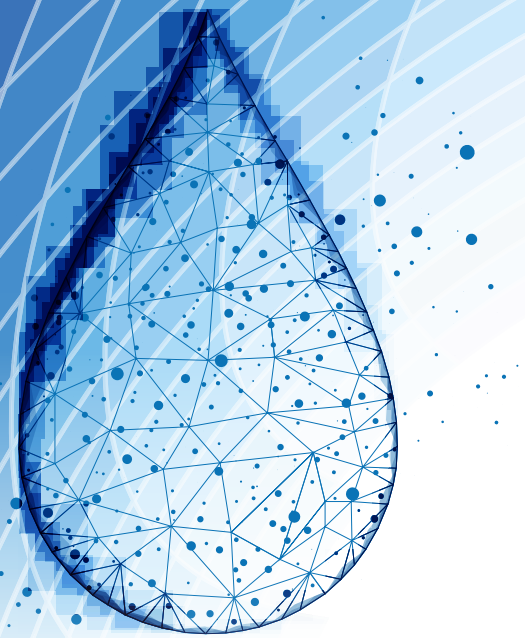


I Jornada sobre

Tecnología e Innovación en Saneamiento y Depuración

CONTAMINANTES EMERGENTES

Patrocinado por:

OVIEDO.es AYUNTAMIENTO

Consorcio de Aguas

Gobierno del Principado de Asturias

Índice - Contaminantes emergentes

Detección y tratamiento de contaminantes emergentes, bacterias y genes resistentes a antibióticos y ensayos de toxicidad ambiental y humana en aguas de abastecimiento de Bizkaia
Javier Arrieta Morales

Eliminación de microplásticos presentes en aguas residuales y lodos de EDAR
Silvia Doñate

Proyecto CovRed. Análisis del Sars-Cov-2 en el agua residual
Pedro Menéndez Rodríguez

La adsorción para la eliminación de contaminantes en aguas
Miguel Montes

Evolución de la digestión anaerobia convencional hacia nuevos conceptos mixtos de tratamiento: Digestión anaerobia en doble fase de temperatura, hidrólisis térmica y ozonización. De la I+D a escala real
Elena Zuriaga Agustí

Sistemas de saneamiento unitario en medios costeros con elevados objetivos de protección ambiental: Una realidad en la ría de Ferrol
José Piñeiro Aneiros

Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones: Humedales Bioelectrogénicos y Filtros
Eloy García Calvo

"LIFE INTEXT". Tecnologías Innovadoras Híbridas Intensivas-Extensivas para la recuperación de recursos de las aguas residuales de las pequeñas poblaciones
Dr. Zouhayr Arbib

I Jornada sobre

Tecnología e Innovación en Saneamiento y Depuración

Oviedo, 6-7 de junio 2022

PONENCIA

CONTAMINANTES EMERGENTES.SISTEMAS DE TRATAMIENTO ALTERNATIVOS E INNOVADORES

Detección Y Tratamiento De Contaminantes Emergentes, Bacterias Y Genes Resistentes A Antibióticos Y Ensayos De Toxicidad Ambiental Y Humana En Aguas De Abastecimiento De Bizkaia

Javier Arrieta Morales. Jefe I+D+i. Cadagua, SA

Patrocinado por:

OVIEDO

Consorcio de Aguas

Gobierno del Principado de Asturias

Bilbao Bizkaia Ur Partzuergoa
Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia

aiker

cadagua

OBJETIVOS DEL PROYECTO

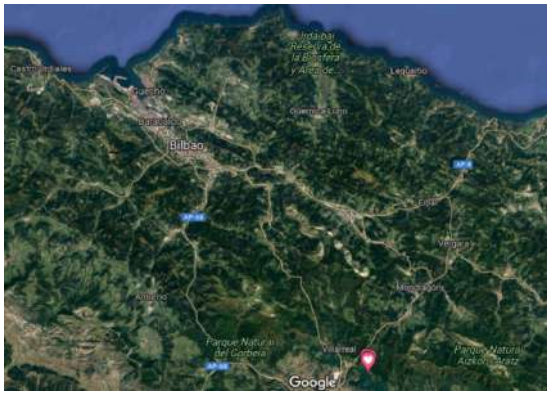
Bilbao Bizkaia Ur Partzuergoa
Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea

Gaiker — MEMBER OF BASQUE RESEARCH & TECHNOLOGY ALLIANCE

cadagua

emerGEN



1. **Conocer el estado** actual de los recursos hídricos para Captación de Agua Potable en relación a los Contaminantes Emergentes (C.E)

2. **Evaluación del Rendimiento** de Eliminación de C.E y Bacterias Resistentes a Antibióticos (BRA) de una EDAR, y su efecto en el medio receptor

3. **Determinar la Toxicidad** sobre el Medio Ambiente y la Salud Humana de la presencia de C.E

4. **Evaluar los Tratamientos** más adecuados para la Eliminación/Reducción de los C.E detectados

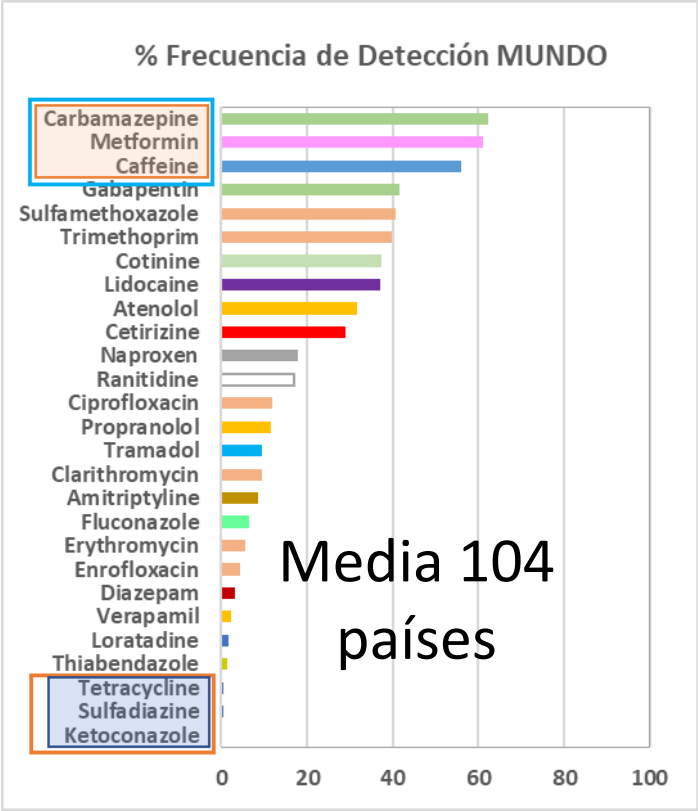
PRESENCIA DE CONTAMINANTES EN RECURSOS HÍDRICOS

emerGEN

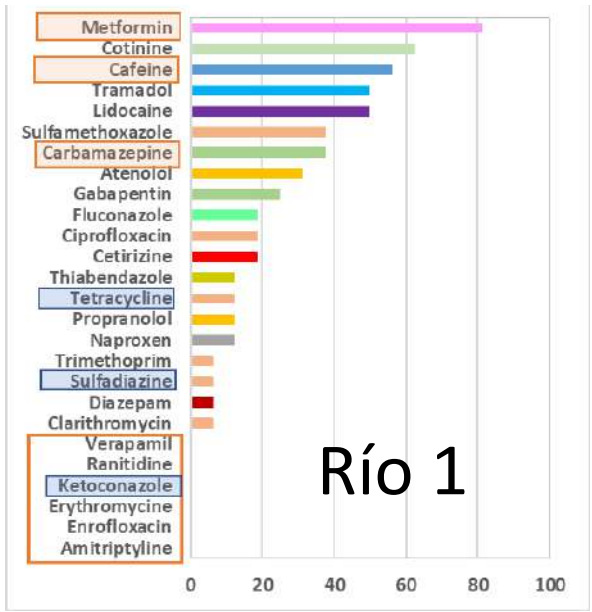
PNAS The Proceedings of the National Academy of Sciences

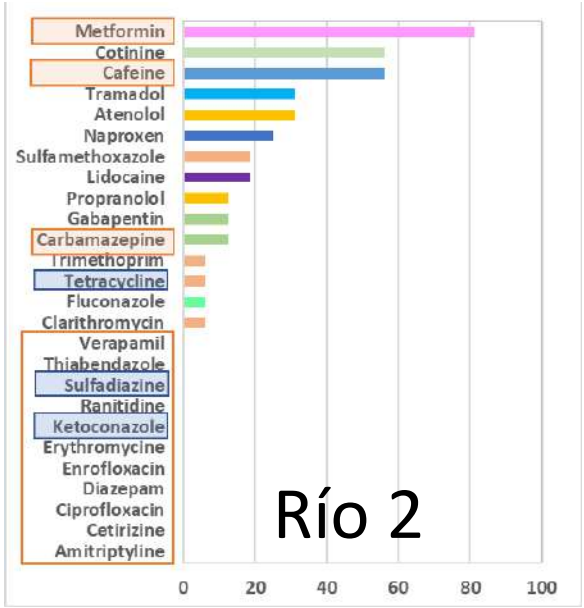
Pharmaceutical pollution of the world's rivers

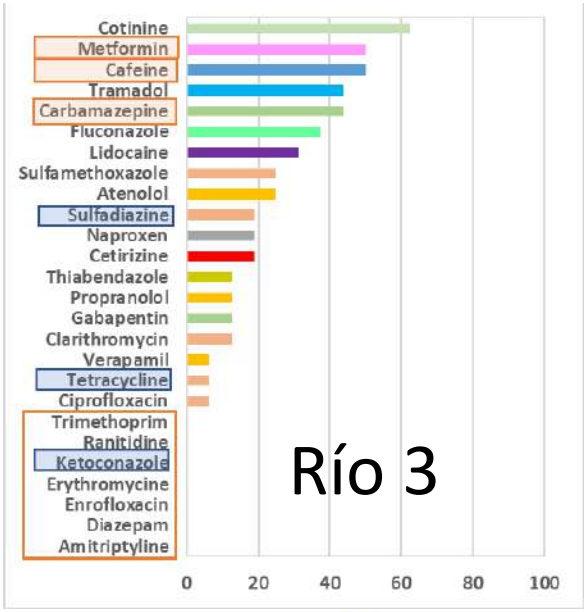
- Estudio de la presencia de "Active Pharmaceutical Ingredients" en 258 ríos de 104 países. Se realizaron 137 campañas de muestreo en 1.052 localizaciones distintas.
- Analizamos 27 de las 54 sustancias estudiadas en el artículo



FRECUENCIA DE DETECCIÓN







* https://doi.org/10.1073/pnas.2113947119

Bilbao Bizkaia Ur Partzuergoa
Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia

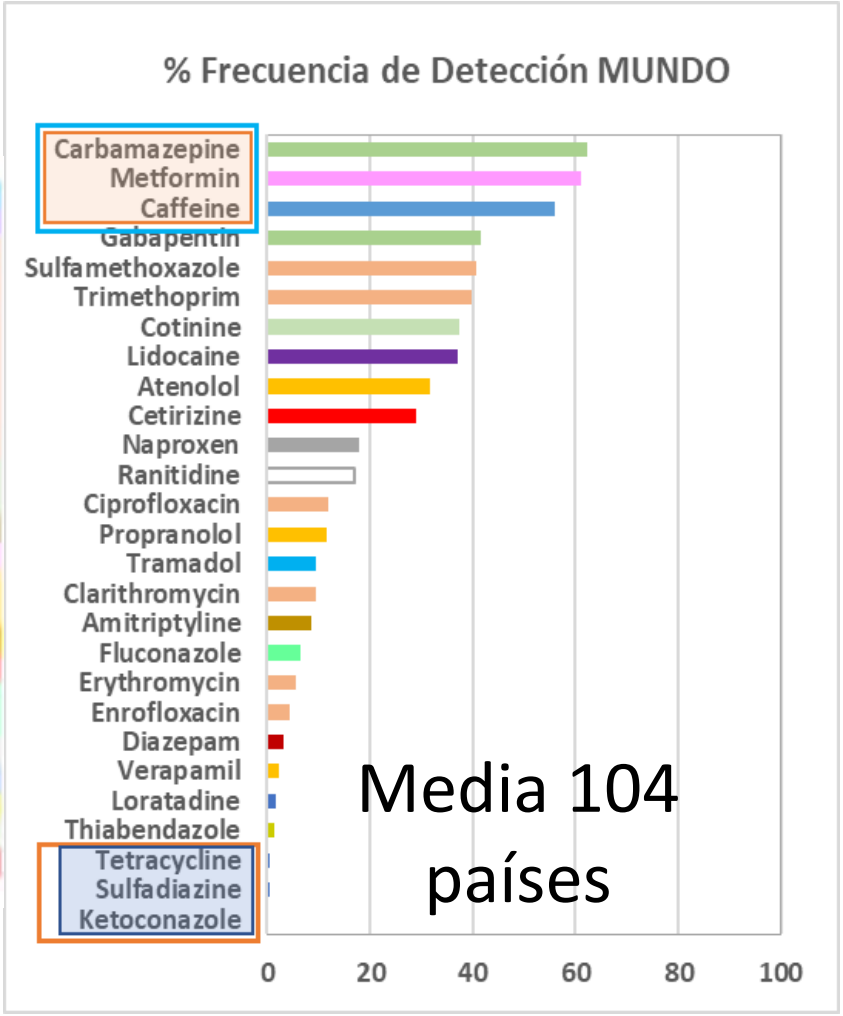
Gaiker

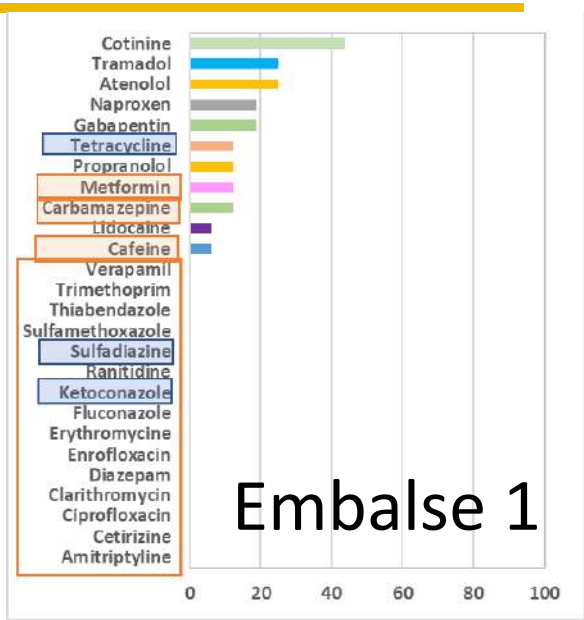
cadagua

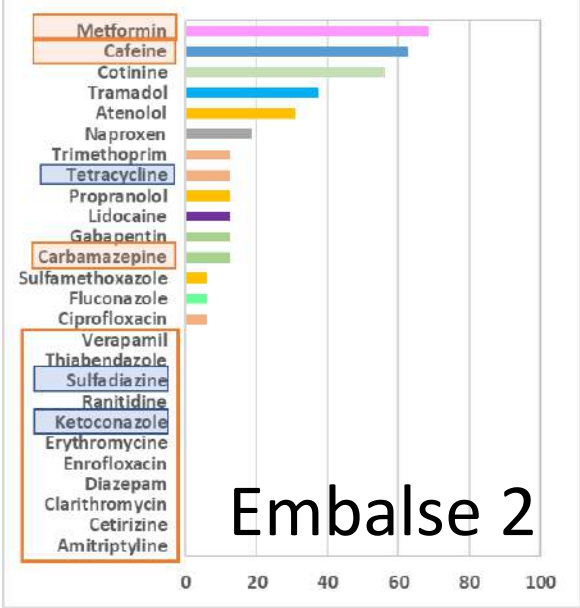
PRESENCIA DE CONTAMINANTES EN RECURSOS HÍDRICOS

emerGEN

Sustancia	Naturaleza
Tramadol	Analgésico Opioide
Lidocaine	Anestésico
Sulfamethoxazole	Antibiótico
Trimethoprim	Antibiótico
Ciprofloxacin	Antibiótico Fluoroquinolona
Erythromycine	Antibiótico Macrólido
Clarithromycin	Antibiótico Macrólido
Sulfadiazine	Antibiótico Sulfamida
Tetracycline	Antibiótico Tetraciclina
Enrofloxacin	Antibiótico Veterinario
Gabapentin	Anticonvulsionantes
Carbamazepine	Anticonvulsionantes
Amitriptyline	Antidepresivo
Metformin	Antidiabético
Verapamil	Antihipertensivo
Propranolol	Antihipertensivo
Atenolol	Antihipertensivo
Cotinine	Antitabaquístico
Ketoconazole	Antimicótico Azólico
Fluconazole	Antimicótico Azólico
Naproxen	Antinflamatorio
Cafeine	Estimulante
Thiabendazole	Fungicida
Cotinine	Metabolito Nicotina
Diazepam	Tranquilizante
Ranitidine	Tratamiento Úlcera







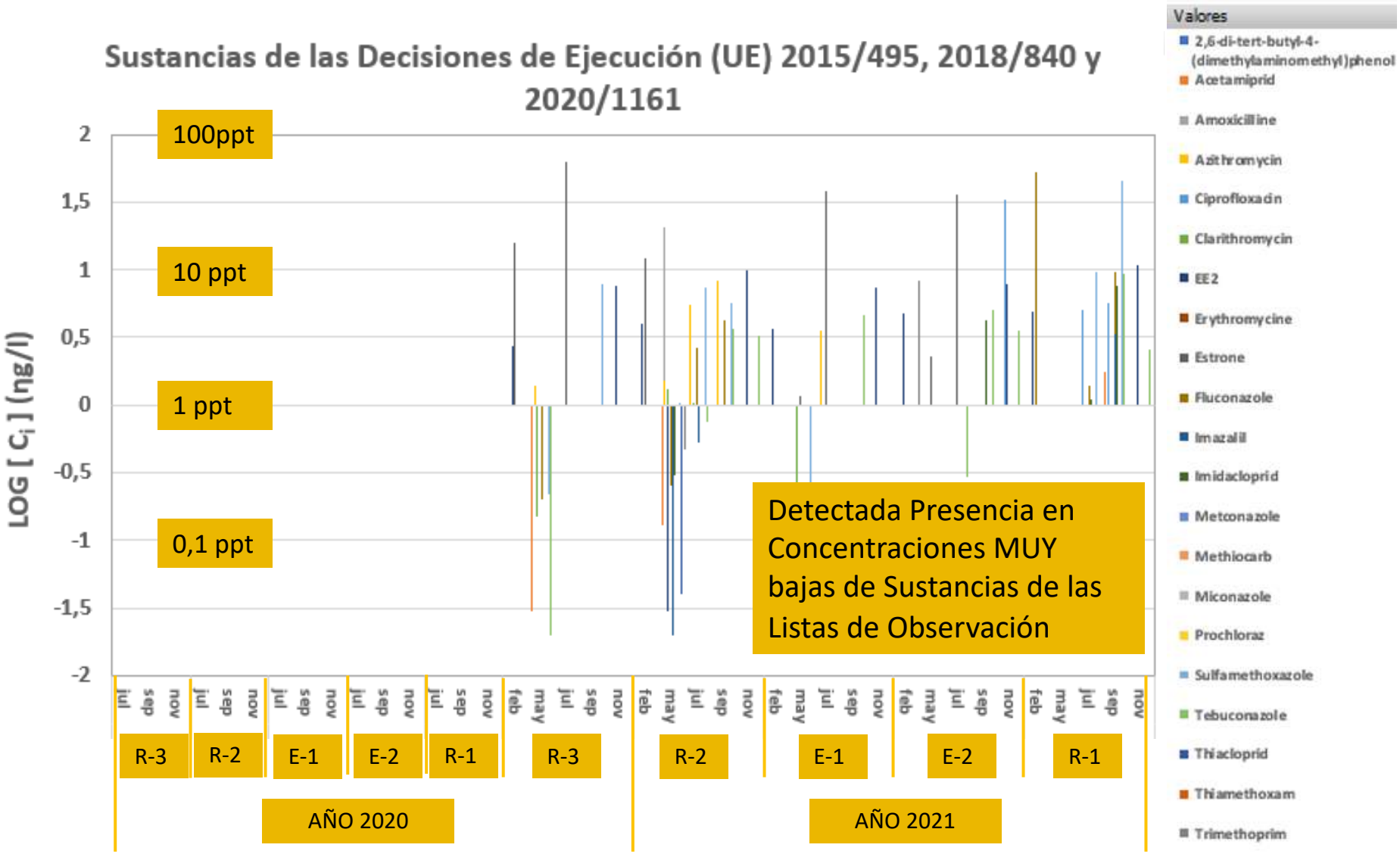
Bilbao Bizkaia Ur Partzuergoa
Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia

Gaiker

cadagua

emerGEN

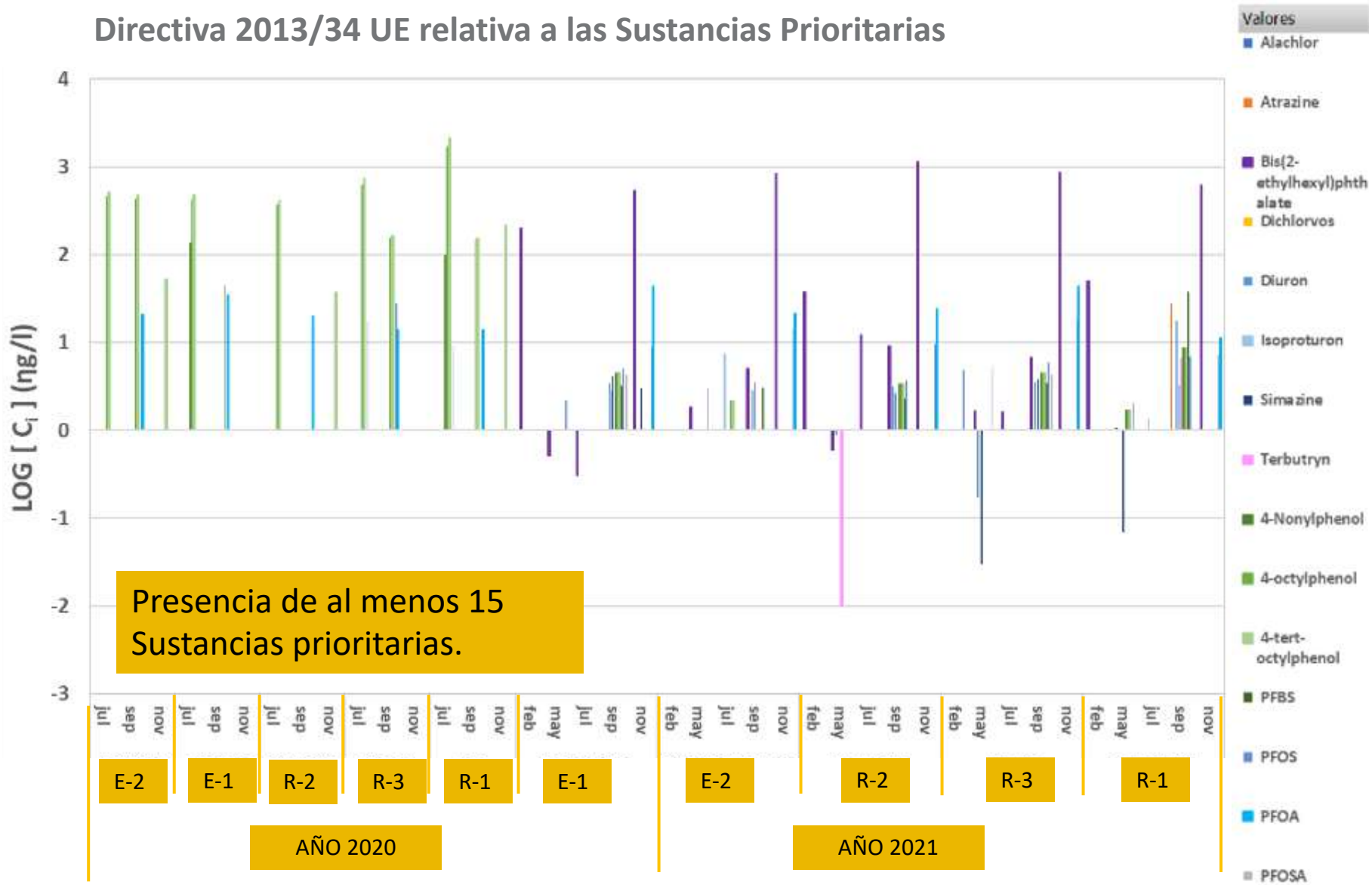
CONTAMINANTES EMERGENTES REFERIDOS EN LAS LISTAS DE OBSERVACIÓN



SUSTANCIAS DETECTADAS EN LAS DIFERENTES LOCALIZACIONES

emerGEN

Directiva 2013/34 UE relativa a las Sustancias Prioritarias



Presencia de al menos 15 Sustancias prioritarias.

SUSTANCIAS DETECTADAS EN LAS DIFERENTES LOCALIZACIONES

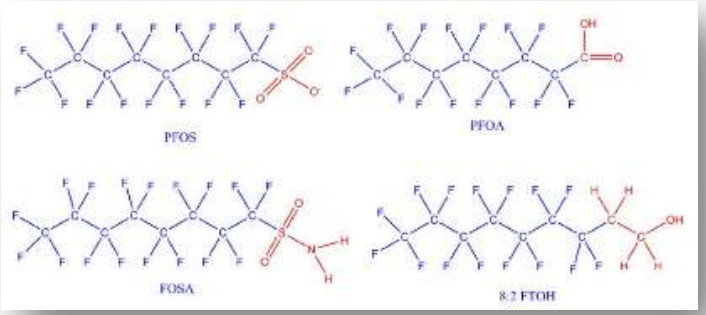
emerGEN

NUEVA Directiva de Calidad de Aguas Destinadas al Consumo Humano **2020/2184** el 12 de Enero de 2026, NUEVOS parámetros; **Bisfenol A**, Cloritos y Cloratos, Ácidos Haloacéticos, Microcistina, Total PFAS, **Suma PFAS** y Uranio

- **Suma de PFAS 0,1 µg/l** (100 nanogramos)
- **Bisfenol A 2,5 µg/l** (2.500 nanogramos)

El Ministerio propone una etapa de transición entre Julio 2023 y Enero 2026

- PFOA 0,2µg/l (200 nanogramos)
- PFOS 0,6 µg/l (600 nanogramos)
- PFNA 0,02 µg/l (20 nanogramos)
- PFHxS 0,6 µg/l (600 nanogramos)



Parámetro sumatorio tras la determinación de sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas consideradas como contaminantes de preocupación emergente en agua de consumo

Ácido perfluorobutanosulfónico	(PFBS)	CAS: 375-73-5
Ácido perfluorobutanoico	(PFBA)	CAS: 45048-62-2
Ácido perfluorodecano sulfónico	(PFDS)	CAS: 335-77-3
Ácido perfluorodecanoico	(PFDA)	CAS: 335-76-2
Ácido perfluorododecano sulfónico	(PFDoS)	CAS: 79780-39-5
Ácido perfluorododecanoico	(PFDoDA)	CAS: 307 55 1
Ácido perfluoroheptano sulfónico	(PFHpS)	CAS: 375-92-8
Ácido perfluoroheptanoico	(PFHpA)	CAS: 375-85-9
Ácido perfluorohexanosulfónico	(PFHxS)	CAS: 355-46-4
Ácido perfluorohexanoico	(PFHxA)	CAS: 92612 52 7
Ácido perfluorononanosulfónico	(PFNS)	CAS: 68259-12-1
Ácido perfluorononanoico	(PFNA)	CAS: 375-95-1
Ácido perfluorooctanosulfónico	(PFOS)	CAS: 1763-23-1
Ácido perfluorooctanoico	(PFOA)	CAS: 335-67-1
Ácido perfluoropentanosulfónico	(PFPeS)	CAS: 2706-91-4
Ácido perfluoropentanoico	(PFPeA)	CAS: 45167-47-3
Ácido perfluorotridecano sulfónico	(PFTrDS)	CAS: ND
Ácido perfluorotridecanoico	(PFTrDA)	CAS: 72629-94-8
Ácido perfluoroundecano sulfónico	(PFUnS)	CAS: 749786-16-1
Ácido perfluoroundecanoico	(PFUnDA)	CAS: 2058-94-8

MINISTERIO DE SANIDAD

SECRETARÍA DE SANIDAD

DIRECCION GENERAL DE SALUD PUBLICA

paramétricos (VP)

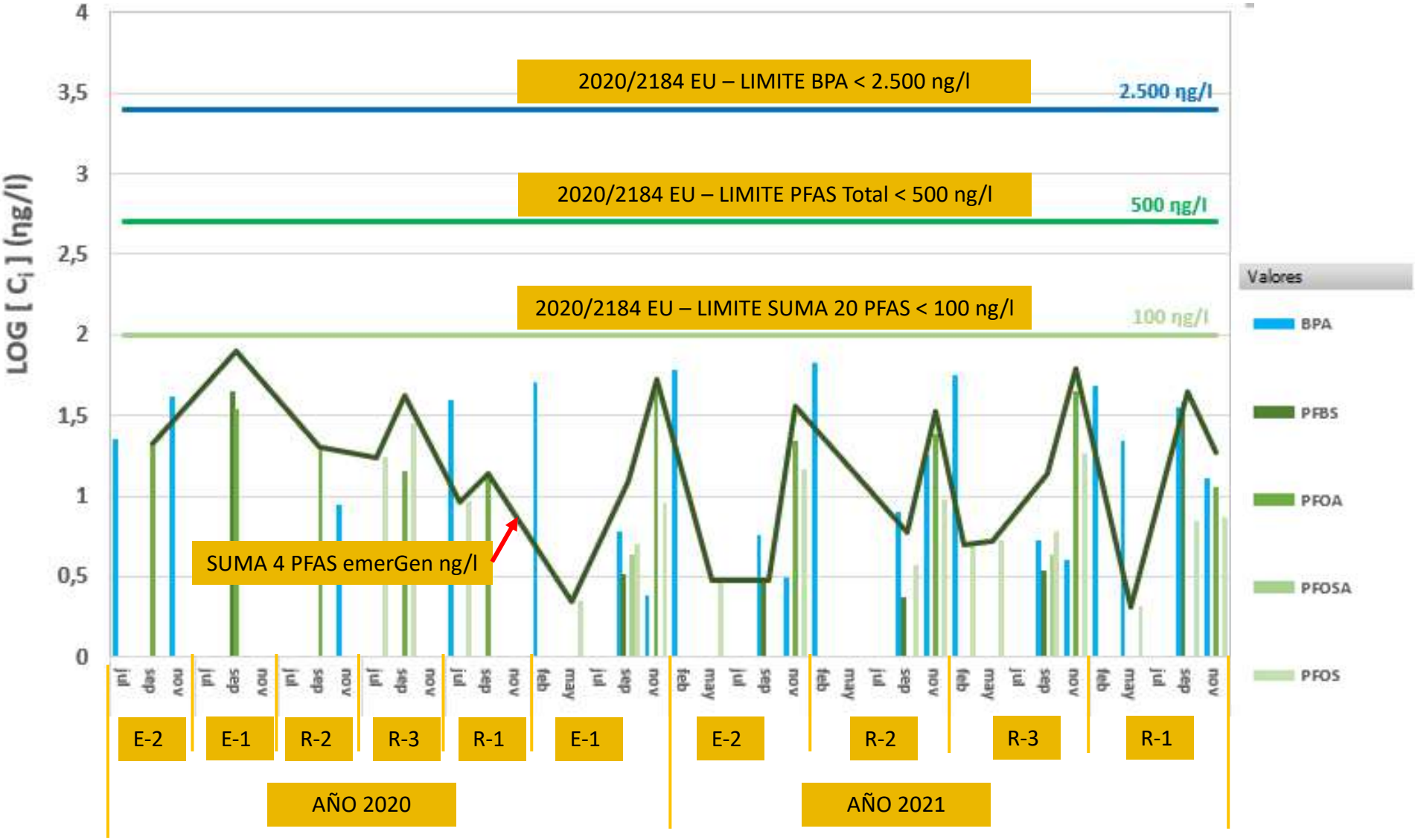
- Ácido perfluorooctanoico	PFOA	CAS 335-67-1	VP= 0,2 µg/L
- Ácido perfluorooctanosulfónico	PFOS	CAS 1763-23-1	VP= 0,6 µg/L
- Ácido perfluorononanoico	PFNA	CAS 375-95-1	VP= 0,02 µg/L
- Ácido perfluorohexanosulfónico (PFHxS)		CAS: 355-46-4	VP= 0,6 µg/L

- El límite de detección, será siempre inferior a 0,02 µg/L.
- Estos valores solo serán válidos hasta el 2 de enero de 2026.

RESULTADOS CAMPAÑA OTOÑO 2021

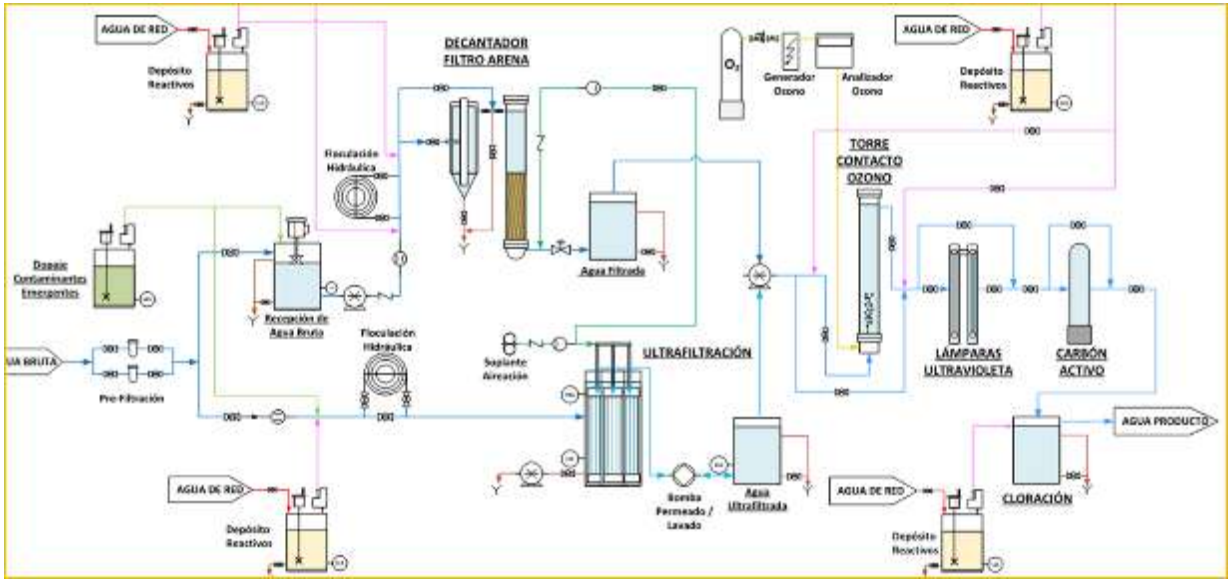
emerGEN

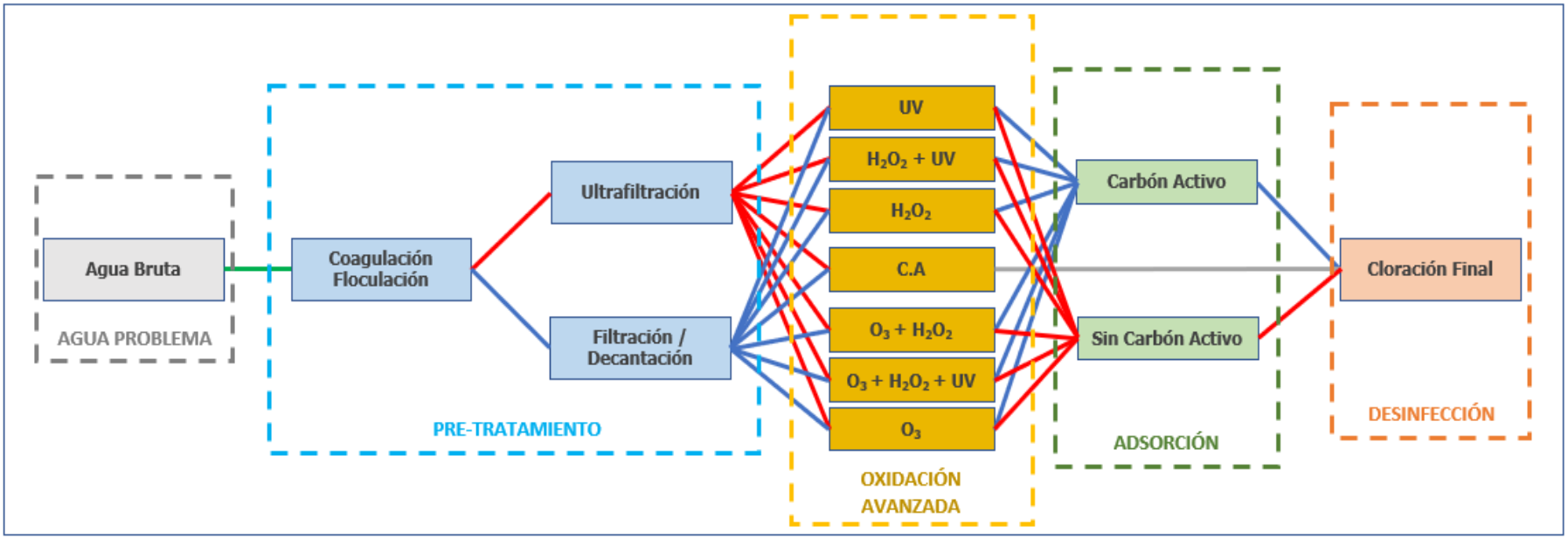
Directiva 2020/2184 Calidad de las aguas destinadas al consumo humano



ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

emerGEN





ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

emerGEN

Dosif. Químicos y Dopajes

Torre de O_3

Decantación y Filtración arena

Ultrafiltración

O3, UV y CAG

COMPARACIÓN DE PRETRATAMIENTOS Convencional Vs Ultrafiltración

AGUA EMBALSE

+

[Ci] ≈ 1 – 10 µg/l

DICLOFENAC
AZITHROMYCIN
SULFAMETHOXAZOLE
METFORMIN
VALSARTAN
CARBAMAZEPIN
BISFENOL A
PFOS-L
PFOA
B ESTRADIOL

+

PRETRAMIENTO CONVENCIONAL

- COAGULACIÓN/ FLOCULACIÓN
- DECANTACIÓN
- FILTRACIÓN SOBRE ARENA

ULTRAFILTRACIÓN

- COAGULACIÓN/ FLOCULACIÓN HIDRÁULICA
- MEMBRANAS ULTRAFILTRACIÓN

TRATAMIENTO	CONVENCIONAL		
Sustancia	**AB+Dopaje**	**Filtrada**	**Rdto. Elim (%)**
Carbamazepine	1,89	1,71	9,52
Sulfamethoxazole	3,47	3,03	12,68
Valsartan	2,35	2,15	8,51
PFOA	2,81	2,76	1,78
Diclofenac	3,66	3,32	9,29
Metformin	0,57	0,53	7,02
BPA	1,97	1,91	3,05
PROMEDIO			**7,41**

TRATAMIENTO	ULTRAFILTRACIÓN		
Sustancia	**AB+Dopaje**	**Filtrada**	**Rdto. Elim (%)**
Carbamazepine	3,63	3,43	5,71
Sulfamethoxazole	1,53	1,47	3,65
Valsartan	4,75	4,33	8,92
PFOA	10,06	8,52	15,23
Diclofenac	2,49	2,47	0,68
Metformin	0,75	0,73	2,49
BPA	1,56	1,33	14,68
PROMEDIO			**7,34**

RESULTADOS ENSAYOS PLANTA PILOTO

emerGEN

Dopaje

2-Hydroxybenzothiazole
Azithromycin
Caprolactam
Carbamazepine
Metformin
PFOS
PFOA
Valsartan

MUESTRA	Agua Bruta + Dopaje
SUSTANCIA	[µg/l]
2-HydroxyBenzothiazole	1,01
Azithromycin	4,85
Caprolactam	2,80
Carbamazepine	0,77
Metformin	3,48
Valsartan	2,20
L-PFOS	4,98
PFOA	3,45

AGUA BRUTA + **ULTRAFILTRACIÓN** +

Procesos Oxidación Avanzada		CAG
O_3	H_2O_2	
0	0	SI
1	1	SI
1	3	NO
1	3	SI
1	6	NO
3	1	NO
3	1	SI
x2 3	3	SI
3	6	SI
3	6	NO
6	1	SI
6	3	NO
6	3	SI
6	6	SI

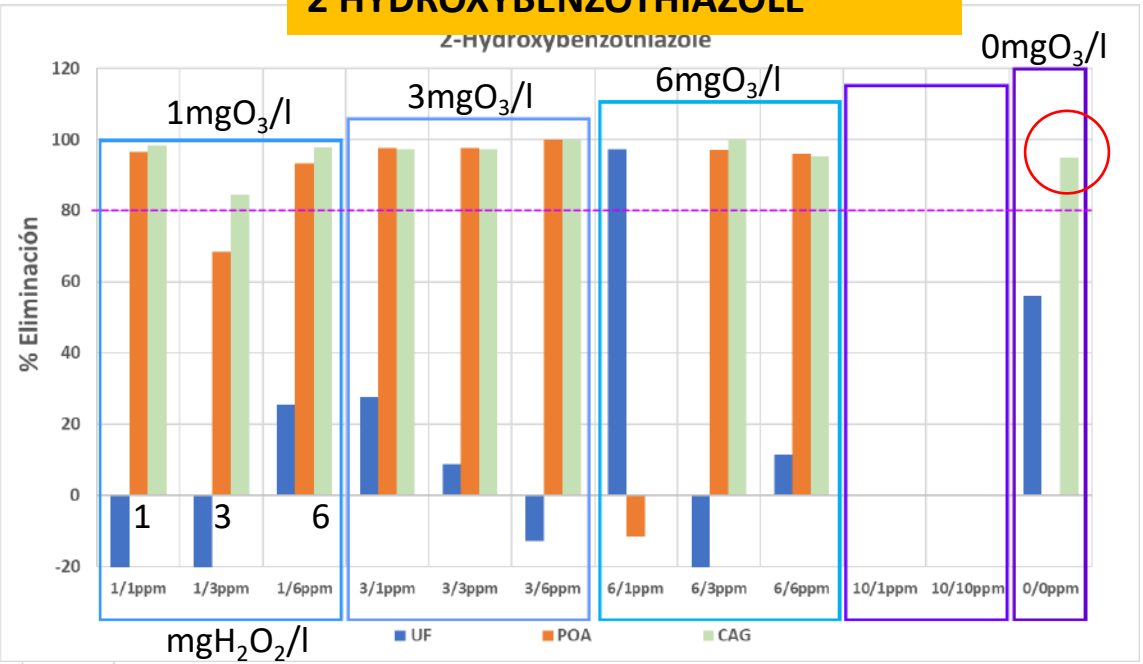
TOTAL DE ENSAYOS = 15

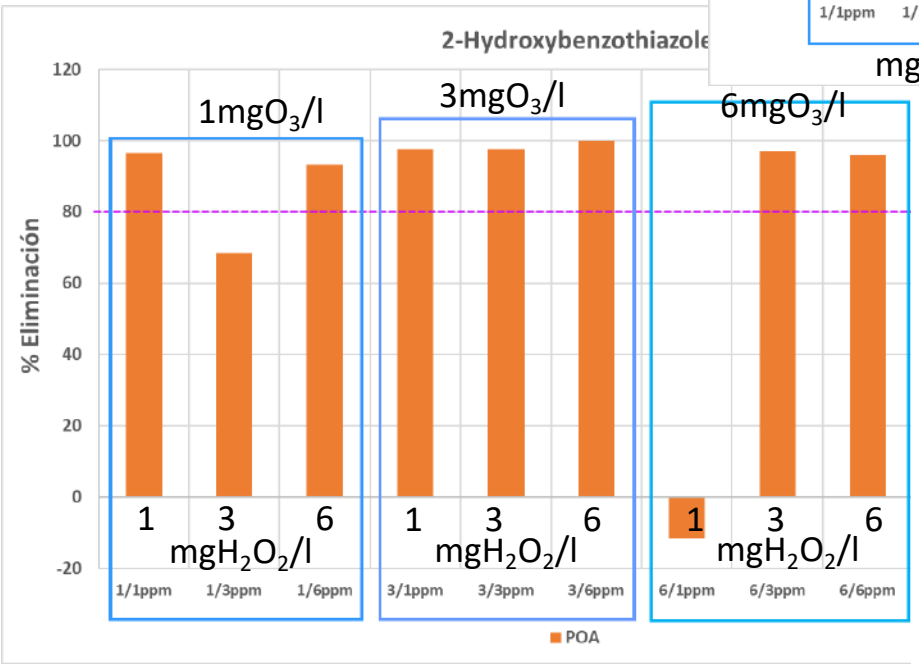
RESULTADOS ENSAYOS PLANTA PILOTO

emerGEN

2 HYDROXYBENZOTHIAZOLE

- eliminación elevada, por encima del 80%, a todas las dosis de O_3/H_2O_2 ensayadas
- El Carbón Activo Granular (CAG) permite la eliminación casi total del 2-Hydroxybenzothiazole tras el POA



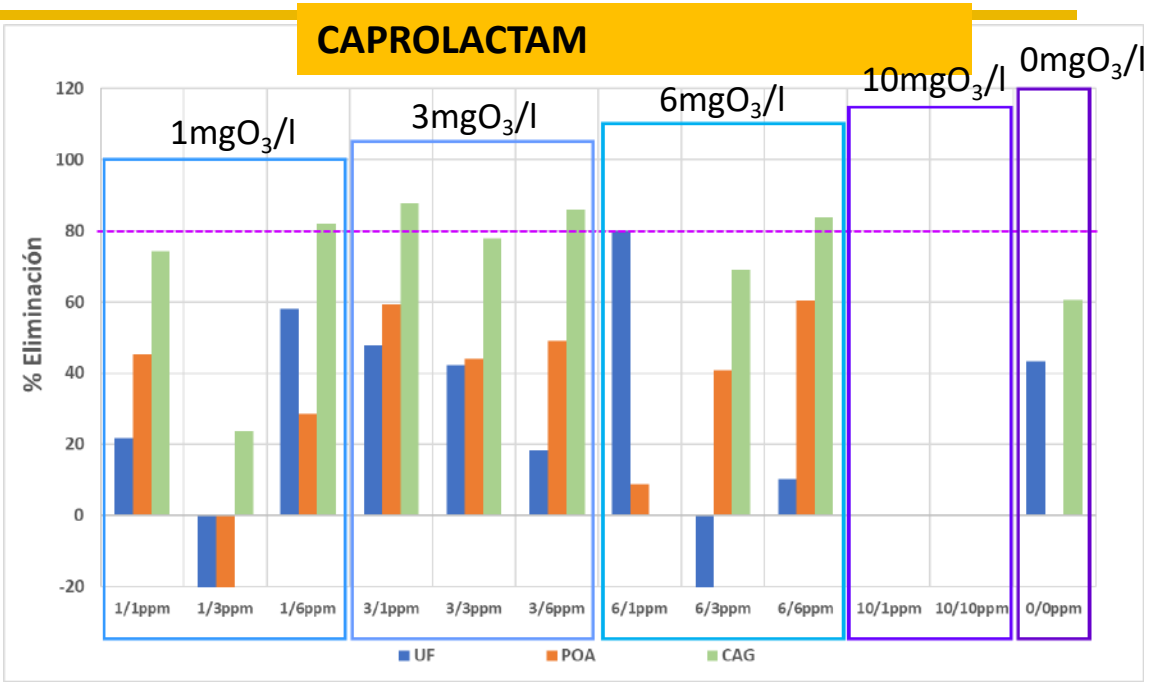


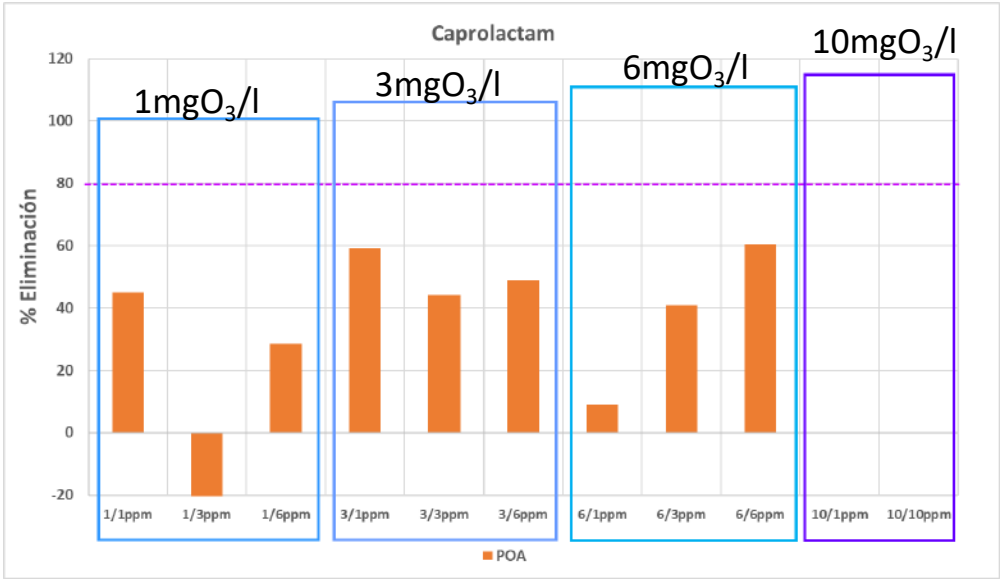
- NO existen diferencias significativas en el % de eliminación alcanzado, al incrementar la dosis de O_3/H_2O_2.
- NO se aprecia el efecto del incremento de la concentración de H_2O_2.

RESULTADOS ENSAYOS PLANTA PILOTO

emerGEN

- El CAPROLACTAM no es eliminado de forma significativa a las dosis de O_3/H_2O_2 ensayadas.
- Los POA mejoran la capacidad de eliminación del CAG que, por sí solo, no permite la eliminación total del CAPROLACTAM.



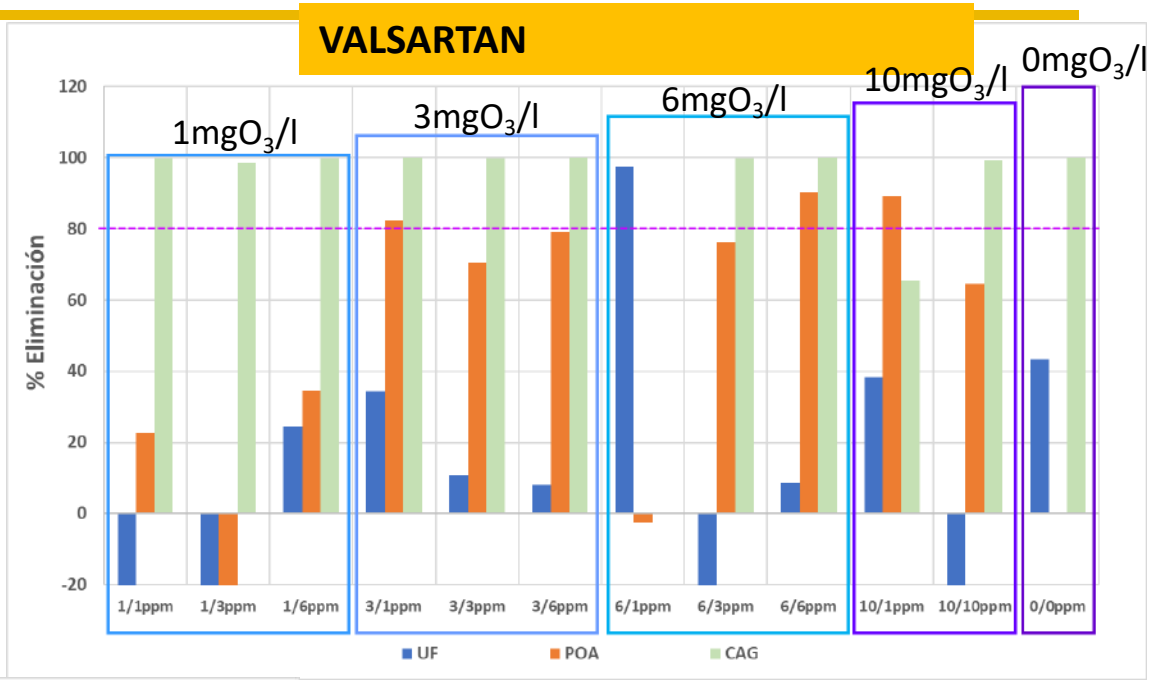


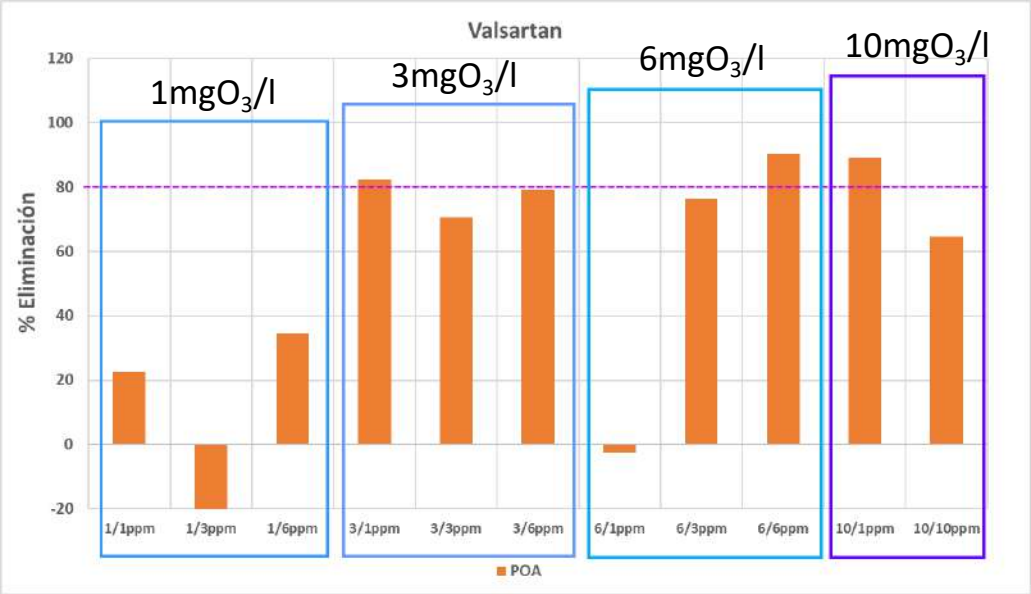
- El CAG solo no alcanza el 80% de eliminación. Se alcanza en combinación con POA

RESULTADOS ENSAYOS PLANTA PILOTO

emerGEN

- Con 3 y 6 mg/l de O3 se alcanza el 80% de eliminación
- El CAG permite la eliminación total del VALSARTAN tras el POA
- El CAG reduciría al 100% la [ ] de VALSARTAN sin la aplicación de los POA





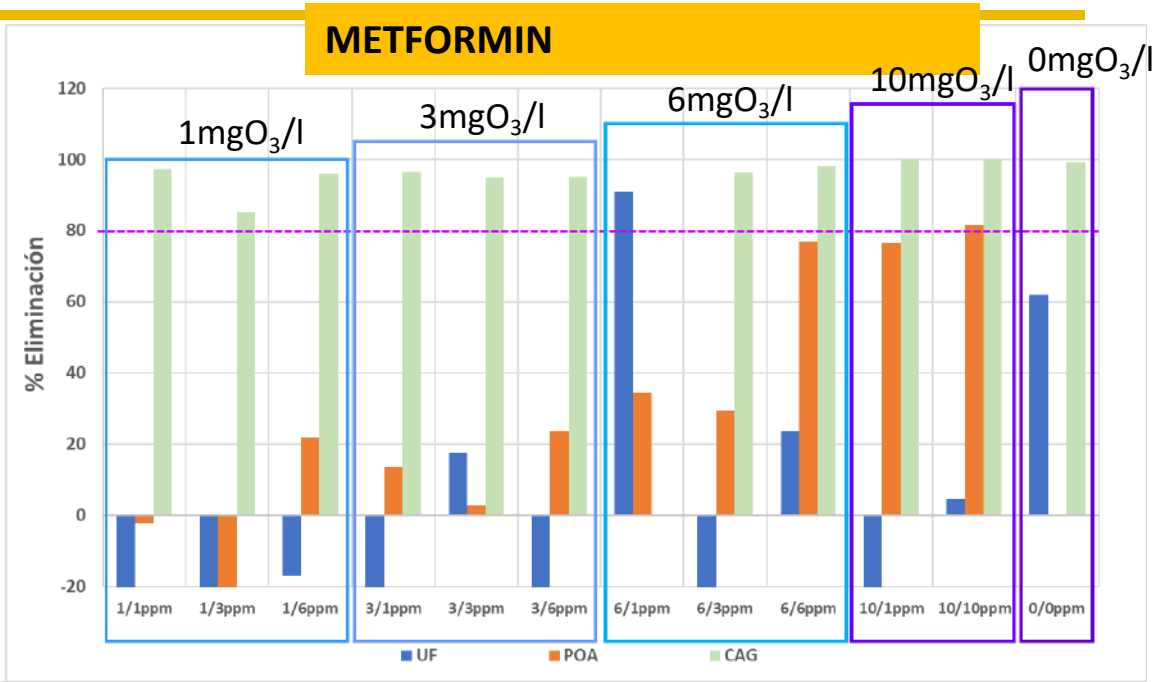
- La adición de H_2O_2 no ejerce un efecto aparente en la mejora de la eliminación conseguida.

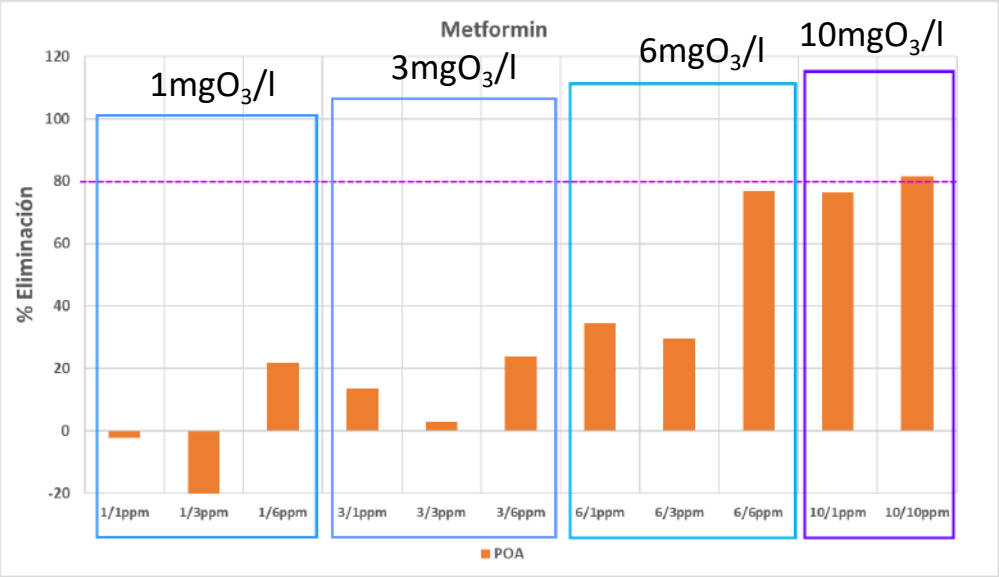
RESULTADOS ENSAYOS PLANTA PILOTO

emerGEN

- Se observa un % de eliminación creciente al incrementar la dosis de O_3

- El carbón Activo Granular permitiría la eliminación total del Metformin incluso sin la aplicación de los POA





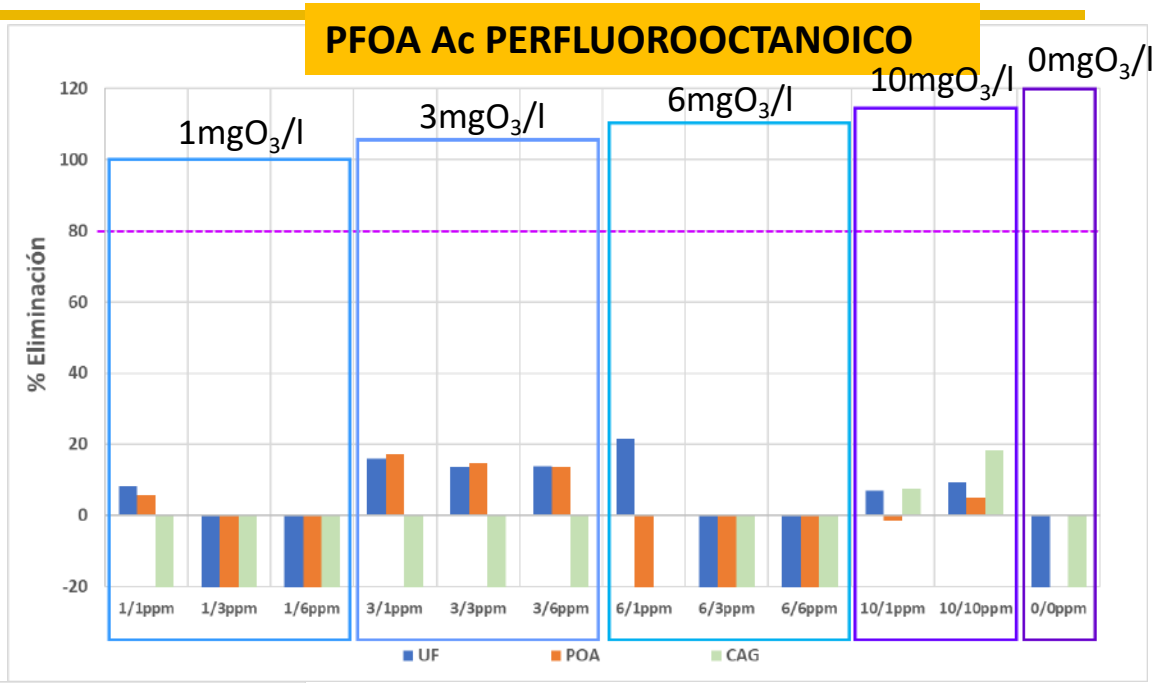
- DETALLE de la evolución del METFORMIN con las diferentes concentraciones O_3/H_2O_2 ensayadas.

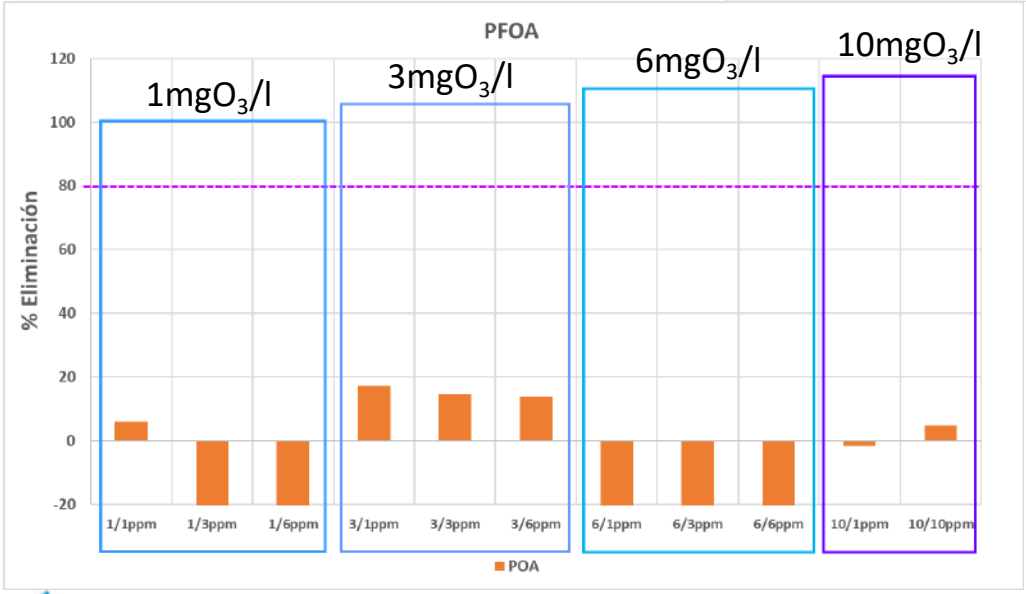
- Sería NECESARIO aplicar unas DOSIS de 10mg/l O_3 para alcanzar el % de eliminación mínimo del 80%

RESULTADOS ENSAYOS PLANTA PILOTO

emerGEN

- NO se aprecia EFECTO en la eliminación de PFOA al aplicar O_3/H_2O_2.
- El CAG NO ejerce un EFECTO apreciable en la REDUCCIÓN del PFOA.



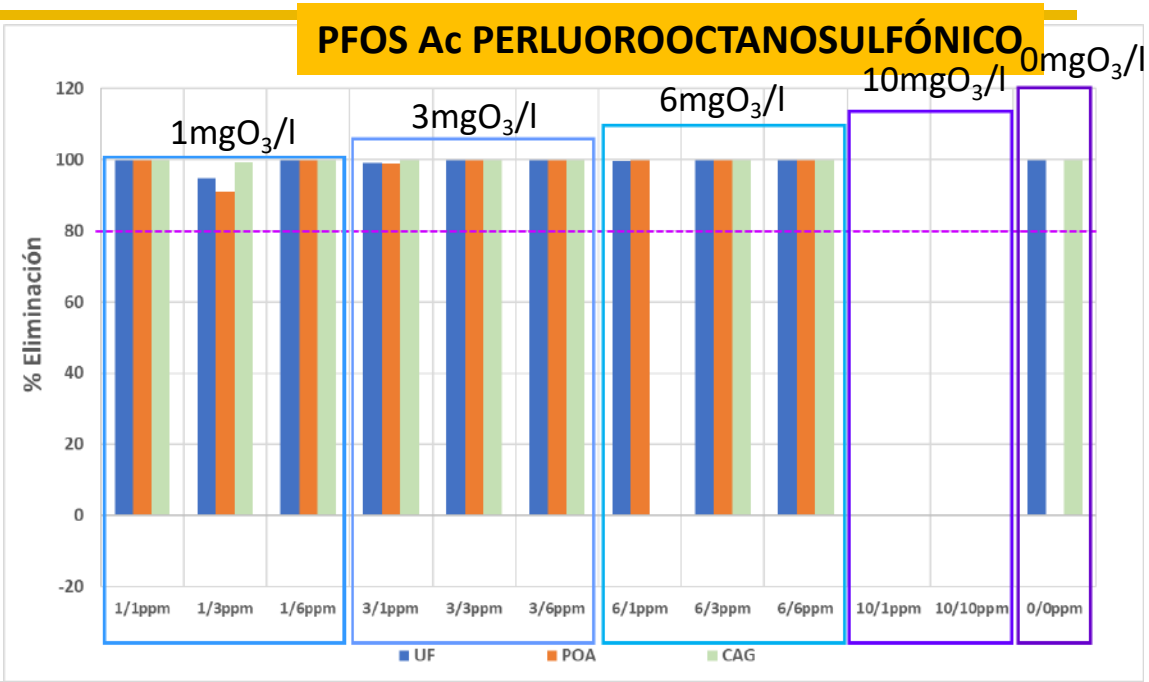


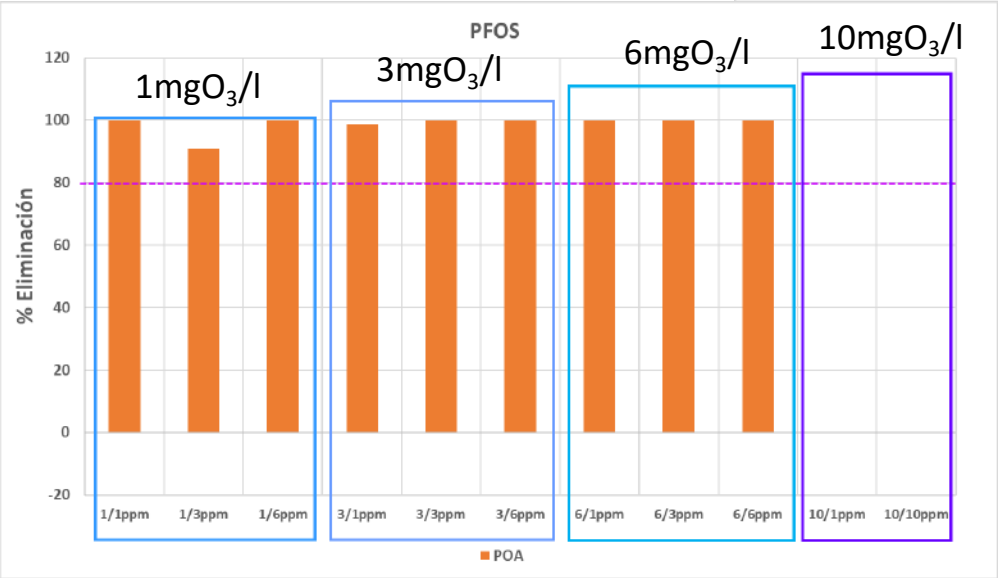
EurEau_NI_PFAS_aguas_residuales.pdf (aeas.es)

RESULTADOS ENSAYOS PLANTA PILOTO

emerGEN

- El PFOS se elimina prácticamente al 100% al emplear la ULTRAFILTRACIÓN (posiblemente asociado a la AIREACIÓN) "Treatment of per- and polyfluoroalkyl substance (PFAS) contaminated water using aeration foam collection"





- NO ha sido POSIBLE EVALUAR CORRECTAMENTE la EFECTIVIDAD de los POA aplicados

CONCLUSIONES

- Los diferentes recursos hídricos evaluados han ofrecido una **baja presencia de contaminantes** establecidos en las diferentes Listas de Observación, pudiendo indicar que tienen una clara estacionalidad, siendo en la campaña de primavera en la que se han detectado un mayor número de sustancias, aunque apareciendo, en su mayoría, en concentraciones inferiores a 5-10 ηg/l.

- En relación a las sustancias de la **directiva 2020/2184**, destacaríamos la presencia de 4-Nonylphenol, Bisfenol A y sustancias Per y polifluoroalquiladas **(PFAS),** aunque en concentraciones inferiores a los límites establecidos.

- El empleo de dosis elevadas de Ozono (10mg/l) y bajas de Peróxido, permite eliminar la totalidad de las sustancias ensayadas, salvo el ácido perfluorooctanoico (**PFOA**) que se comporta como **recalcitrante**. Este compuesto no sufre variación alguna al ser sometido a la OA y a la filtración sobre carbón activo granular.

- UNA DOSIS DE **O_3 DE 3 mg/l** PERMITIRÍA REDUCIR EN, AL MENOS, UN 80% LA [ ] DE LAS SUSTANCIAS ANALIZADAS, SALVO EL METFORMIN, EL CAPROLACTAM Y EL PFOA

- NO SE APRECIAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS AL EMPLEAR [ ] CRECIENTES DE **H_2O_2** A LAS [ ] DE O_3 ENSAYADAS

- EL **CAG** PERMITE **ELIMINAR LA MAYORÍA** DE SUSTANCIAS EN UN PORCENTAJE CERCANO AL 100% SALVO EL PFOA Y EL CAPROLACTAM.

- LA COMBINACIÓN DE **OXIDACIÓN AVANZADA CON CARBON ACTIVO** ES LA QUE OFRECE MAYOR SEGURIDAD

- EL **CAPROLACTAM** SE HA MOSTRADO COMO **RECALCITRANTE**, AUNQUE POR SU BAJA DE TOXICIDAD, NO HARÍA NECESARIO APLICAR UN TRATAMIENTO ESPECÍFICO PARA SU ELIMINACIÓN5

I Jornada sobre

Tecnología e Innovación en Saneamiento y Depuración

Oviedo, 6-7 de junio 2022

PONENCIA

GRACIAS!!

Javier Arrieta Morales. Jefe I+D+i. Cadagua, SA

Bilbao Bizkaia Ur Partzuergoa
Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea

Gaiker
MEMBER OF BASQUE RESEARCH & TECHNOLOGY ALLIANCE

cadagua

Patrocinado por:

OVIEDO

Consorcio de Aguas

Gobierno del Principado de Asturias

I Jornada sobre

Tecnología e Innovación en Saneamiento y Depuración

Oviedo, 6-7 de junio 2022

Retos de la Innovación en la Operación de los Sistemas de Saneamiento y Depuración

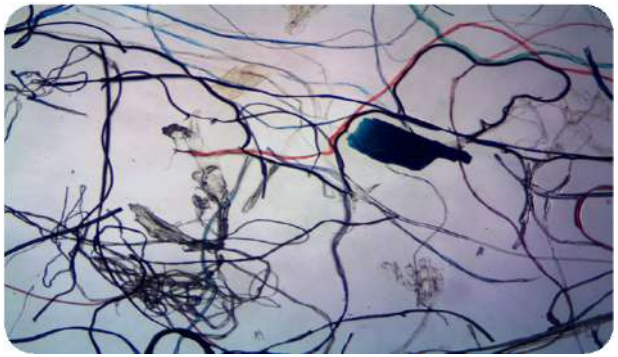
Eliminación de microplásticos presentes en aguas residuales y lodos de EDAR

Silvia Doñate, Responsable Departamento de Innovación, Depuración de Aguas del Mediterráneo

Patrocinado por:
OVIEDO
Consorcio de Aguas
Gobierno del Principado de Asturias

INTRODUCCIÓN

Los microplásticos son pequeñas partículas de plástico empleadas en una **gran variedad de productos** o aquellas que se generan durante el deterioro de los materiales plásticos. Tienen **menos de 5 mm de diámetro** y pueden estar fabricadas en distintos tipos de plástico como polietileno (PE), polipropileno (PP) o poliestireno (PET).



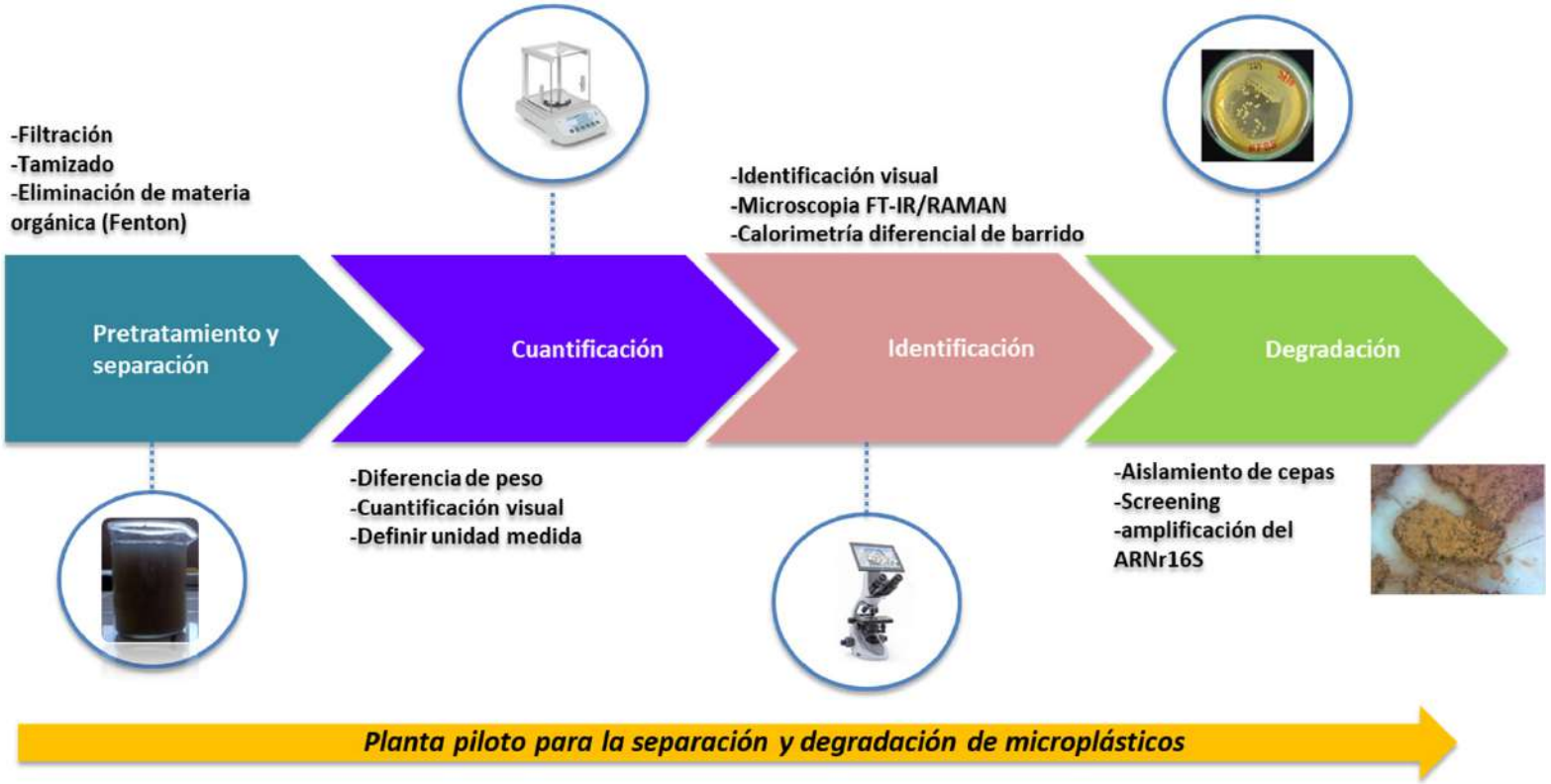
INTRODUCCIÓN

Lavado de ropas → EDARs → Medio ambiente

Aunque las EDARs tengan una elevada capacidad de retención de micropartículas (como microfibras), debido al elevado volumen de efluentes tratados diariamente, la cantidad de microfibras vertidas en el ambiente no puede ser ignorada.

- Concentración de 3,6 x 10^4 microfibras sintéticas/m^3 en el efluente final en una EDAR en Francia (Pedrotti et al., 2021).

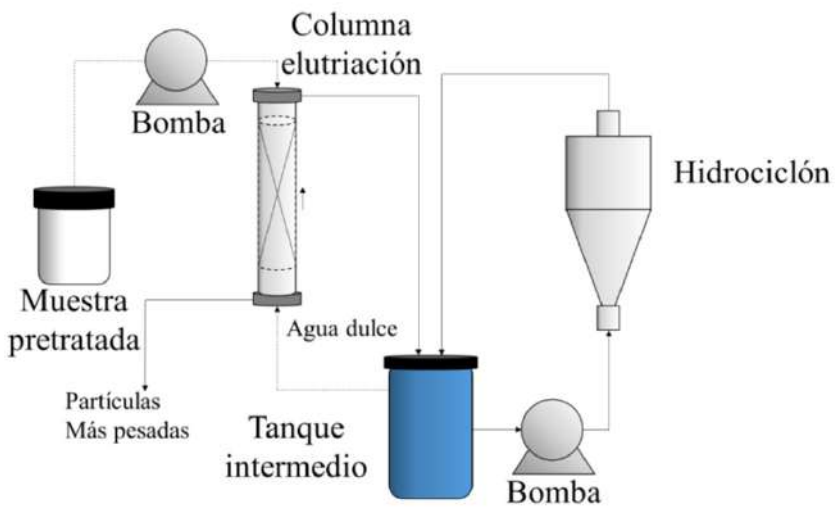
Objetivo general: **Desarrollar nuevas soluciones de eliminación o disminución de microplásticos a través de sistemas de captación y depuración en entornos masivos de depuración de aguas** para minimizar la llegada de estas partículas al medio marino y a los fangos de EDAR.

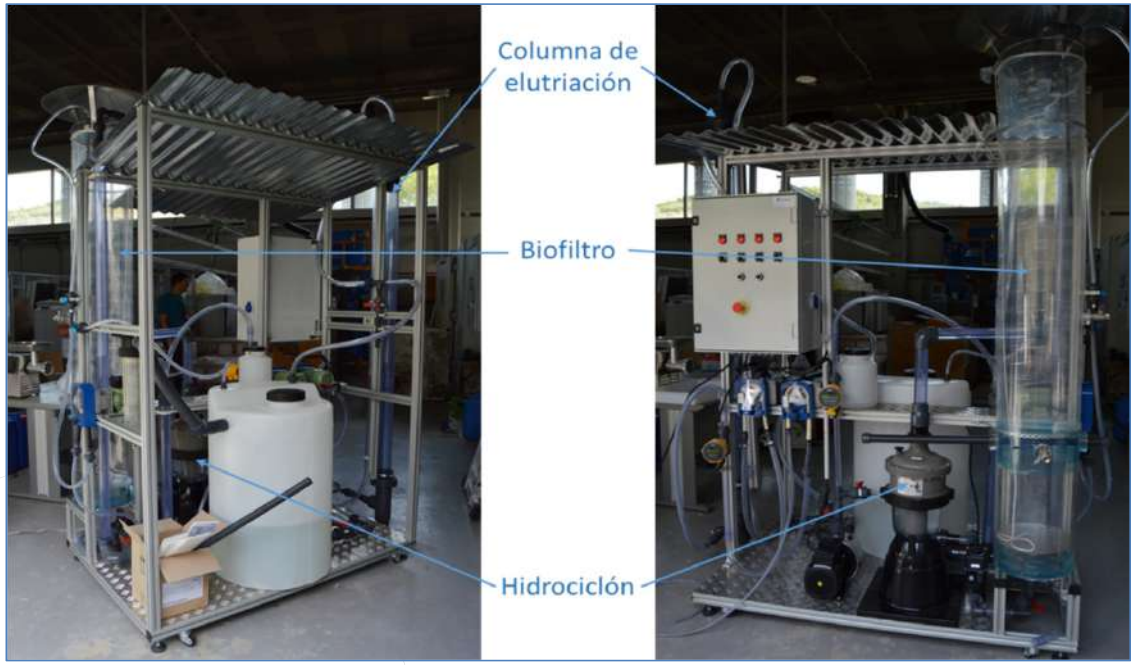


ESTUDIO DE MICROFIBRAS EN AGUAS RESIDUALES

Planta piloto FIBERCLEAN

Localización: EDAR de Pobla de Farnals (Valencia)





Tratamiento de muestras

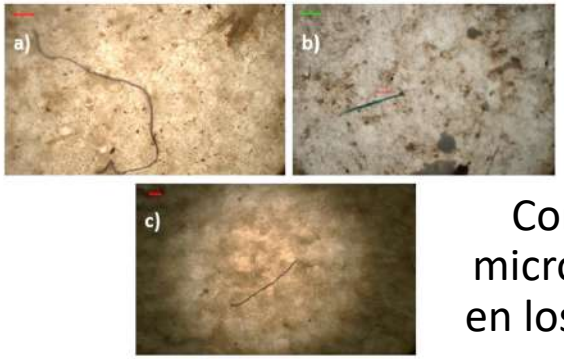
Separación por densidad

Oxidación Fenton

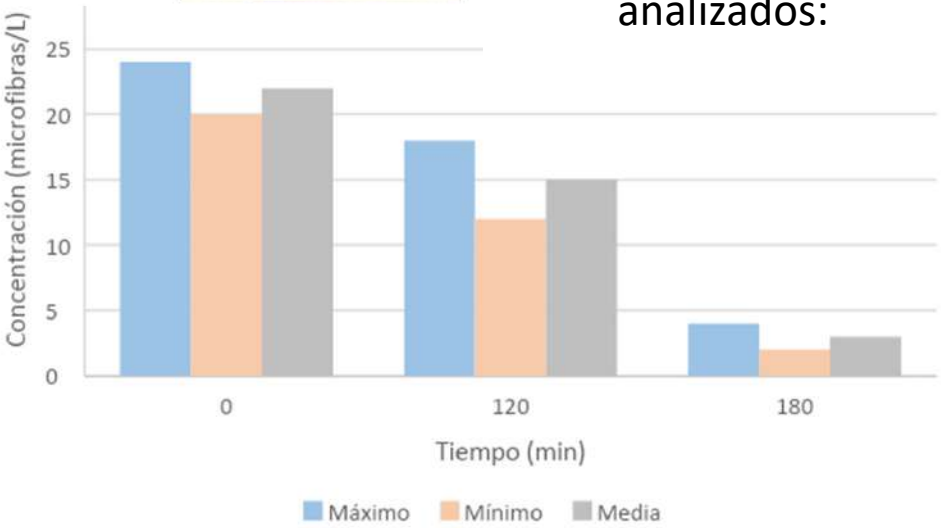
Promover la separación por densidad de las fracciones más ligeras (incluyendo microplásticos).

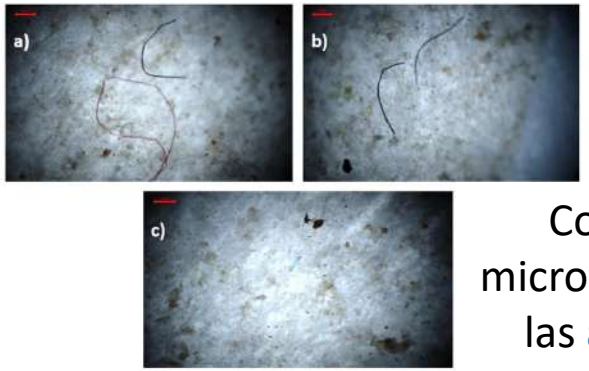
La oxidación de la muestra fue realizada siempre y cuando la concentración de materia orgánica lo requería.

Cuantificación e identificación de microplásticos en aguas residuales y en fangos de depuradoras

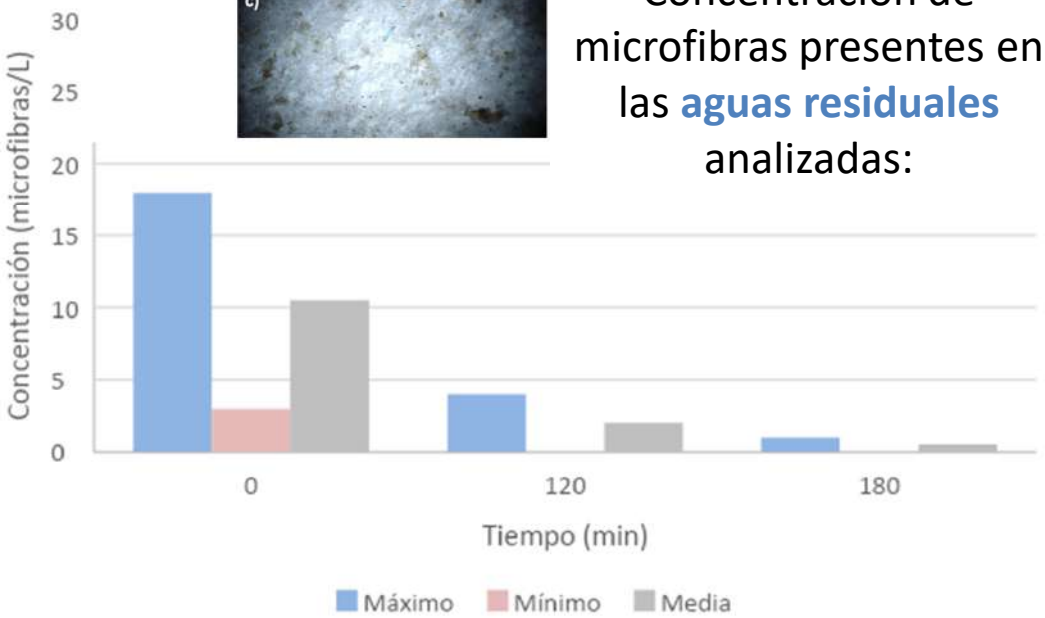


Concentración de microfibras presentes en los **fangos de EDAR** analizados:



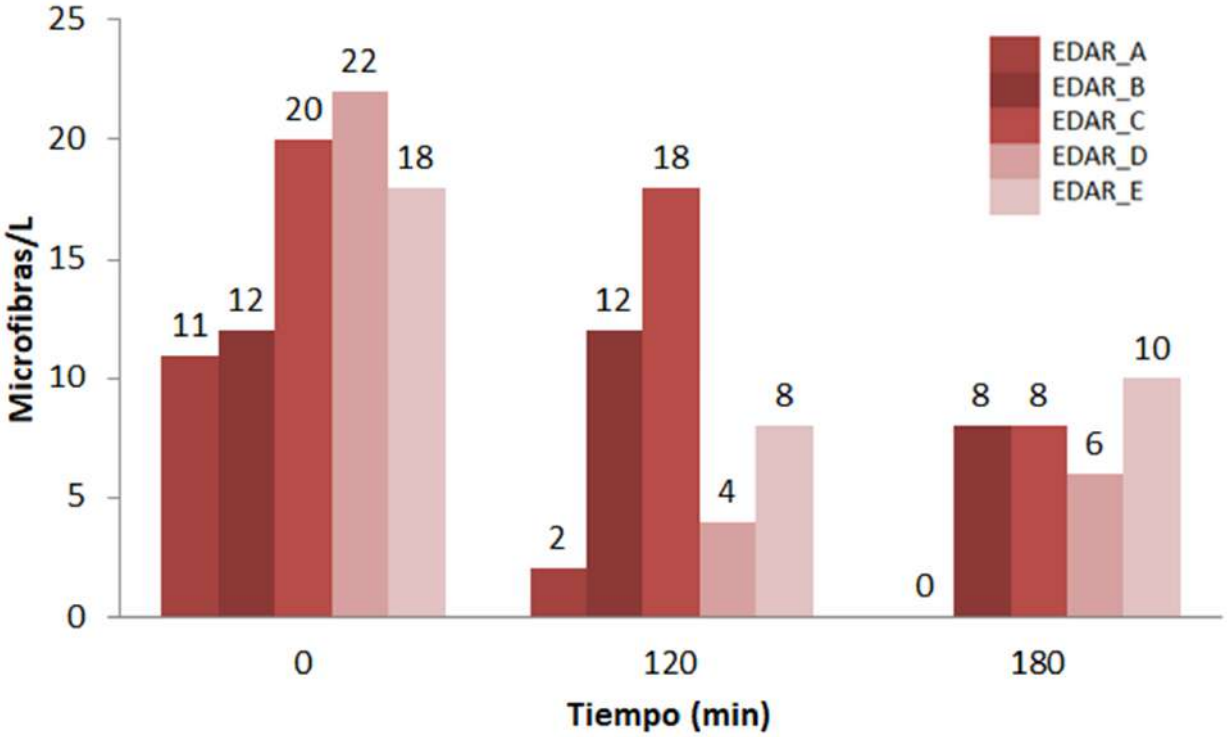


Concentración de microfibras presentes en las **aguas residuales** analizadas:



Eficiencia de la planta piloto FIBERCLEAN

Remoción de microfibras presentes en el agua residual de distintas EDARs (A, B,C, D, E)



Concentración inicial de microfibras

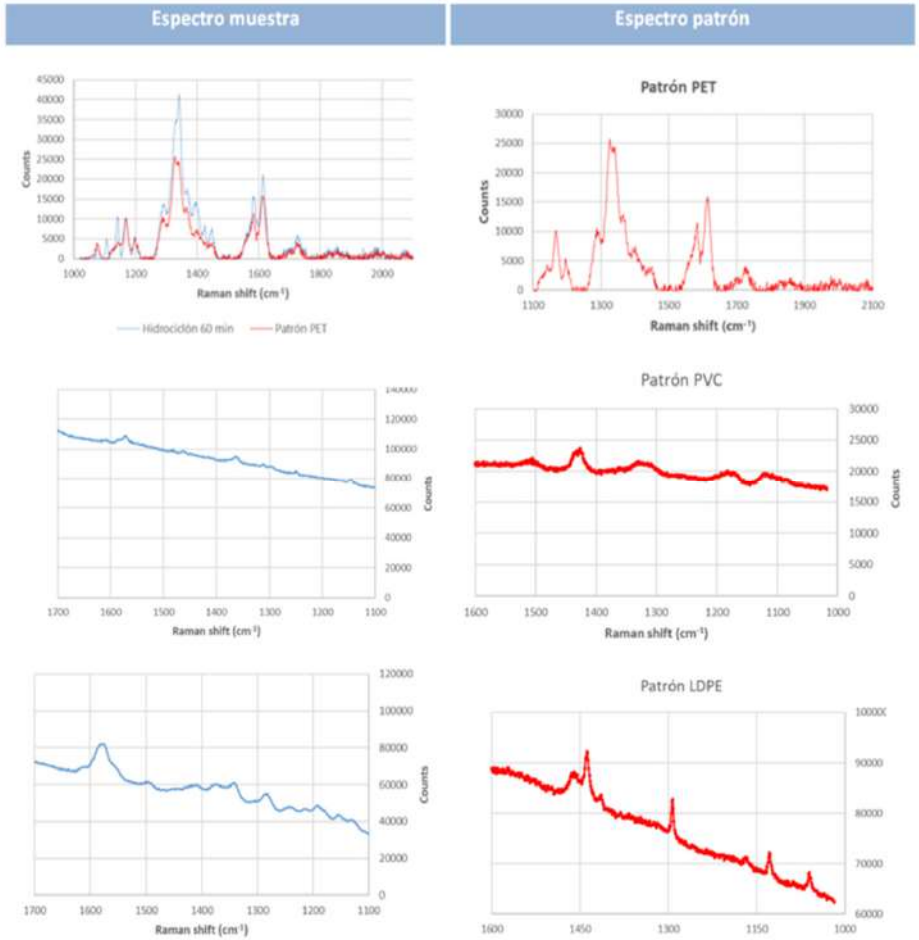
- Configuración de la EDAR.
- Población (nº de habitantes).
- Actividades humana en el entorno.

Cuantificación e identificación de microplásticos en aguas residuales y en fangos de depuradoras

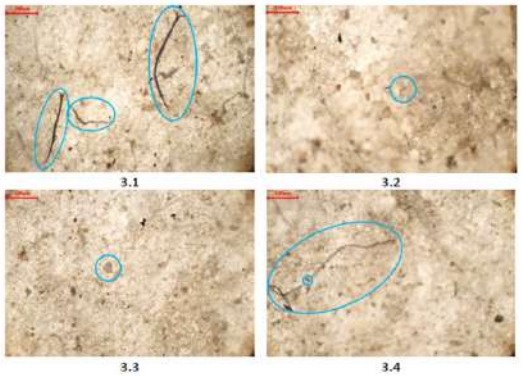
Identificación

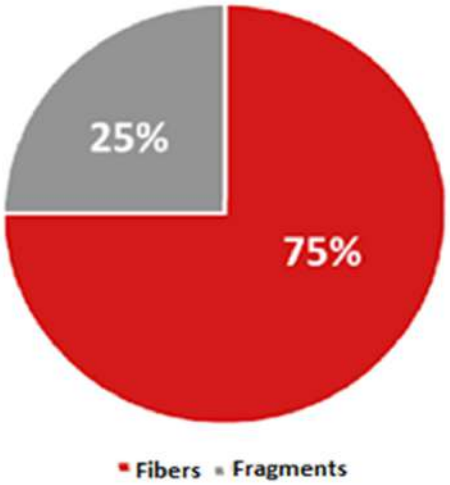
La caracterización de los MPs fue realizada vía Raman con microscopio acoplado (Renishaw, InVia Raman microscope).

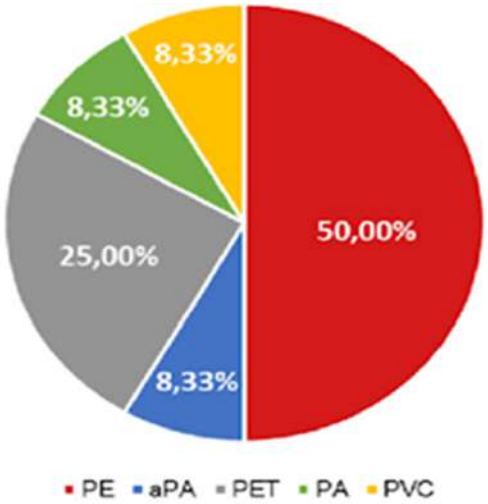
Espectros RAMAN



Cuantificación e identificación de microplásticos en aguas residuales y en fangos de depuradoras







IMPLEMENTACIÓN DEL BIOFILTRO

Selección de cepas bacterianas (consorcio) con potencial para degradar microplásticos

Aislamiento de las cepas bacteriana de muestras:

1. Fango primario
2. Fango secundario
3. Fango de digestión anaerobia
4. Lixiviado de vertederos
5. Muestras de plásticos de zona del desbaste.

a) Aislamiento de bacterias degradadoras de Diésel.
b) Aislamiento de bacterias degradadoras de Aceite Mineral (Sigma 330779-1L).
c) Aislamiento de bacterias degradadoras de PET (plástico de una botella de agua).

Muestras seleccionadas por encontrarse en continuo contacto con microplásticos y, por lo tanto, tener más posibilidades de contener cepas bacterianas capacitadas para su descomposición.

1) fango primario 2) fango secundario 3) fango de digestión anaerobia 4) lixiviados de vertedero

Muestras de plásticos de zona del desbaste.

Selección de cepas bacterianas (consorcio) con potencial para degradar microplásticos

Aislamiento de bacterias capaces de usar Diésel como única fuente de carbono	28 bacterias capaces de utilizar el Diésel como fuente de carbono.
Aislamiento de bacterias capaces de usar Mineral Oil como única fuente de carbono	25 bacterias capaces de utilizar el Mineral Oil.
Aislamiento de bacterias degradadoras de PET (plástico de una botella de agua).	24 cepas capaces de formar biofilm sobre la superficie de plásticos de botella.

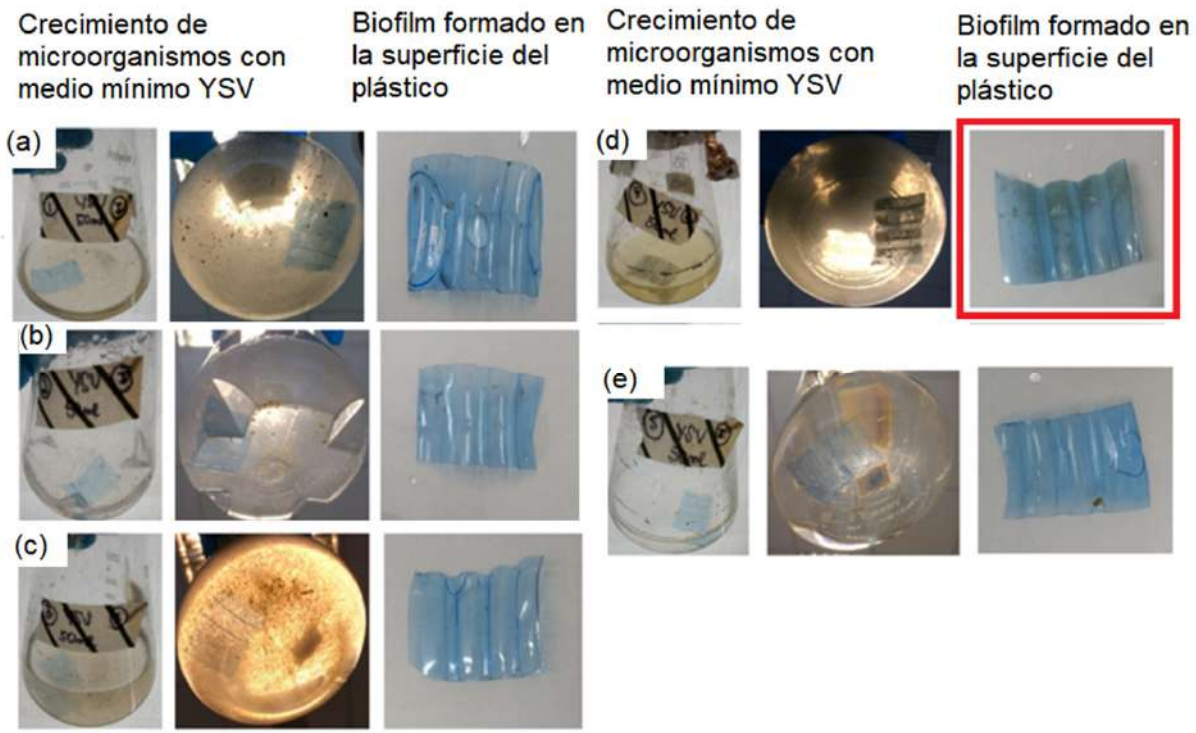
Cepas bacterianas más abundantes: phylums ***Proteobacteria, Actinobacteria, Firmicutes y Bacteroidetes.***

Se ha conseguido ampliar el cepario inicial con hongos, levaduras y más bacterias con nuevos aislamientos a partir de plásticos de desbaste.

La **colección final** del proyecto FIBERCLEAN contiene un total de **153 cepas.**

Aislamiento de bacterias capaces de formar biofilm sobre la superficie de plástico PET

Crecimiento bacteriano obtenido en el matraz con medio mínimo YSV y biofilm formado en la superficie del plástico.



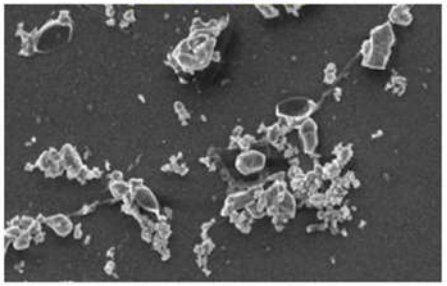
Carga bacteriana encontrada en los biofilms formados sobre la superficie de los plásticos

Plásticos inoculados con:	Recuento en TSA (ufc/mL)
a. Fango primario.	2,80E+03
b. Fango secundario.	1,76E+03
c. Fango de digestión anaerobia.	2,36E+03
d. Lixiviados de vertederos.	3,52E+05
e. Muestras de plástico o textil de la zona de desbaste	2,60E+02

Evaluación de la formación de biofilm sobre la superficie de los plásticos PET de botella tras inoculación

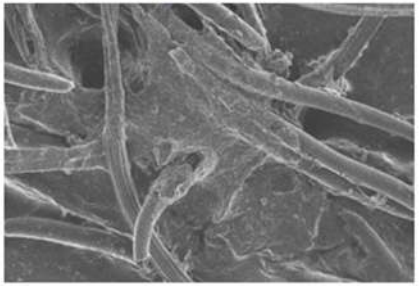
Mayor carga bacteriana formadora de biofilm sobre plástico PET.

1. Fango primario



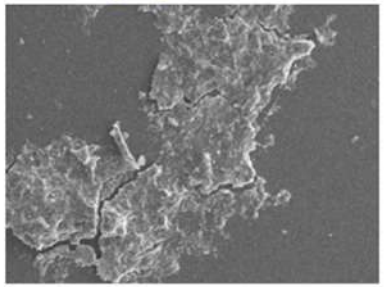
Se observa suciedad, ausencia de biofilm.

2. Fango secundario



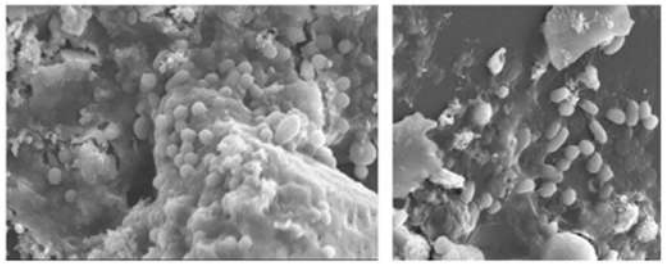
Presencia de hongos, biofilm formado encima de estos y suciedad.

3. Fango digestión anaerobia



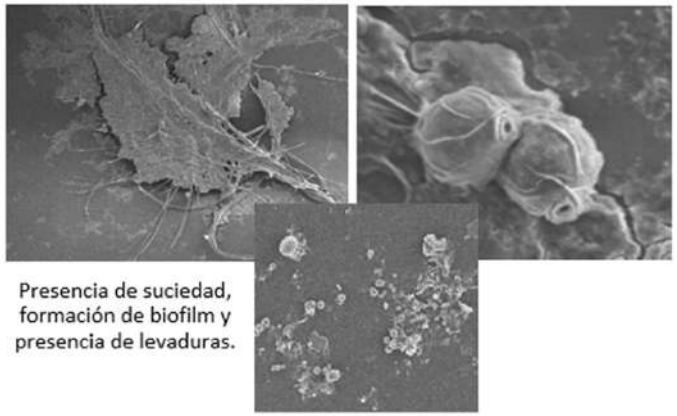
Presencia de suciedad, ausencia de biofilm

4. Lixiviados de vertedero



Presencia de mucha suciedad y formación de biofilm

5. Plásticos de desbaste



Presencia de suciedad, formación de biofilm y presencia de levaduras.

Métodos para detectar biodegradación de plásticos (con las cepas controles positivo)

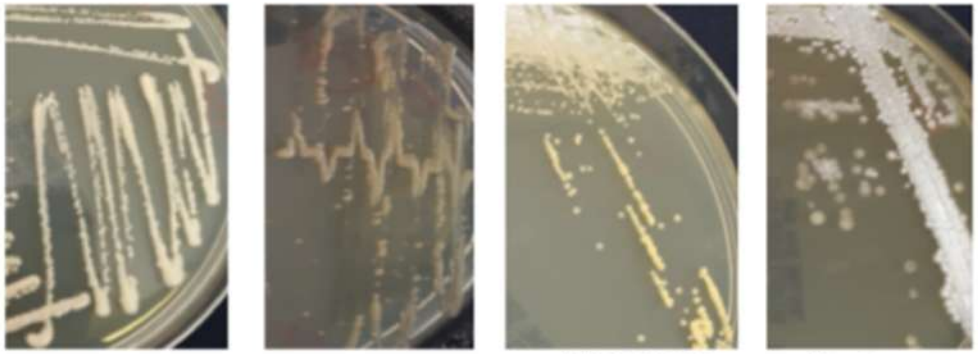
Objetivo:

Seleccionar cepas con mayor capacidad de degradar plásticos y para ello se intentaron poner a punto las siguientes metodologías para cuantificar la degradación:

- *Biodegradabilidad del DET (monómero del PET): detección de monómeros resultantes de su degradación.*
- *Biodegradabilidad de láminas de PE y PET.*

Para estos ensayos se recurrió a cepas de colección con capacidad demostrada para degradar plásticos:

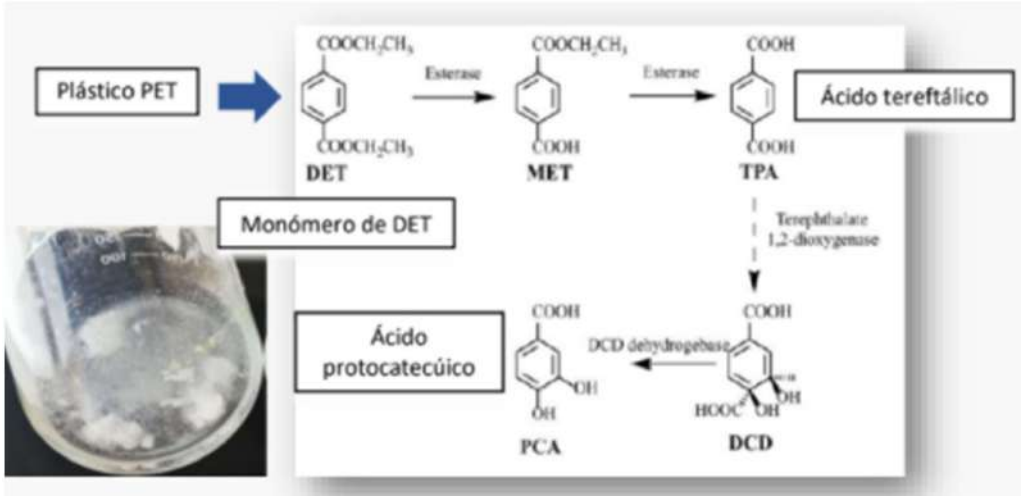
1. *Rhodococcus sp.*
2. *Ideonella sakaiensis NBRC 110686*
3. *Streptomyces badius CECT 3275*
4. *Streptomyces setoni CECT 3122*

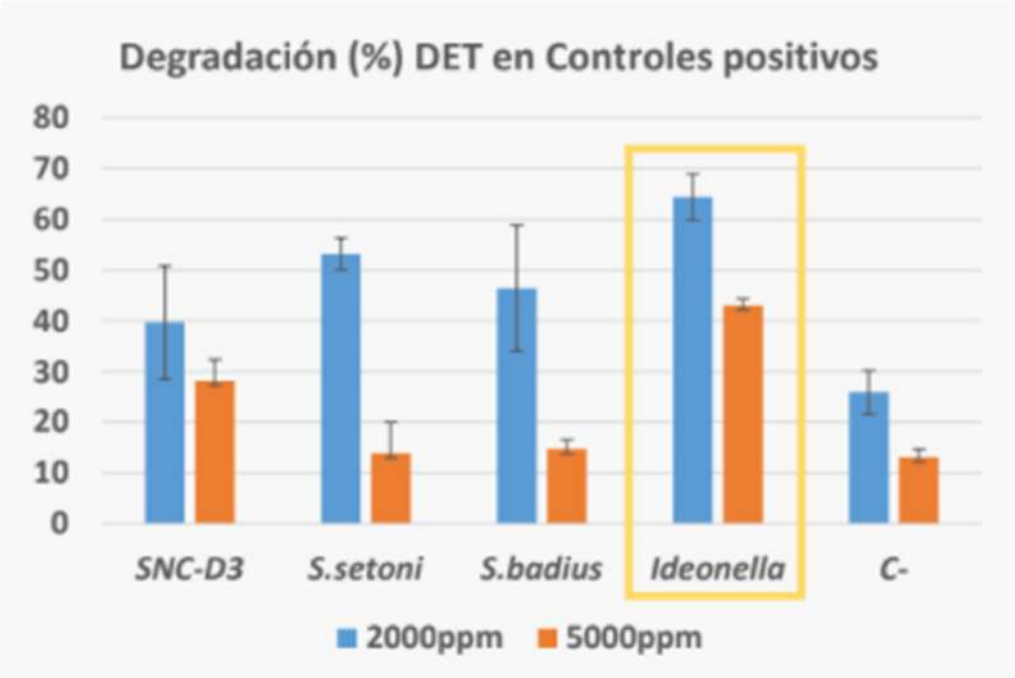


Rhodococcus LEITAT | *Ideonella sakaiensis* NBRC 110686 | *Streptomyces badius* CECT 3275 | *Streptomyces setonii* CECT 3276

Biodegradabilidad del DET (monómero del PET): detección de monómeros resultantes de su degradación.

Tereftalato de polietileno (PET):
Material sintético de poliéster hecho de monómeros de tereftalato (DET).



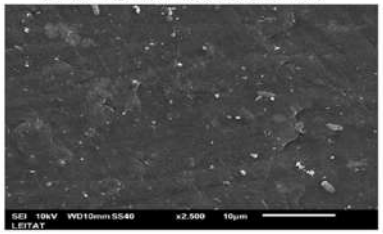


Degradación del DET en cada una de las cepas estudiadas y en el control negativo sin inocular.

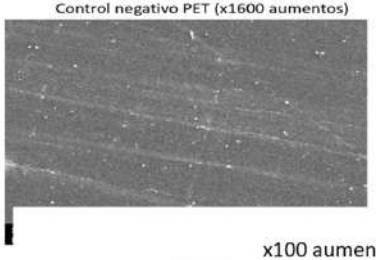
Biodegradabilidad de láminas de PET y PE en las cepas controles positivos

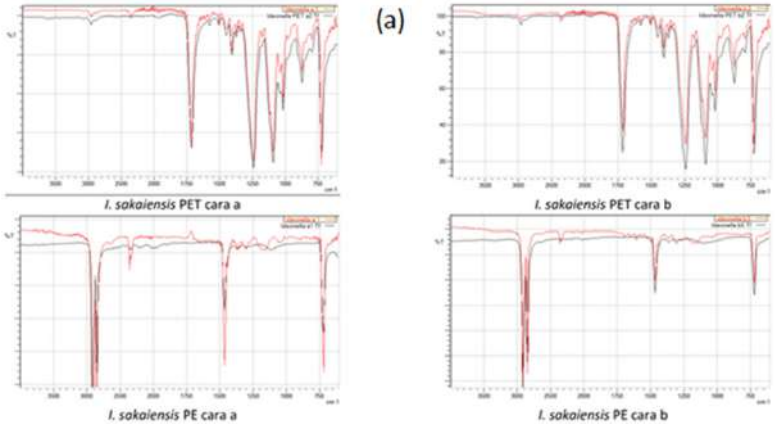
Láminas de PET y PE

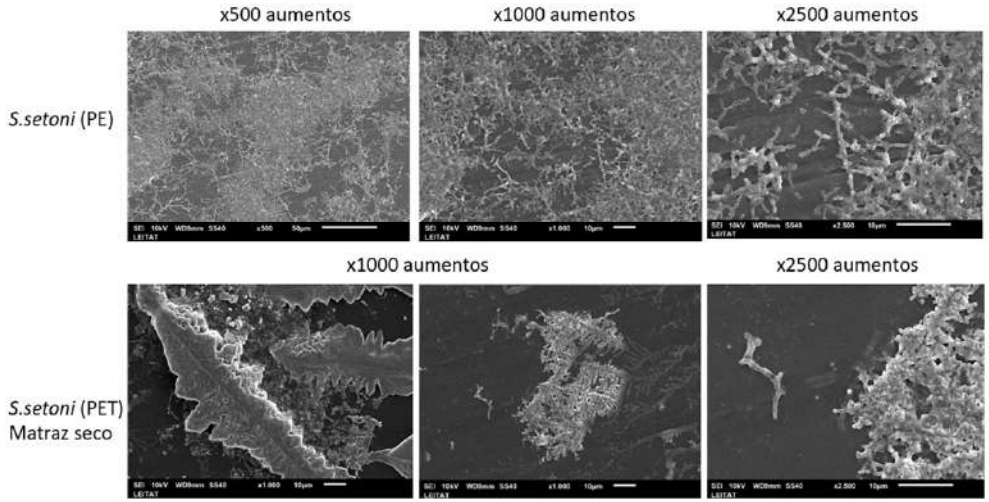
Control negativo PE (x2500 aumentos)

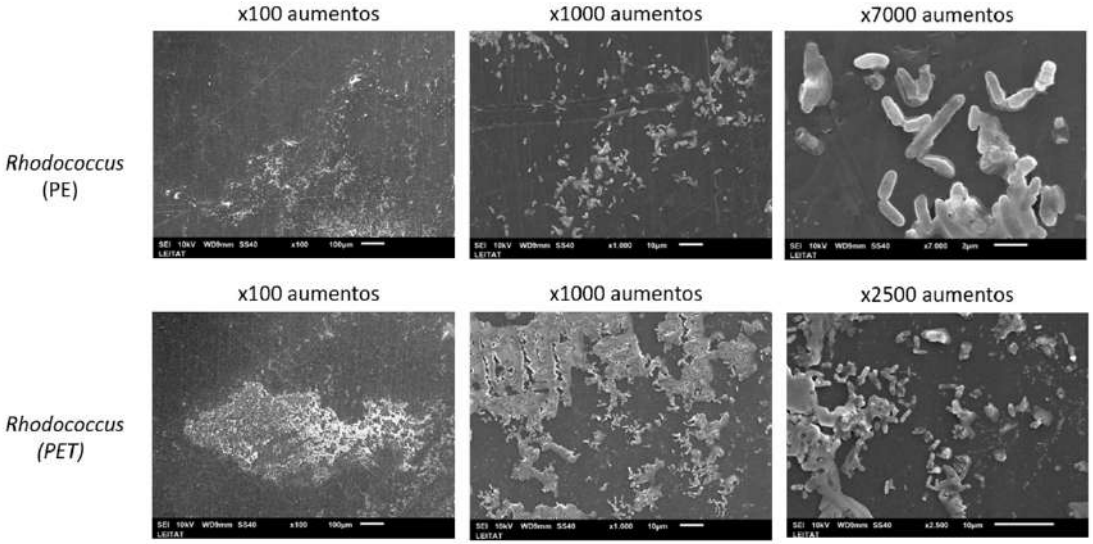


Control negativo PET (x1600 aumentos)



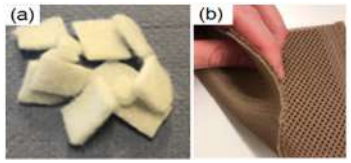






Investigación de cepas bacterianas capaces de formar biofilm sobre el material electrostático de relleno seleccionados para el biofiltro

Muestras analizadas:

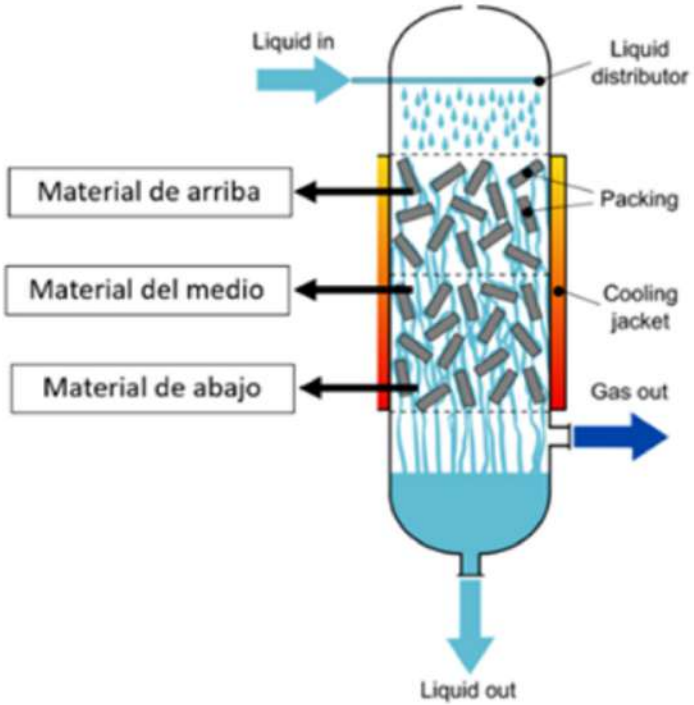


Material de relleno del reactor de diferentes secciones:

top, medium, bottom

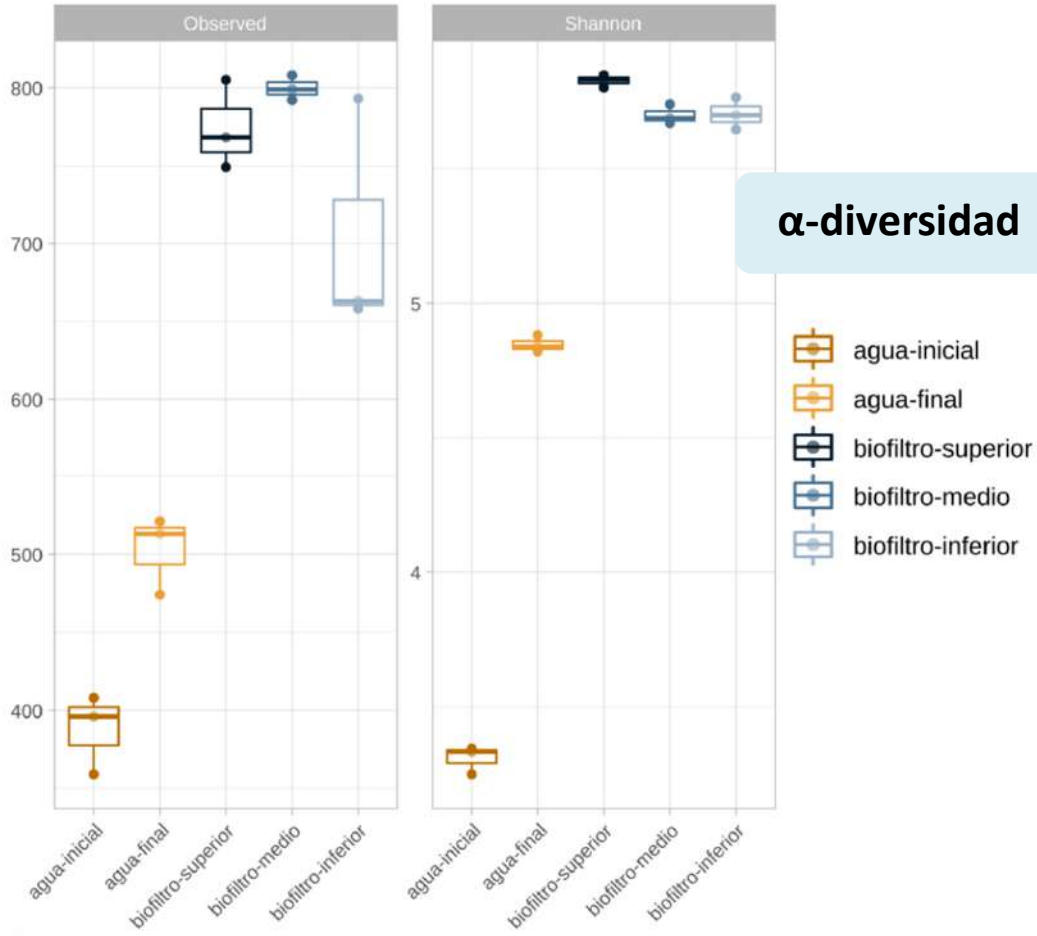
Agua PRE y POST ensayo

Trickle-bed reactor



Investigación de cepas bacterianas capaces de formar biofilm sobre el material electrostático de relleno seleccionados para el biofiltro

45 días



α-diversidad

La **α-diversidad** mide la riqueza bacteriana (especies distintas) que hay en una muestra.

A mayor diversidad composicional (más especies distintas), mayor es este parámetro.

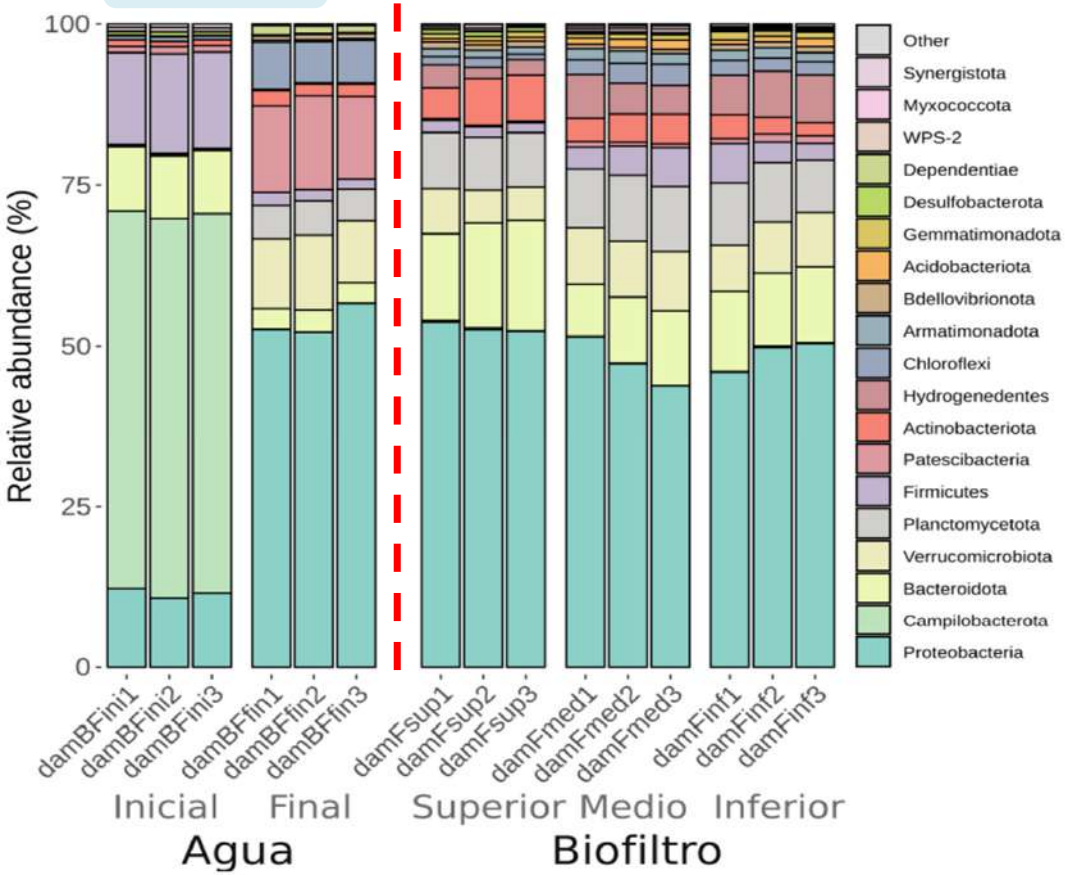
En el biofiltro se ha observado valores más elevados de **α-diversidad.**

Retención de la comunidad bacteriana.

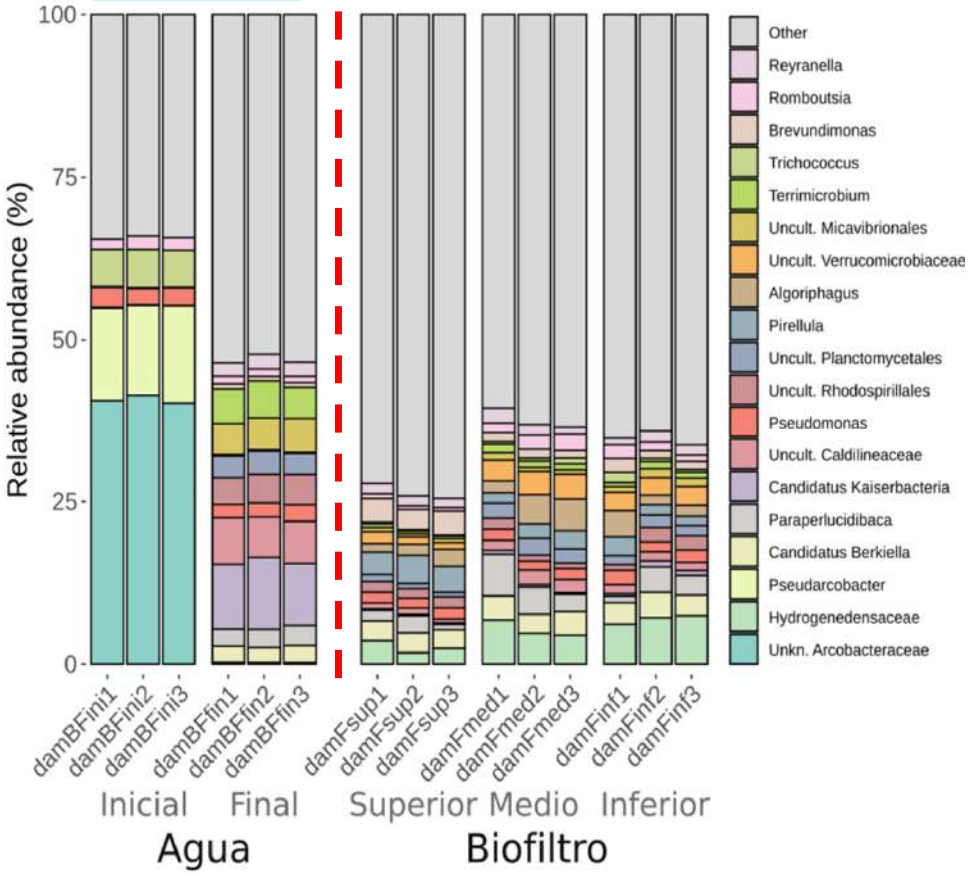
Investigación de cepas bacterianas capaces de formar biofilm sobre el material electrostático de relleno seleccionados para el biofiltro

45 días

Filo



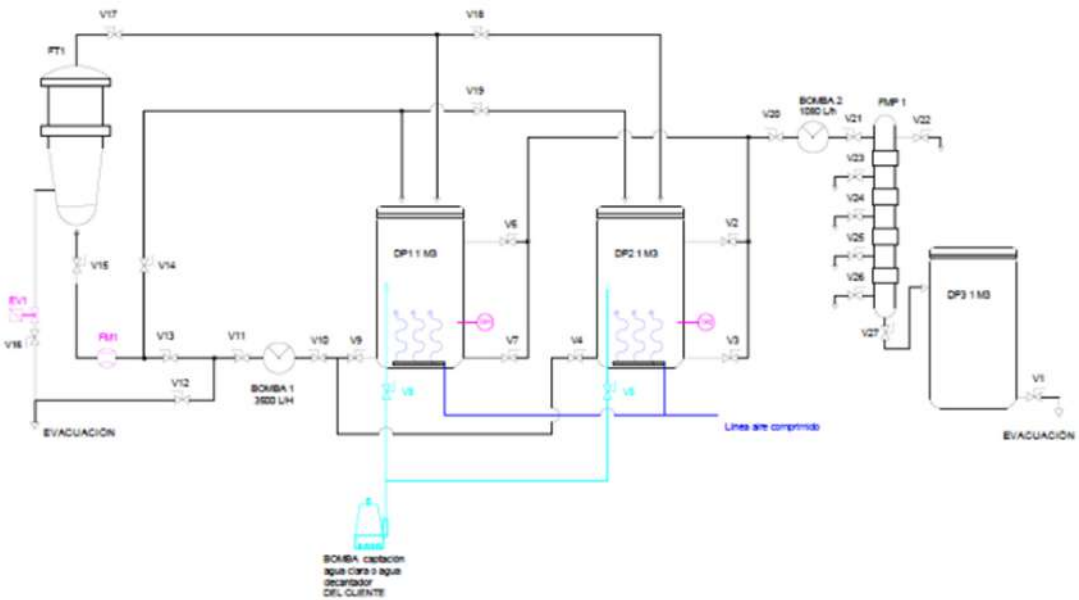
Género



OTROS PROYECTOS:

Planta piloto ENZYCLE

Recuperación de MPs de aguas residuales para posterior digestión enzimática



Efecto sinérgico de las enzimas para la degradación de MPs en la digestión anaerobia y tratamientos de compostaje

Biodegradación de material PP/PE. Día 89:

Control	3,97%
Consorcio bacteriano 3 (PP)	4,95 %
Consorcio bacteriano 5 (PP)	5,34 %
Consorcio bacteriano 6 (PE)	**5,97 %**
Consorcio bacteriano 7 (PE)	5,89 %

La biodegradación de los polímeros ha sido medida considerando la producción de CO_2.

CONCLUSIONES

- Se corrobora la eficacia del sistema de la planta piloto de remover microfibras/microplásticos del agua residual.

- Los diferentes resultados obtenidos con relación a concentración inicial de microfibras en la planta piloto tras tratamiento de distintas EDARs podrían estar relacionados con la población y las actividades realizadas en el entorno.

- Se ha observado una mayor concentración en las muestras de fango en comparación a las muestras de aguas residuales. La mayor concentración de microplásticos en el fango ha sido reportada en estudios recientes y estaría relacionada a adsorción de estas micropartículas en la estructura del floculo del fango.

- *Proteobacteria* fue el filo predominante en las muestras de biofiltro en los ensayos de 10 y 45 días. Este filo es relacionado la formación de biofilms en plásticos.

- La abundancia de ciertas bacterias involucradas en la degradación de plásticos y otros compuestos sintéticos aumenta en el biofiltro, indicando que este soporte puede ser un nicho ecológico para el desarrollo de microorganismos con la capacidad de eliminar los microplásticos que quedan retenidos en el filtro.

I Jornada sobre

Tecnología e Innovación en Saneamiento y Depuración

Oviedo, 6-7 de junio 2022

PONENCIA

Contaminantes emergentes. Sistemas de tratamiento Alternativos e Innovadores

Proyecto CovRed. Análisis del Sars-Cov-2 en el agua residual.

Pedro Menéndez Rodríguez. Director Gerente. Empresa Municipal de Aguas de Gijón (EMA).

Patrocinado por:
OVIEDO
Consorcio de Aguas
Gobierno del Principado de Asturias

ÍNDICE

1) Características generales del Proyecto
2) Fases de desarrollo:
   - Fase (I). Identificación de infraestructuras de la red y análisis previos.
   - Fase (II). Método de preparación y concentración de la muestra.
   - Fase (III). Prototipo del sistema robótico de extracción del genoma.
   - Fase (IV). Prototipo del sistema robótico de cuantificación del genoma
   - Fase (V). Prueba del prototipo en las redes de saneamiento
3) Descripción del prototipo CovRed
4) Principales desarrollos
5) Retos
6) Agradecimientos

1) Características generales del Proyecto

- Inicio del proyecto en junio de 2020, con la firma del memorando de acuerdo entre socios.
- Objetivos iniciales:
  - Desarrollar e implantar equipo de detección del SARS-Cov-2 en aguas residuales.
  - Análisis automatizado.
  - Envío de resultados a distancia.
  - Sistema de alerta temprana de brotes con varias semanas de antelación.
- Empresas y organismos participantes:
  - Magna Dea.
  - Área de Microbiología de la Universidad de Oviedo.
  - Consorcio de Aguas de Asturias.
  - Empresa Municipal de Aguas de Gijón.
- Proyecto subvencionado por el Instituto de Desarrollo Económico del Principado de Asturias (IDEPA)
  - Primera convocatoria, de 178.000 €, aprobada y justificada, para el desarrollo de 2 prototipos.
  - Segunda convocatoria, de 115.000 €, aprobada y en desarrollo, para la mejora del sistema de ultrafiltración, optimización del equipo y análisis de datos.

2) Fases (I). Identificación de infraestructuras de la red y análisis previos.

- Infraestructuras de sistemas generales de saneamiento y depuración (CADASA)

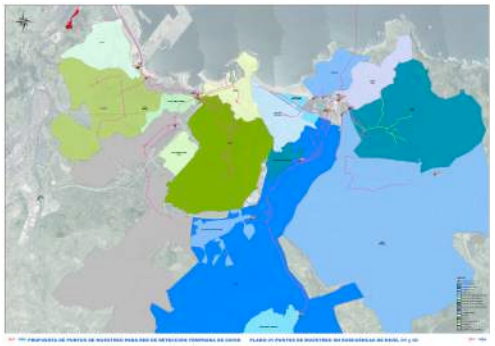
  CADASA explota 35 sistemas de saneamiento que incluyen 32 EDARs, 183 EBARs y 246 instalaciones de diversos usos: aliviaderos, galerías, vórtices, etc.

- Infraestructuras en redes de colectores urbanos (EMA)

  EMA explota las infraestructuras del ciclo integral del agua en Gijón. Más de 1000 km de redes de colectores divididos en 2 cuencas.

  En fase de estudio se sectorizó la red de colectores clasificando los puntos de muestreo en diferentes categorías.

  Se seleccionaron 18 puntos en la red de colectores y 12 puntos singulares de interés en centros sanitarios educativos, residencias de mayores, etc.



  Para cada punto se obtuvo información relevante (superficie de la cuenca, población por grupos de edad, residencias de mayores, centros educativos...)

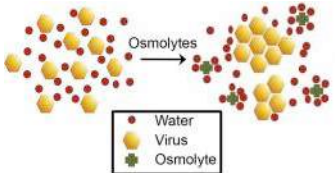
2) Fases (I). Identificación de infraestructuras de la red y análisis previos.

- En Gijón se seleccionaron 5 puntos en los que se recogieron 10 muestras de aguas residuales, integradas de 4 horas, en las que se analizó el contenido del Sars-Cov-2 en laboratorio homologado.
- 4 puntos de muestreo en la red:
  - Entrada EDAR Este.
  - La Providencia (zona residencial de baja densidad).
  - Nuevo Roces (barrio residencial de alta densidad).
  - Entrada EDAR Oeste.
- 1 punto de muestreo singular: hospital de Cabueñes.
- En casi todas las muestras se obtuvieron resultados positivos coherentes con la evolución de la pandemia.
- Destaca la variabilidad de los resultados obtenidos en el hospital de Cabueñes.

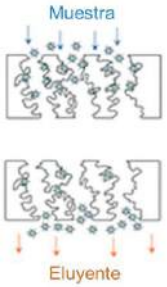
Texto Largo Ubicación Técnica	Nombre común ubicación	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
GIJÓN. N0. GI-O-001.	EPAR Figar (entrada Reguerona)	1.248.697	1.049.732	1.631.473	7.057.293	2.900.305	244.733	512.036	182.123	166.655	53.429
GIJÓN. N1. GI-E-004_B.	Colector Providencia (TT Hnos Castro)	3.223.386	877.919	450.951	5.381.430	2.707.778	3.443.226	55.275	18.879	178.814	243.746
GIJÓN. N0. GI-E-005.	EPAR El Pisón	489.117	1.915.035	2.936.950	7.800.017	1.696.572	6.603.935	271.900	1.096.259	182.659	25.831
GIJÓN. N1. GI-E-008.	Aliviadero Nuevo Roces	10.172.183	795.194	16.139.455	7.774.235	1.759.096	3.736.105	966.392	81.638	0	5.851
GIJÓN. N1. GI-E-009p.	Hospital Cabueñes - Rehabilitación	44.756.676	334.119	18.658.581	30.415.893	1.384.724	1.046.534	22.678.742	3.194.943	44.394.531	4.155.790

2) Fases (II). Método de preparación y concentración de la muestra.

- La detección y cuantificación por qRT-PCR de virus desde aguas residuales necesita un paso previo de concentración de las partículas virales presentes en el agua residual.
- Métodos estudiados:
  - A) De floculación.
    Usado por el CSIC (Protocolo "Detección de SARS-CoV-2 en aguas residuales, versión 1.11, noviembre 2020").
    Requiere la adición de un floculante tóxico ($AlCl_3$) a la muestra de agua residual (200 mL) y varias etapas de ajuste del pH hasta alcanzar un valor de pH 6.
    Descartado para este proyecto por la dificultar de automatizar el ajuste del pH.



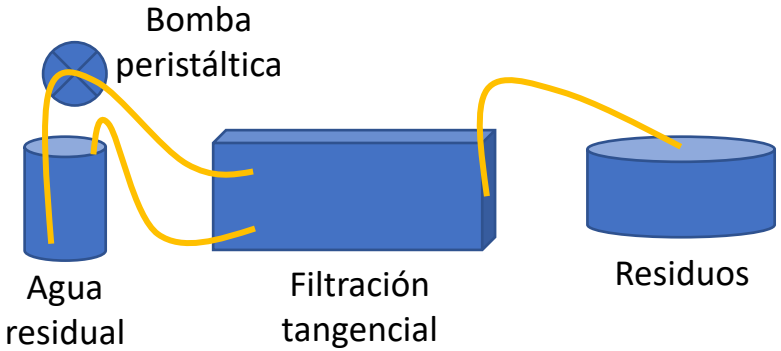
  - B) De adsorción a membranas.
    Tecnología en la que las partículas virales se unen a diferentes tipos de membranas.
    Necesitan muestra de agua libre de partículas macroscópicas (agua potable, fluvial, etc).
    Descartado para este proyecto por la alta turbidez del agua residual.



2) Fases (II). Método de preparación y concentración de la muestra.

- Métodos estudiados:
  - C) Ultrafiltración por centrifugación.
    Requieren de un filtro de fibras inertes (sin carga eléctrica), aplicando presión por centrifugación a la muestra, para pasar el volumen de la misma a través de éste.
    Descartado en este proyecto por la dificultad de automatización de la técnica de centrifugación.

  - D) Ultrafiltración con cartuchos de flujo tangencial.
    En el proyecto COV-RED, en cambio, el método de concentración elegido emplea cartuchos de ultrafiltración por flujo tangencial, sobre una membrana de baja adsorción sin carga eléctrica neta. Al final del proceso se obtiene una solución acuosa concentrada al menos 25 veces.
    Con este método se reduce 5 veces el tiempo necesario para la fase de concentración pasando de 2,5 h con el método del CSIC a aproximadamente 30 minutos.

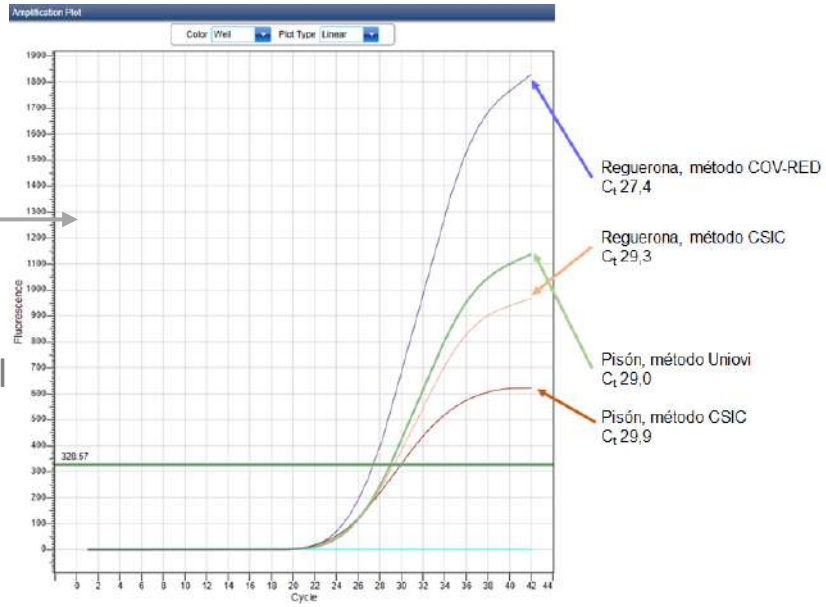


2) Fases (II). Método de preparación y concentración de la muestra.

- Comparación de los protocolos de concentración de CSIC y CovRed:

  En el laboratorio de la Universidad de Oviedo se concentraron muestras de aguas residuales procedentes de las dos depuradoras de Gijón, obteniendo los resultados que se muestran en la siguiente gráfica:

  En ambos casos las señales de amplificación por qRT-PCR obtenidas son mejores con el método COV-RED, siendo el ciclo Ct (ciclo umbral o threshold) en ambos tipos de agua residual siempre al menos un ciclo de qRT-PCR menor con el protocolo COV-RED.



- Dentro del proyecto COV-RED se ha diseñado y fabricado un sistema de concentración que realiza de forma automática todo el proceso, incluyendo la fase de lavado de la membrana al finalizar la concentración.

2) Fases (III). Prototipo del sistema robótico de extracción del genoma.

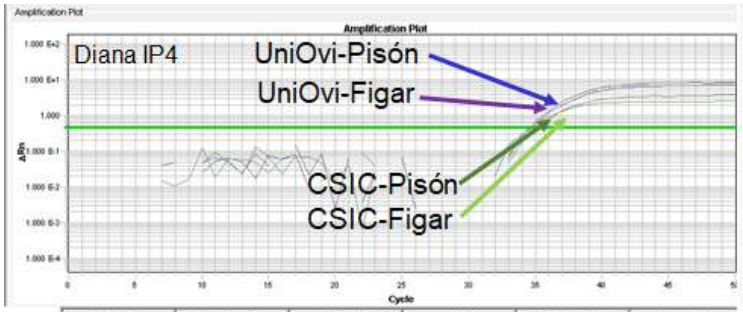
- En el mercado existen diversos métodos de extracción de genoma viral basados en el uso de membranas u otros materiales con afinidad por el ácido nucleico correspondiente (RNA o DNA). Esta afinidad está basada en cargas electrostáticas, positivas en el material utilizado, capaces de unir las cargas negativas de los grupos fosfato presentes en los nucleótidos (A, C, G o T/U) del material genético a purificar.
- En el proyecto COV-RED, la tecnología de extracción de RNA viral elegida finalmente, por su capacidad para ser automatizada, es la de extracción mediante nanoesferas magnéticas recubiertas de un polímero con afinidad por RNA.
- La automatización del proceso de extracción del genoma se ha realizado utilizado un robot OT-2 configurado con los siguientes accesorios:
  - Micropipetas electrónicas de un solo canal
  - Módulo magnético
  - Gradilla para tubos Eppendorf de 1,5 mL
  - Gradilla para tubos Falcon de 15 mL
  - Cajas desechables de puntas con filtro

2) Fases (IV). Prototipo del sistema robótico de cuantificación del genoma

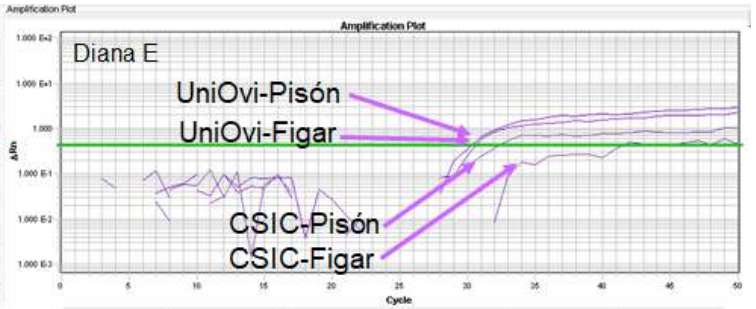
- Existen diferentes métodos de cuantificación del genoma viral del SARS-CoV-2 mediante qRT-PCR cuyas principales diferencias son:
  - Origen de enzimas y reactivos.
  - Tipo de diana genética del virus usada para detección / cuantificación.
  - El uso o no de sondas TaqMan.
- En el marco del proyecto se probaron varios métodos:
  - Método comercial Dtec-RT-qPCR Test (Genetic PCR Solutions).
    Descartado porque no produjo señal de amplificación en ninguna de las muestras analizadas.
  - Protocolo de amplificación de dianas N1 y N2.
    Descartado (pese a que la reacciones con la diana genómica N2 funcionaba perfectamente) al obtener amplificaciones positivas con la diana N1 con pocillos preparados como controles negativos.
  - Protocolo basado en dianas genómicas IP4 y E.
    Método que fue inicialmente validado y publicado por el German Center for Infection Research (Charité Berlin, Corman VM, Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR, 2020).
    Método seleccionado al obtener resultados positivos en todos los ensayos.

2) Fases (IV). Prototipo del sistema robótico de cuantificación del genoma

- Esquemas de amplificación por qRT-PCR para las dianas genómicas IP4 y E del SARS-CoV-2, donde se aprecian las señales fluorescentes producidas y el ciclo Ct de detección.



Sample	Detector	Task	Ct	Ct Median	Quantity
Baina 1 ul					
Figar 10000 ...	IP4	Unknown	34.671288		1,19E2
pison 10000 ...	IP4	Unknown	34.46948		1,38E2
Figar 30000 ...	IP4	Unknown	35.024616		9,11E1
pison 30000 ...	IP4	Unknown	34.742115		1,13E2



Sample	Detector	Task	Ct	Ct Median	Quantity
D12					
Figar 10000 ...	E	Unknown	30.186186		8,51E1
pison 10000 ...	E	Unknown	30.495243		6,92E1
Figar 30000 ...	E	Unknown	41.50615		4,31E-2
pison 30000 ...	E	Unknown	32.2433		2,14E1

- Con la sonda E, la sensibilidad es algo menor que con la sonda IP4, siendo necesario en este caso mayor concentración de genoma viral para generar el mismo ciclo Ct.
- La automatización del proceso de cuantificación del genoma se ha realizado utilizado un segundo robot OT-2 configurado con los siguientes accesorios:
  - Micropipeta electrónica de un solo canal
  - Módulo de temperatura para refrigerar tubos Eppendorf
  - 2 gradillas para tubos Eppendorf de 1,5 ml y Falcon de 15 mL

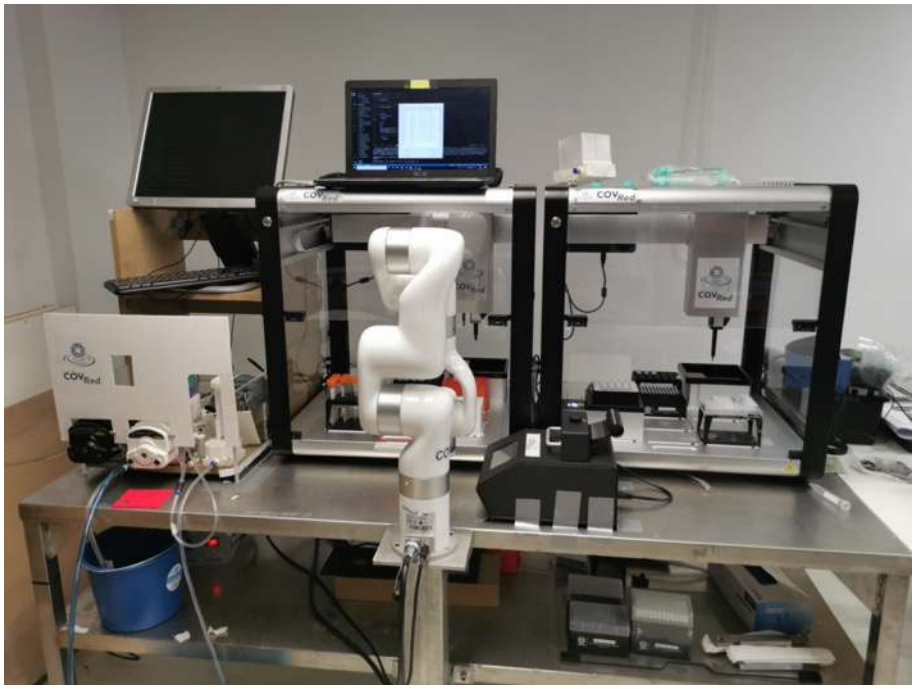
2) Fases (V). Prueba del prototipo en las redes de saneamiento

- Pruebas del prototipo planificada en dos etapas:
  - Etapa inicial en instalaciones de la EMA:
    Ajuste de toma de muestras y adaptación del equipo a entorno real. Finalizada.
  - Etapa final en instalaciones de CADASA:
    Prueba de funcionamiento in situ con agua residual. Pendiente.
- Ajustes realizados en la etapa inicial de pruebas (4 semanas; aliviadero de Nuevo Roces).
  - Refuerzo de seguridad de la instalación previo a la instalación del equipo.
  - Acondicionamiento eléctrico / electrónico de la instalación para poner en marcha el equipo y acceder a él de forma remota.
  - Acondicionamiento antiplagas: lámparas de luz UV, cebos para hormigas y paneles de aireación con filtros para insectos.

3) Descripción del prototipo CovRed

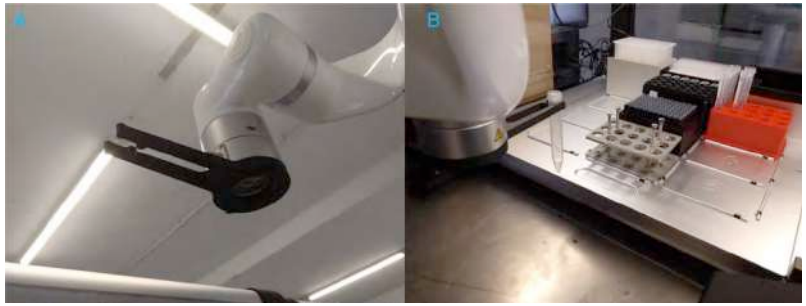
Elementos:

1. Ordenador con programación del proceso completo (Python).
2. Mesa soporte de 190 x 90 cm fabricada en acero inoxidable.
3. Concentrador de agua residual.
4. Robot OT-2 A para extracción de RNA viral.
5. Robot OT-2 B para preparación de mezclas qRT-PCR.
6. Termociclador.
7. Brazo robótico X-Arm.



4) Principales desarrollos

1. Diseño y fabricación de concentrador de muestras de agua residual.
2. Diseño y fabricación de accesorios mediante impresora 3D:
   a) Pinzas para el movimiento de tubos Falcon de 15 ml, Eppendorf de 2 ml y gradillas.



   b) Tapa para reactivos.
   c) Soporte de tubos Falcon de 15 ml, Eppendorf de 2 ml y gradillas.

3. Adaptación del sistema de apertura del termociclador.
4. Desarrollo de sistema de movimiento del brazo robótico mediante mando a distancia.
5. Integración de todo el proceso mediante lenguaje Python.

5) Retos

- Segunda etapa de pruebas en instalación de saneamiento.
- Puesta en marcha de prototipos en instalaciones de CADASA y EMA (Otoño 2022).
- Patente del concentrador de muestras y modelo de utilidad del conjunto.
- Reducción del tamaño y del coste del equipo.
- Estudio de la aplicación para el seguimiento de otras enfermedades: poliomielitis, hepatitis infantil, etc.

6) Agradecimientos

- Magna Dea: Irene Fernández Casares, Francisco García Carro.
- Universidad de Oviedo: Javier Fernández Fernández, Ignacio Gutiérrez-del-Río, Felipe Lombó.
- CADASA: Alberto Villa, Julio Pérez Álvarez.
- EMA: Jorge Fernández Nuevo, José Ángel Sánchez Caso.
- IDEPA: Eva Pando.
- CRUZ ROJA por la mención especial premio Tecnología Humanitaria: David del Valle y José Mª Lana.

https://www.youtube.com/watch?v=RW41A9hOUhQ

I Jornada sobre

Tecnología e Innovación en Saneamiento y Depuración

Oviedo, 6-7 de junio 2022

PONENCIA

Contaminantes Emergentes. Sistemas de tratamiento Alternativos e Innovadores

La adsorción para la eliminación de contaminantes en aguas.

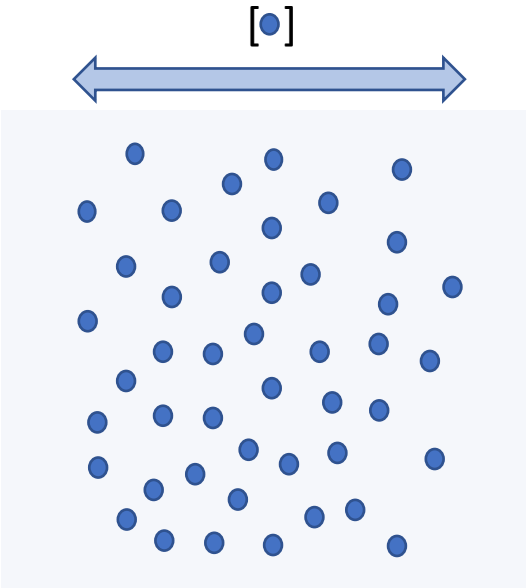
Miguel Montes. Investigador. INCAR-CSIC

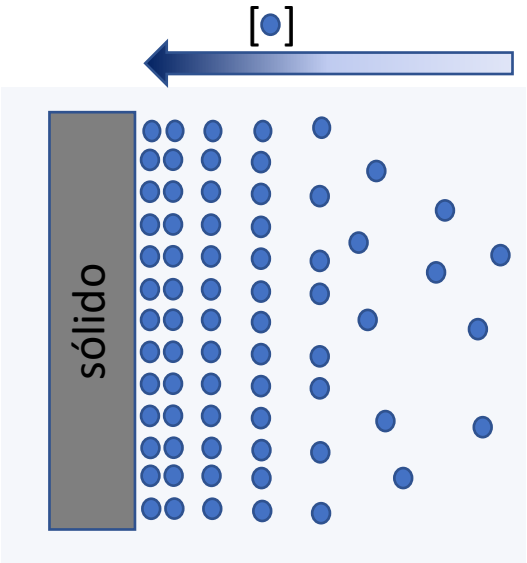
Patrocinado por:

OVIEDO

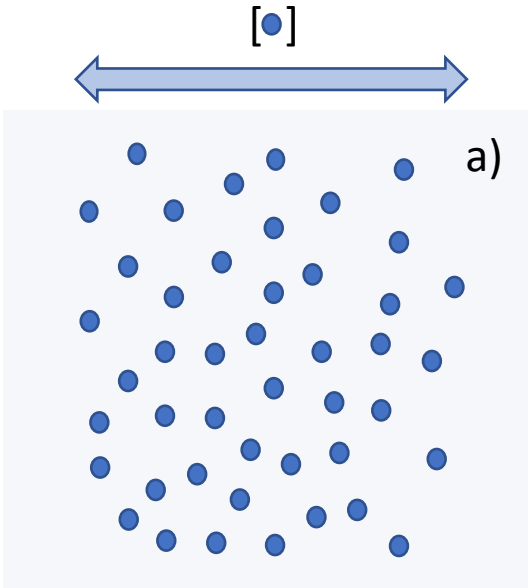
Consorcio de Aguas

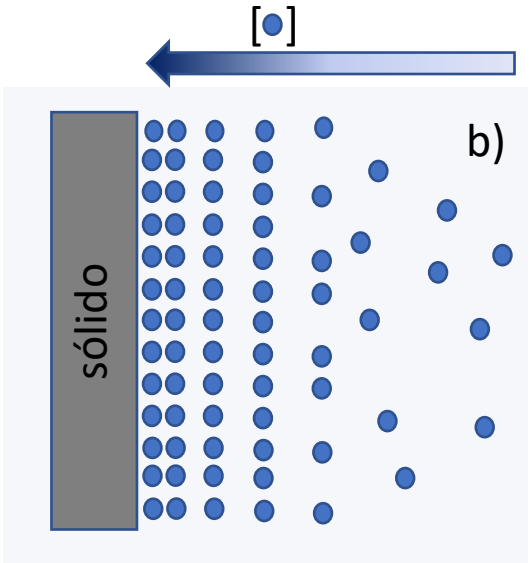
Gobierno del Principado de Asturias

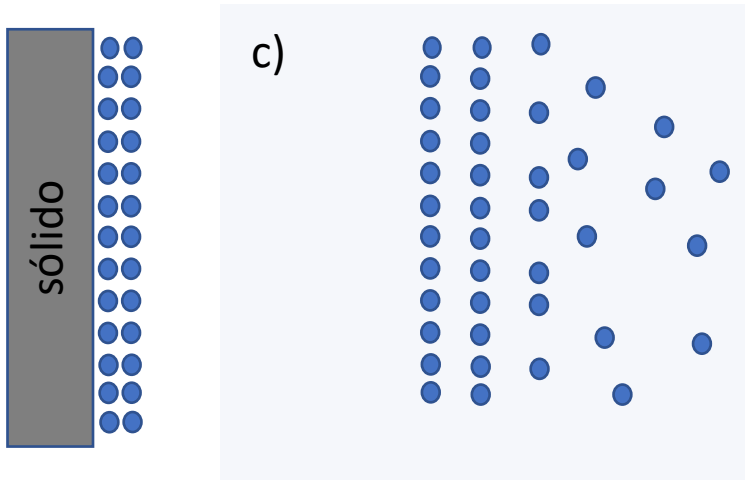


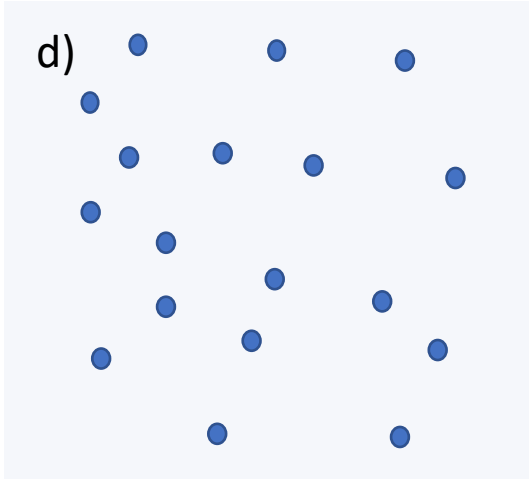


ADSORCIÓN
($\Delta G_{ads} < 0$)

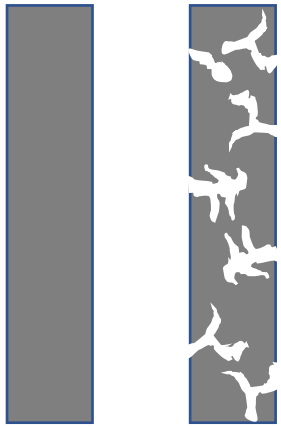

[•]
a)


[•]
b)
sólido


sólido
c)

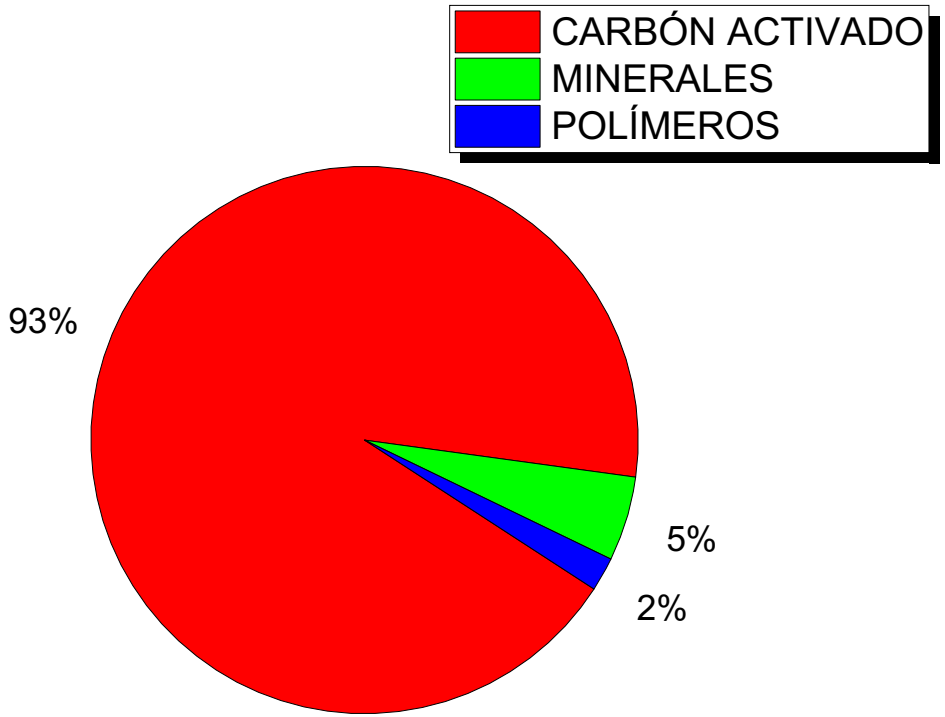

d)

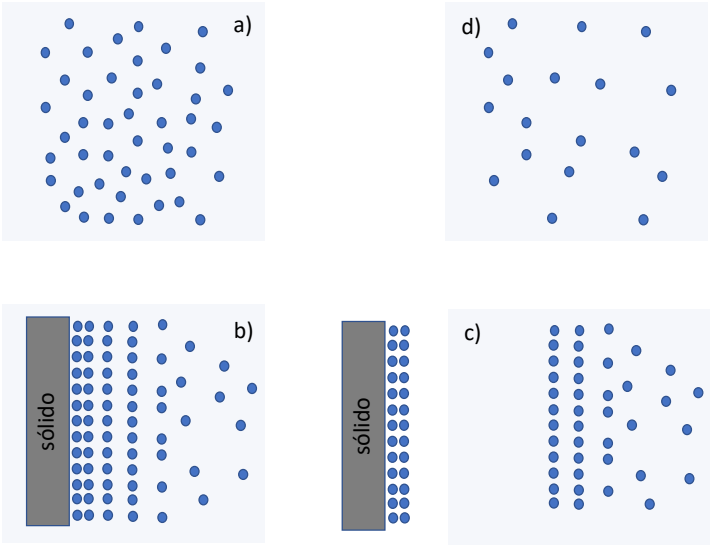
ADSORBENTES



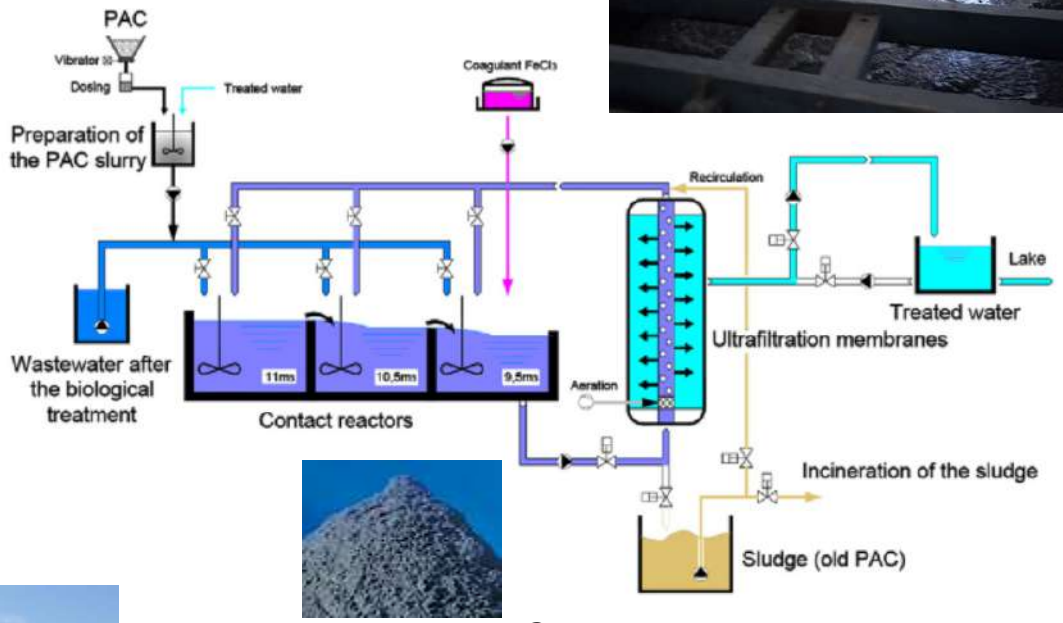
S_{esp}, S_{BET} (m^2/g)

(> 300 m^2/g)





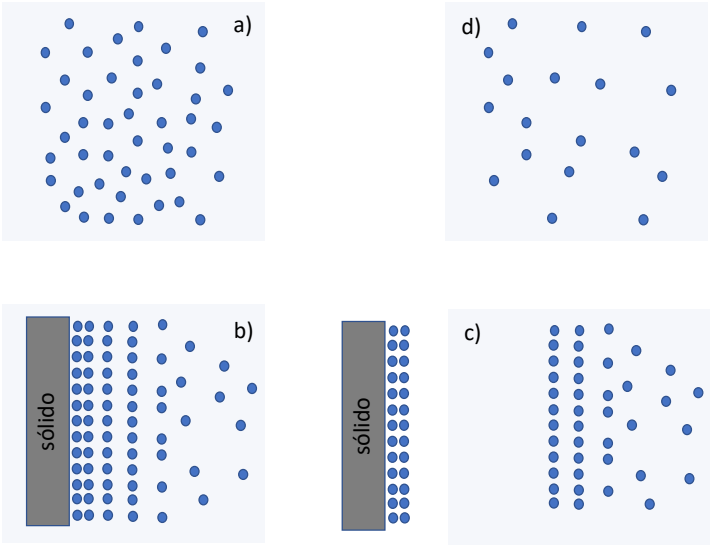
TANQUES



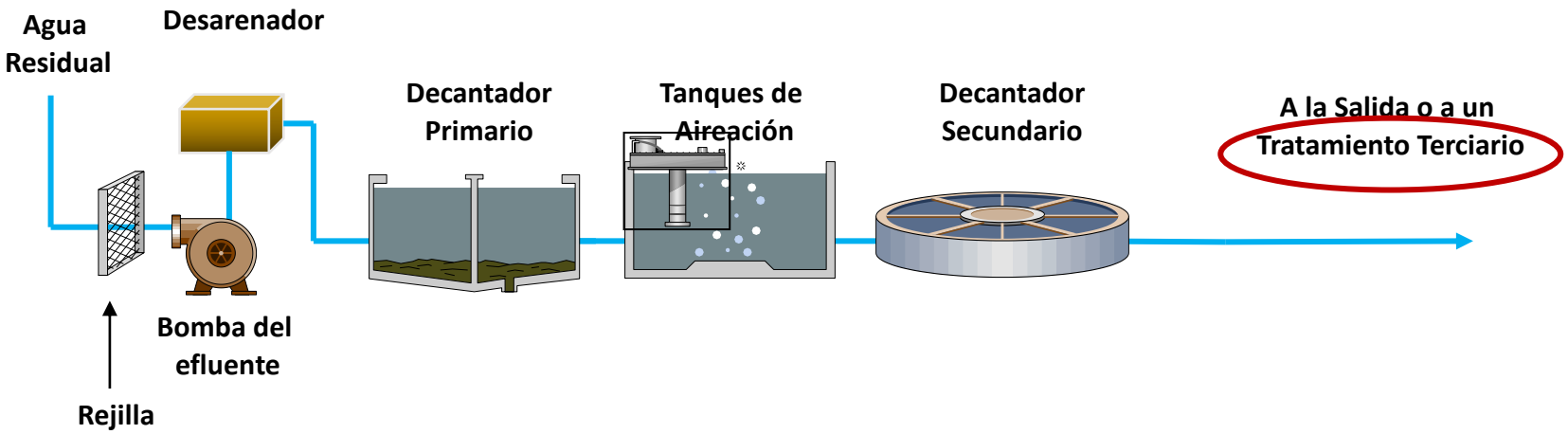
PAC

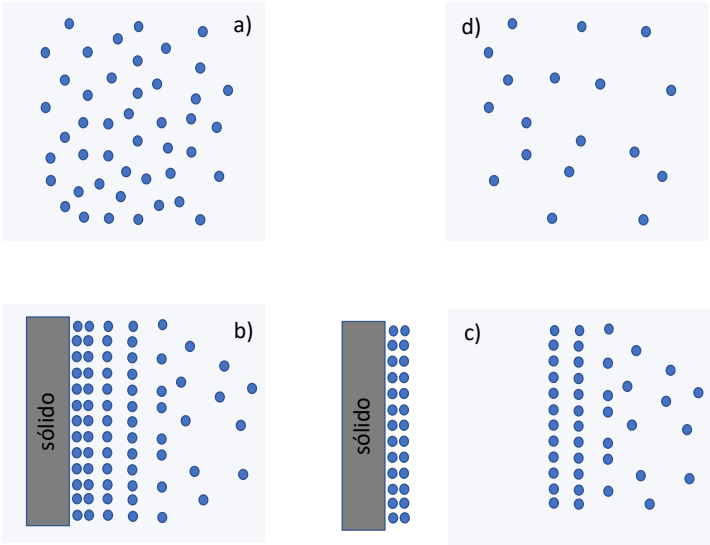
FILTROS

GAC

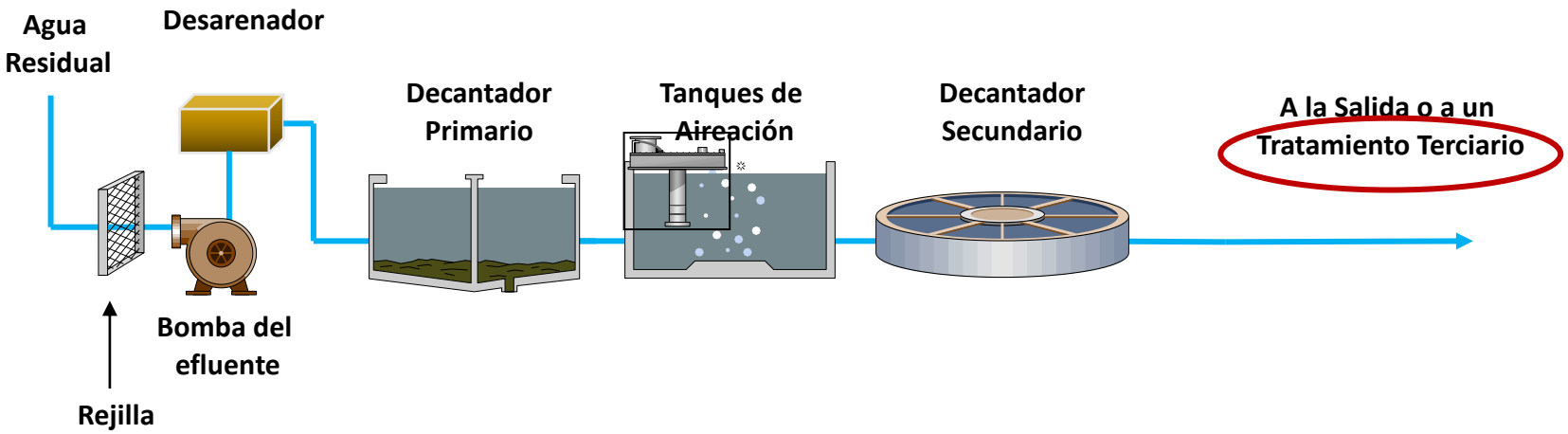

a)
d)
b)
sólido
sólido
c)

Water Source
Treatment Plant
(Makes water safe to drink)
Flocculation
Coagulation
Coagulation chemicals added
Sedimentation
Filtration
Disinfection
Community
Utility delivers water to the community
CDC
cdc.gov/drinkingwater


Agua Residual
Desarenador
Decantador Primario
Tanques de Aireación
Decantador Secundario
A la Salida o a un Tratamiento Terciario
Bomba del efluente
Rejilla


a)
d)
b)
sólido
sólido
c)

Water Source
Treatment Plant
(Makes water safe to drink)
Flocculation
Coagulation
Coagulation chemicals added
Sedimentation
Filtration
Disinfection
Community
Utility delivers water to the community
CDC
cdc.gov/drinkingwater


Agua Residual
Desarenador
Decantador Primario
Tanques de Aireación
Decantador Secundario
A la Salida o a un Tratamiento Terciario
Bomba del efluente
Rejilla

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas

INCAR

MCAT

CARBONES ACTIVADOS

PREPARACIÓN/MODIFICACIÓN

Residuos (biomásicos, industriales)

Química superficial “a la carta”

Regeneración

CARACTERIZACIÓN

Porosidad

Composición

Química superficial

Propiedades mecánicas (atrición)

Tamaño de partícula

APLICACIÓN

Fase Líquida
(orgánicos, aniones, cationes, µcontaminantes)

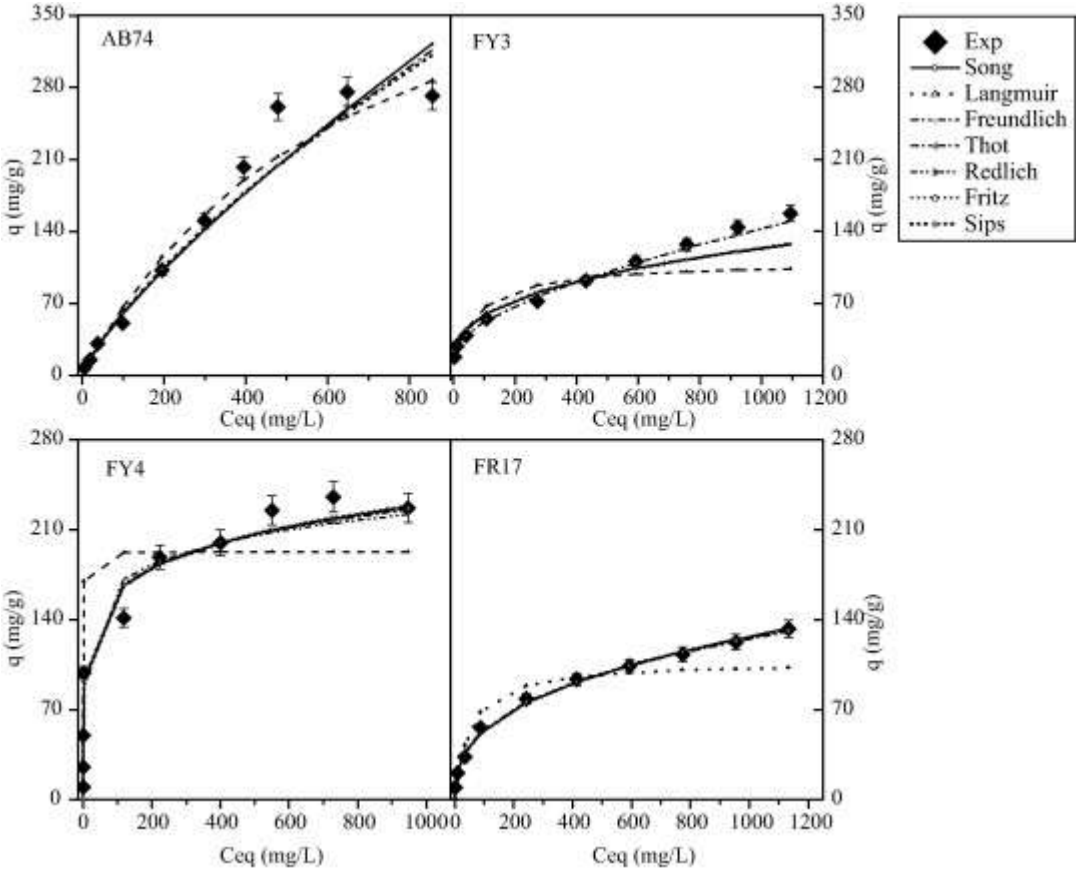
Fase Gas
(H_2S, NH_3, siloxanos, COVs)

APLICACIÓN

Fase líquida

Escala laboratorio (25-5000 ml)

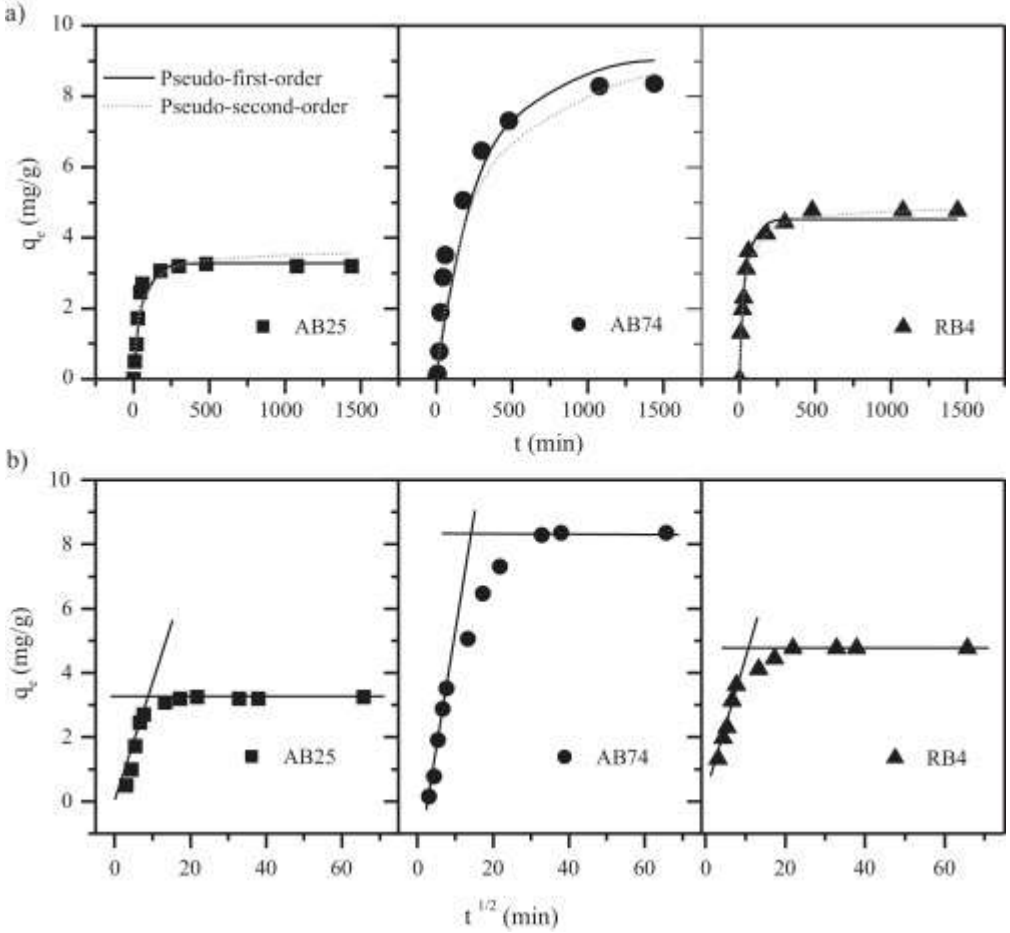
Isotermas de adsorción (capacidades de adsorción)



APLICACIÓN
Fase líquida

Escala laboratorio (25-5000 ml)

Cinéticas de adsorción (tiempos de contacto)



APLICACIÓN
Fase líquida

CONTAMINANTES

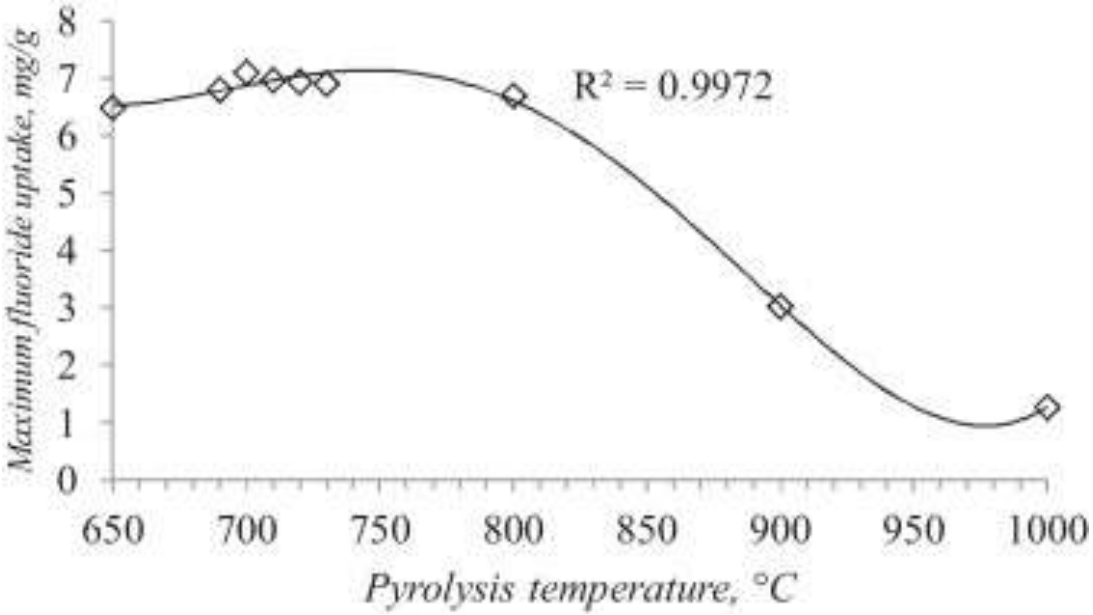
Colorantes

BTX

Micro: salicílico, diclofenaco, diurón

Fluoruros

Carbones de hueso



APLICACIÓN

Fase líquida

AGUAS

Sintéticas

Residuales

Industriales

CA modificado

Table 5
Concentration of inorganic species, pH and temperature of the water sample collected from nickel-plating bath 1 (18/02/2019).

Element	Concentration, mg/L	pH	Temperature, °C
Al	48.3	5	30
B	3792.8	5	30
Ca	289.0	5	30
Mg	35.3	5	30
Ni	59900.0	5	30
Zn	85.85	5	30
K	358.8	5	30
Na	122.0	5	30
Si	215.8	5	30
Cu	2.8	5	30
Li	4.0	5	30
Mn	35.0	5	30

APLICACIÓN

Fase líquida

AGUAS

Sintéticas

Residuales

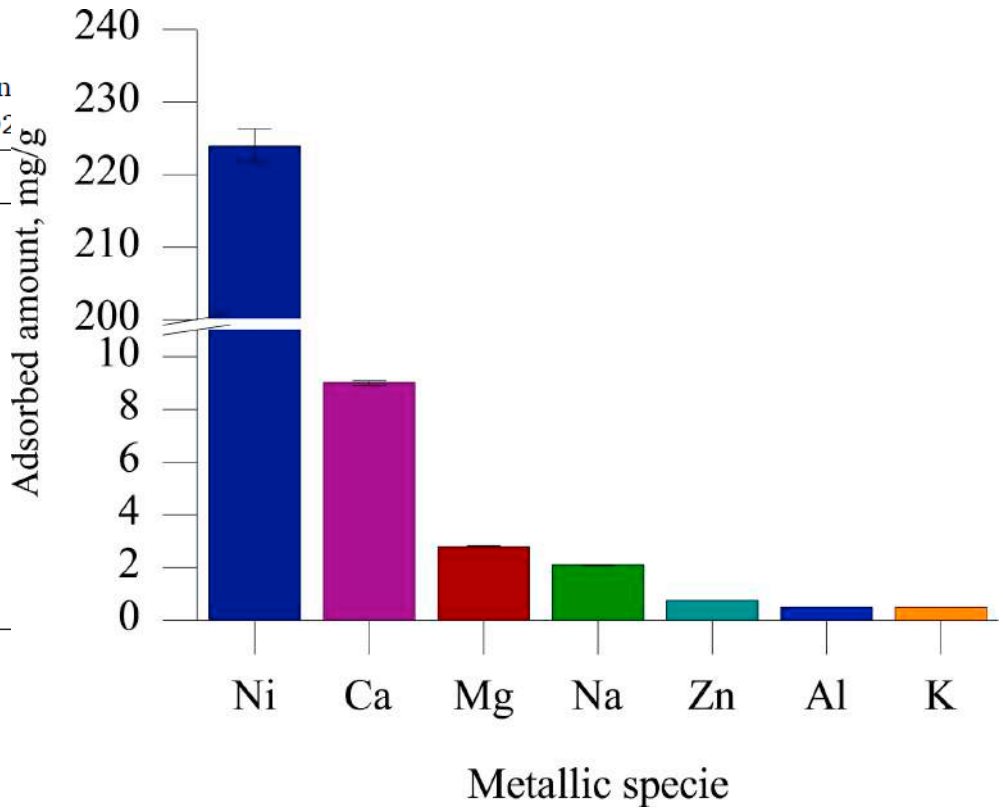
Industriales

CA modificado

Table 5

Concentration of inorganic species, pH an
collected from nickel-plating bath 1 (18/02

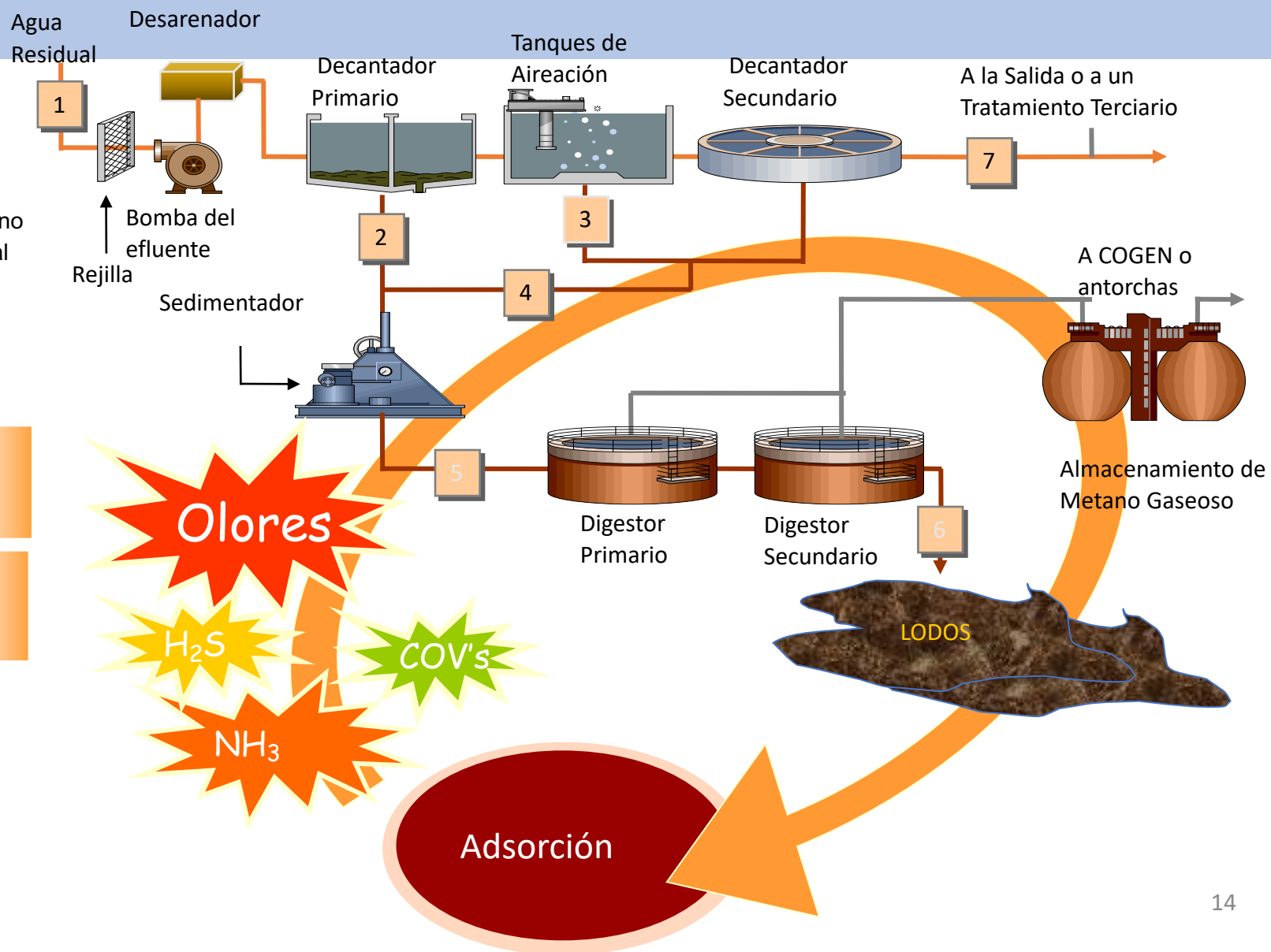
Element	Concentration, mg/L
Al	48.3
B	3792.8
Ca	289.0
Mg	35.3
Ni	59900.0
Zn	85.85
K	358.8
Na	122.0
Si	215.8
Cu	2.8
Li	4.0
Mn	35.0



APLICACIÓN

Fase gas

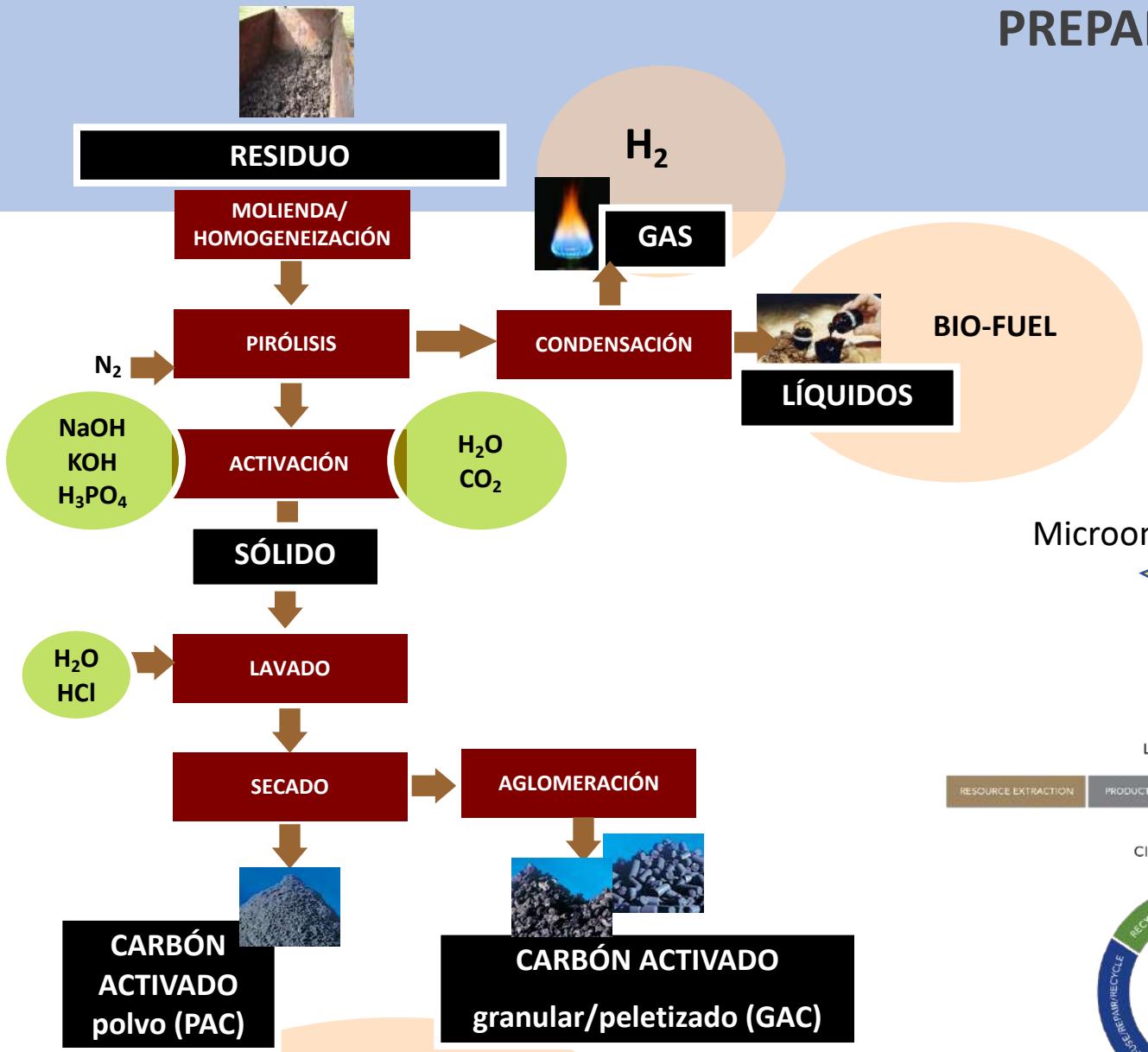
1. Agua Residual
2. Lodo Primario
3. Lodo Activado de retorno
4. Lodo Activado Residual
5. Lodo Sedimentado
6. Lodo Digerido
7. Aditivos Químicos



Degradación Microbiana

Volatilización parcial M.O.

PREPARACIÓN/MODIFICACIÓN



Efluentes Líquidos/
Efluentes Gaseosos

HORNOS, Escala laboratorio (1-100 g)

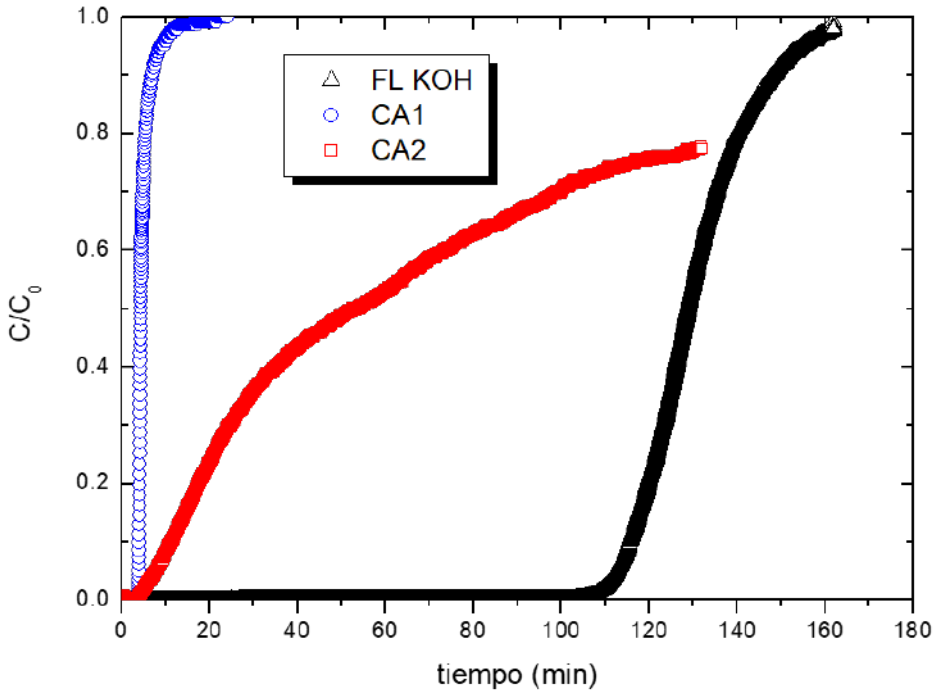
Microondas

Waste is food

(1st principle of the circular economy)

APLICACIÓN
Fase gas

FL KOH: Carbón activado a partir de lodo



Materiales en polvo

Muestra	(X/M)	t_r	L_0/H_{ztm}	ϕ
	mg g^{-1}	min		
FL KOH	388	110	2.46	0.408
CA1	33	4	0.61	0.341
CA2	195[a]	5	-[a]	-[a]
Carbón Alphacarb[b]	166	68	0.507	0.297

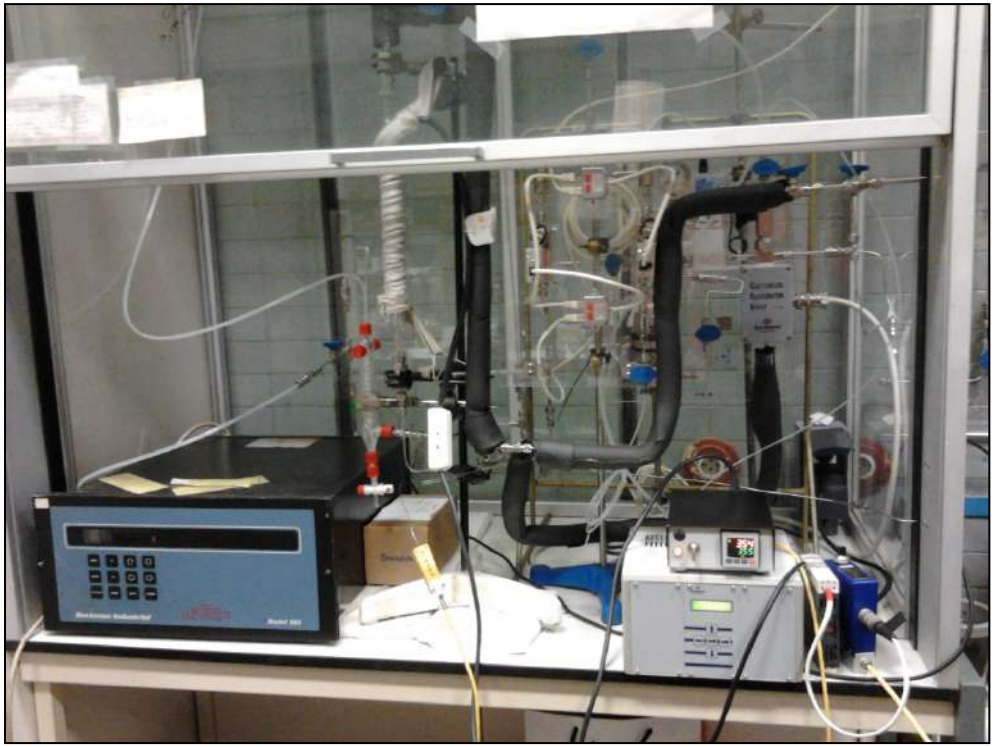
Materiales en pellets

Muestra	(X/M)	t_r	L_0/H_{ztm}	ϕ
	mg g^{-1}	min		
Sulfatreat	87	202	0.512	0.431
Alphacarb	225	89	0.525	0.436
Betasorb	421	103	0.592	0.510

APLICACIÓN

Fase gas

Escala laboratorio (hasta 50 g)



Escala piloto (hasta 300 kg)

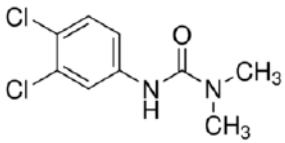
PREPARACIÓN/MODIFICACIÓN

Regeneración

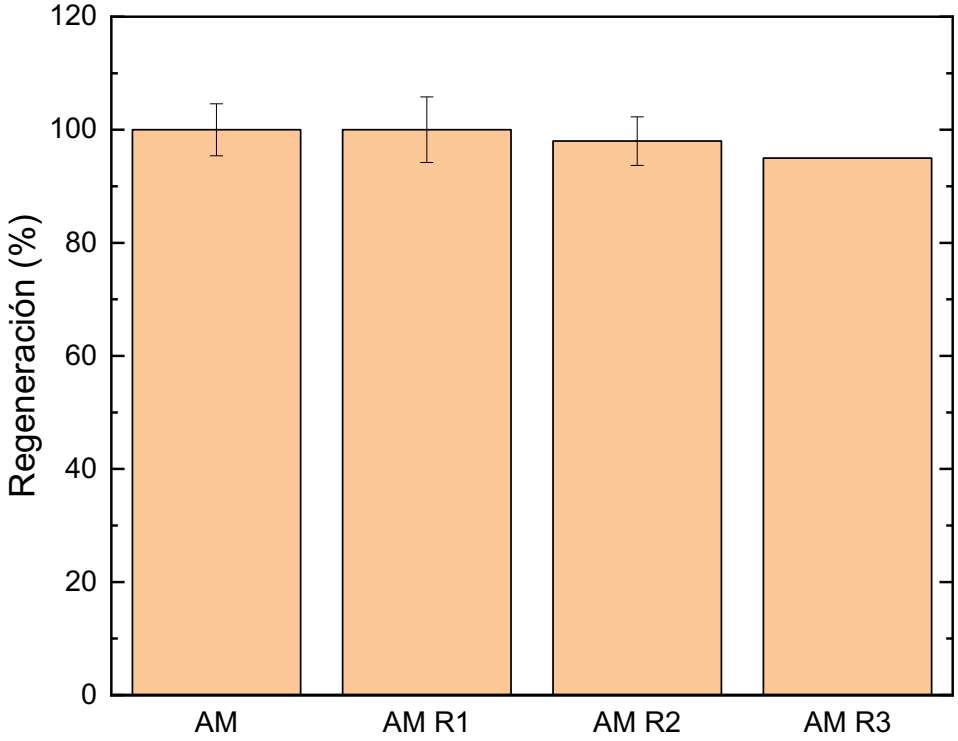
TÉRMICA

HORNOS, Escala laboratorio (1-100 g)

Microondas

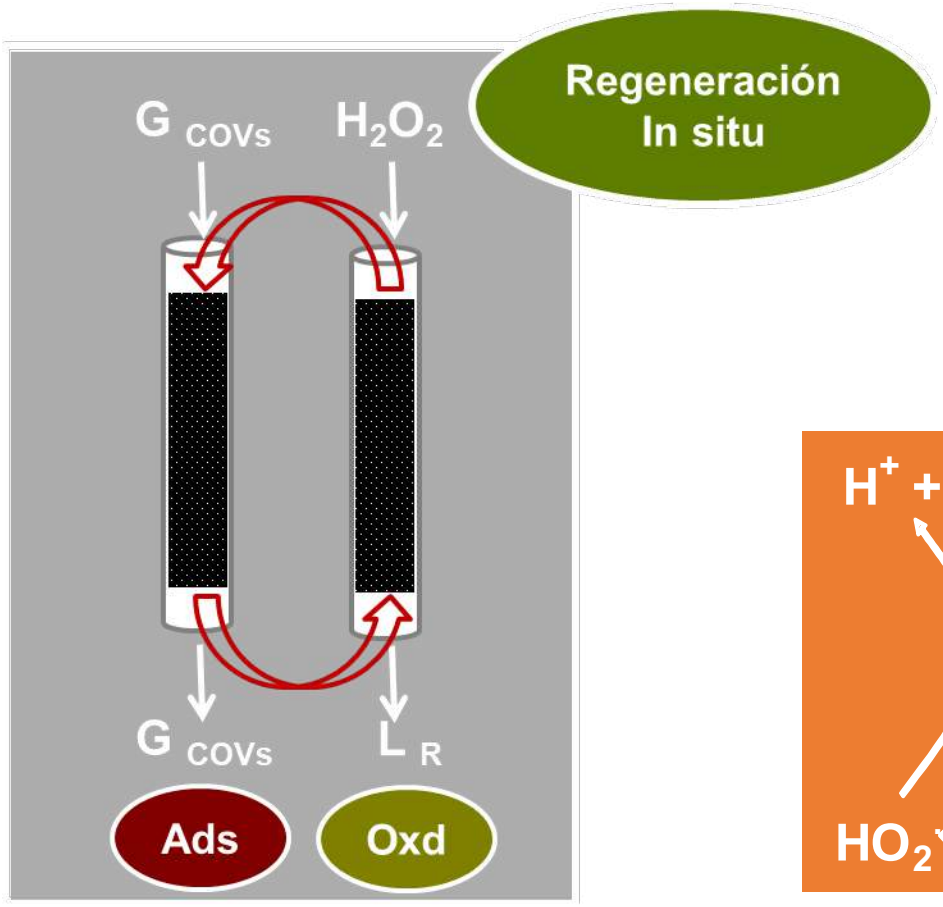


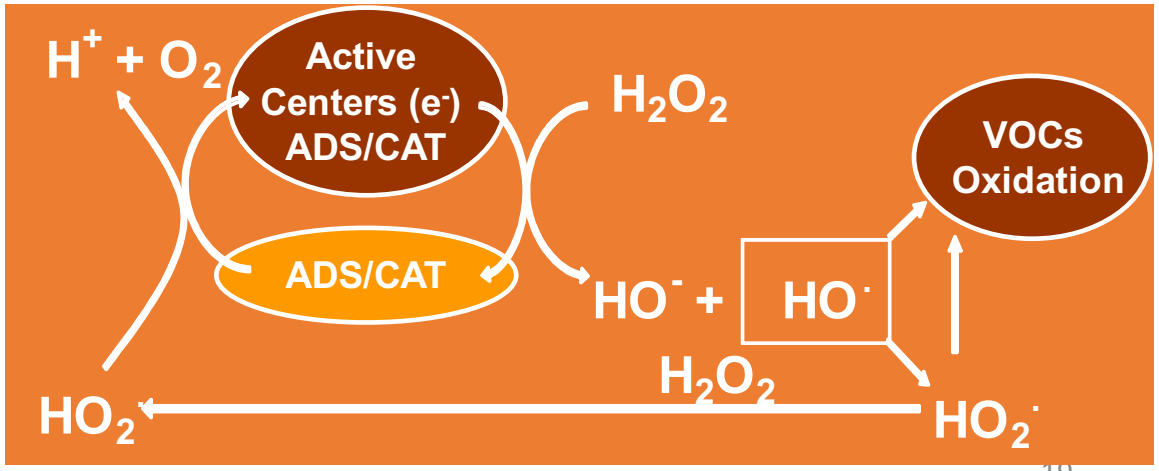
DIURÓN



700ºC / 0.5h / N_2

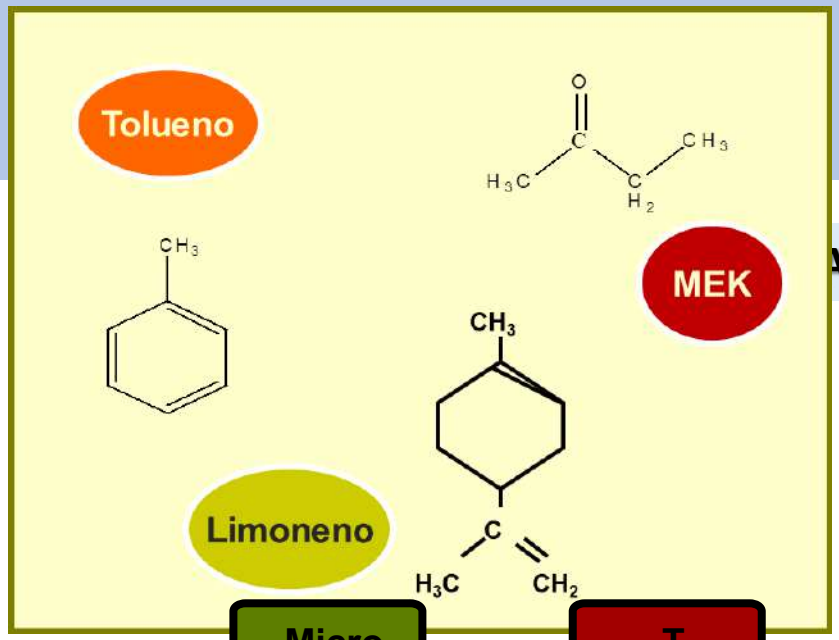
Procesos Avanzados de Oxidación



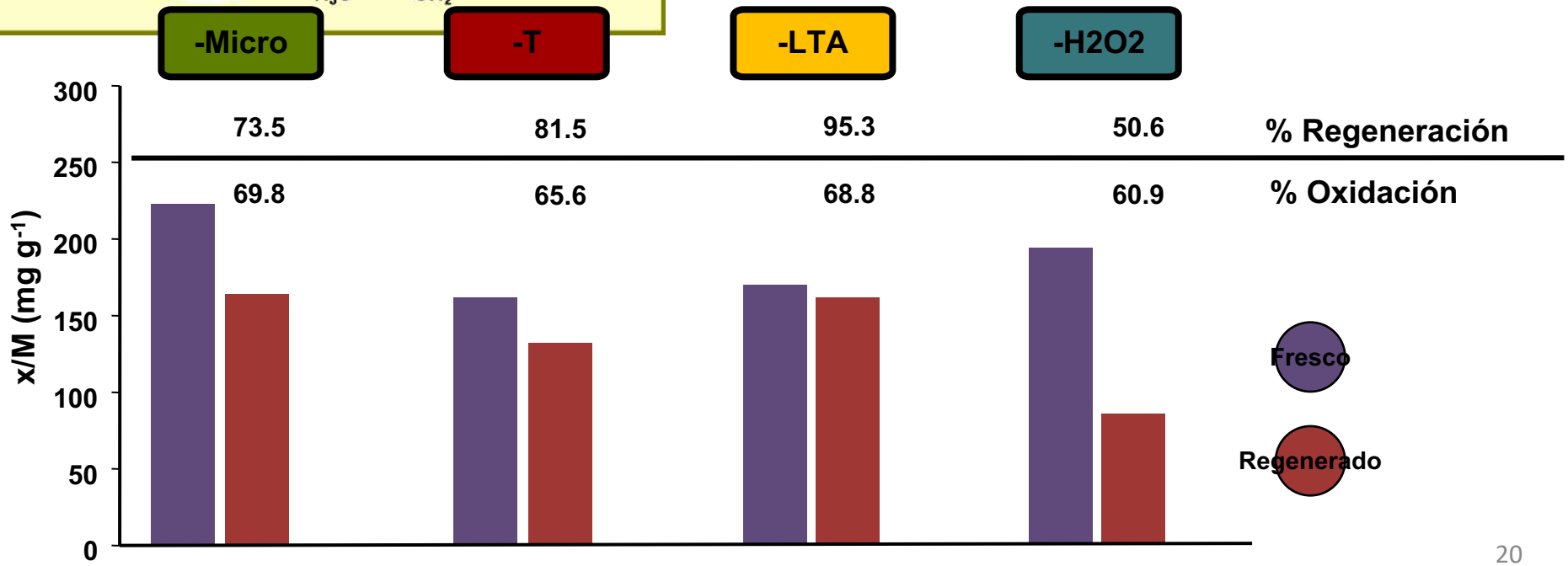


PREPARACIÓN/MODIFICACIÓN

Regeneración



Avanzados de Oxidación



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INCAR

MCAT

ArcelorMittal

aqualia

FERRO SADIM

bizkares

PDVSA

ence
ENERGÍA & CELULOSA

COGERSA

GOBIERNO DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS

I Jornada sobre

Tecnología e Innovación en Saneamiento y Depuración

Oviedo, 6-7 de junio 2022

PONENCIA

Facsa ciclo integral del agua

Contaminantes Emergentes. Sistemas de tratamiento Alternativos e Innovadores

Evolución de la digestión anaerobia convencional hacia nuevos conceptos mixtos de tratamiento: Digestión anaerobia en doble fase de temperatura, hidrólisis térmica y ozonización. De la I+D a escala real

Elena Zuriaga Agustí. Responsable Técnico I+D+i. FACSA

Patrocinado por:

OVIEDO

Consorcio de Aguas

Gobierno del Principado de Asturias

Ciclo integral del agua

Facsa
ciclo integral del agua

Conocemos el agua y cuidamos de ella

+ de
145
años de experiencia

+ de
300
municipios servidos

+ de
1.200
personas en el equipo

+ de
160M
m^3/a de agua suministrada

+ de
270
EDARS gestionadas

+ de
250
referencias industriales

+ de
164M
m^3/a de agua depurada

+ de
2,5M
personas suministradas de agua al día

Índice

01 Digestión anaerobia en doble fase de temperatura en EDAR Alcoi

02 Ozonización de lodos digeridos

03 Hidrólisis térmica en EDAR Copero

01 Digestión anaerobia en doble fase de temperatura en la EDAR de ALCOI

Facsa
ciclo integral del agua

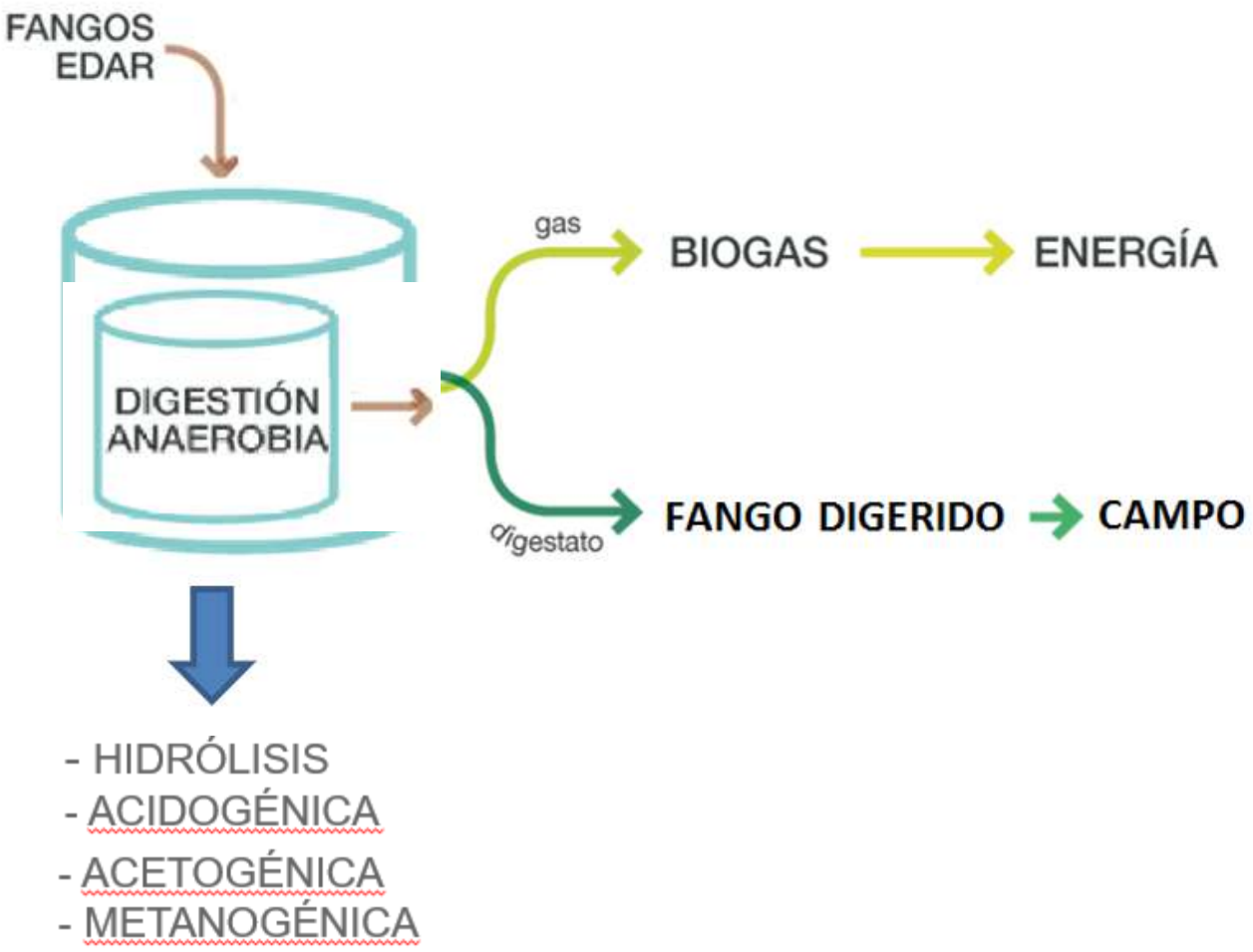
¿Qué es la Digestión en Doble Fase de Temperatura?

Condiciones Termófilas: 55ºC

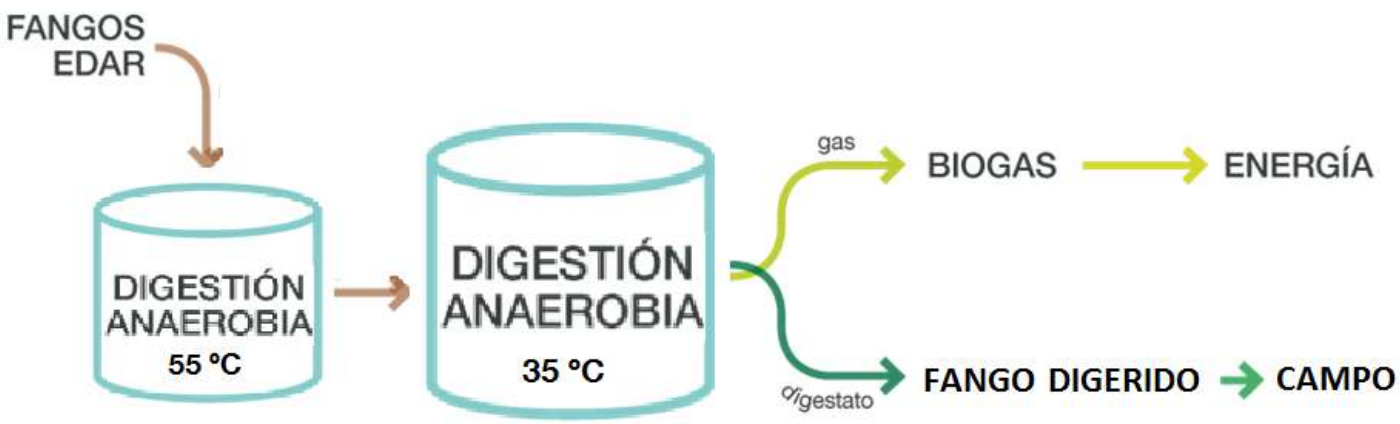
TRH bajos: 2 - 5 días

pH ácidos: 5,5 – 6 udpH

Inhibición de las bacterias Metanogénicas



¿Qué es la Digestión en Doble Fase de Temperatura?



Objetivos:

- Generar mayor cantidad de biogás = más energía.
- Lograr obtener una mayor estabilización del lodo.
- Lograr una correcta higienización del lodo.

Evolución de la digestión anaerobia en doble fase en FACSA

2012

Proyecto Sludge4Energy en la EDAR de Castellón

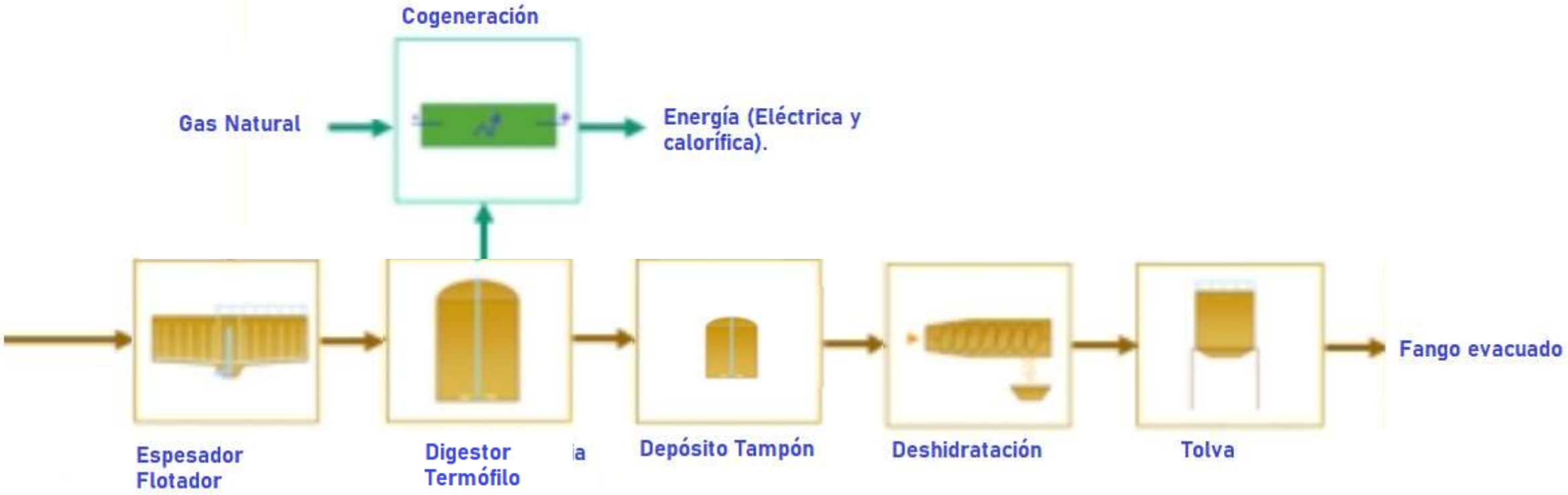
2015

Proyecto LIFE STO3RE en la EDAR de Totana

2017

Comienza el estudio de la implantación de la doble Fase EDAR Alcoi

¿Cómo hacemos para implantarlo?



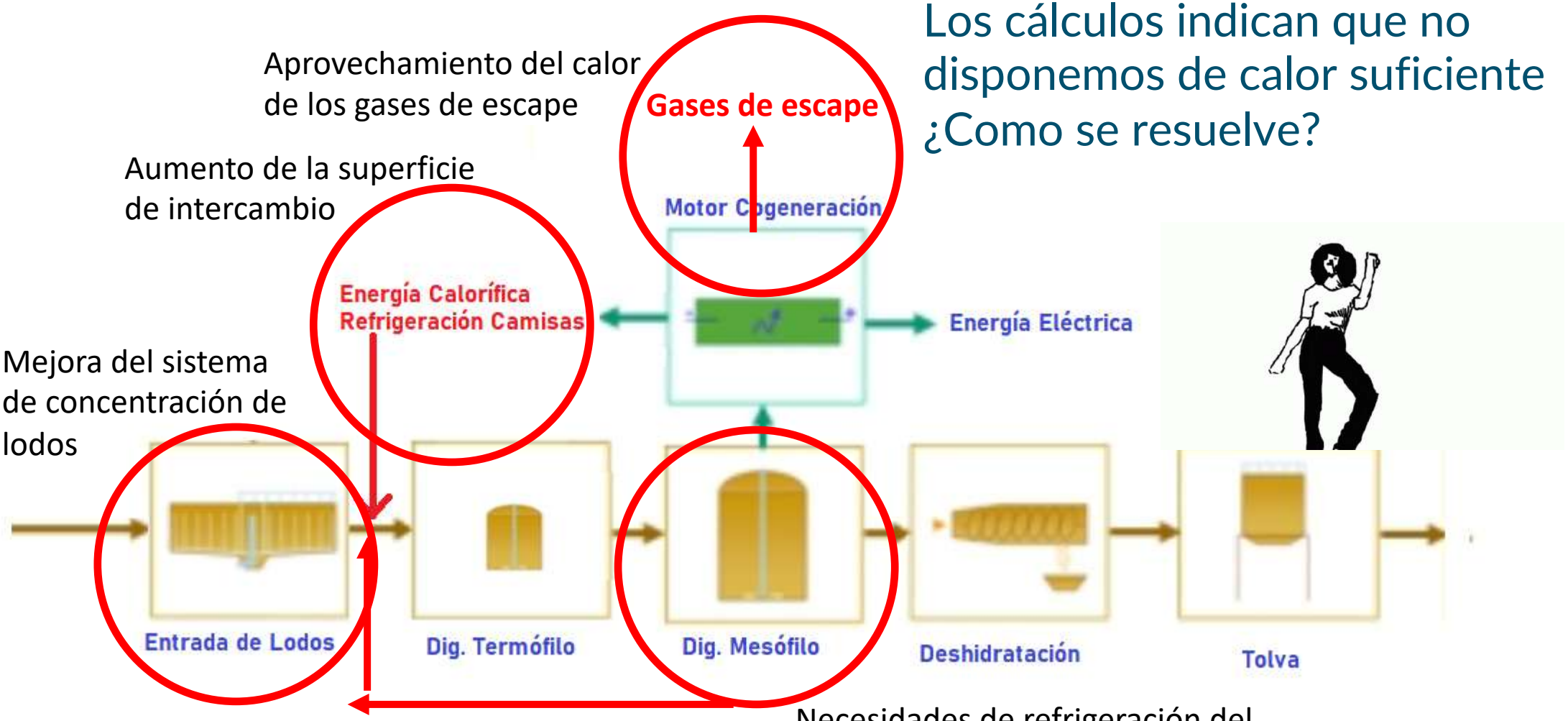
¿Como hacemos para implantarlo? Aporte de calor

Los cálculos indican que no disponemos de calor suficiente ¿Como se resuelve?

Aprovechamiento del calor de los gases de escape

Aumento de la superficie de intercambio

Mejora del sistema de concentración de lodos



Necesidades de refrigeración del Digestor mesófilo

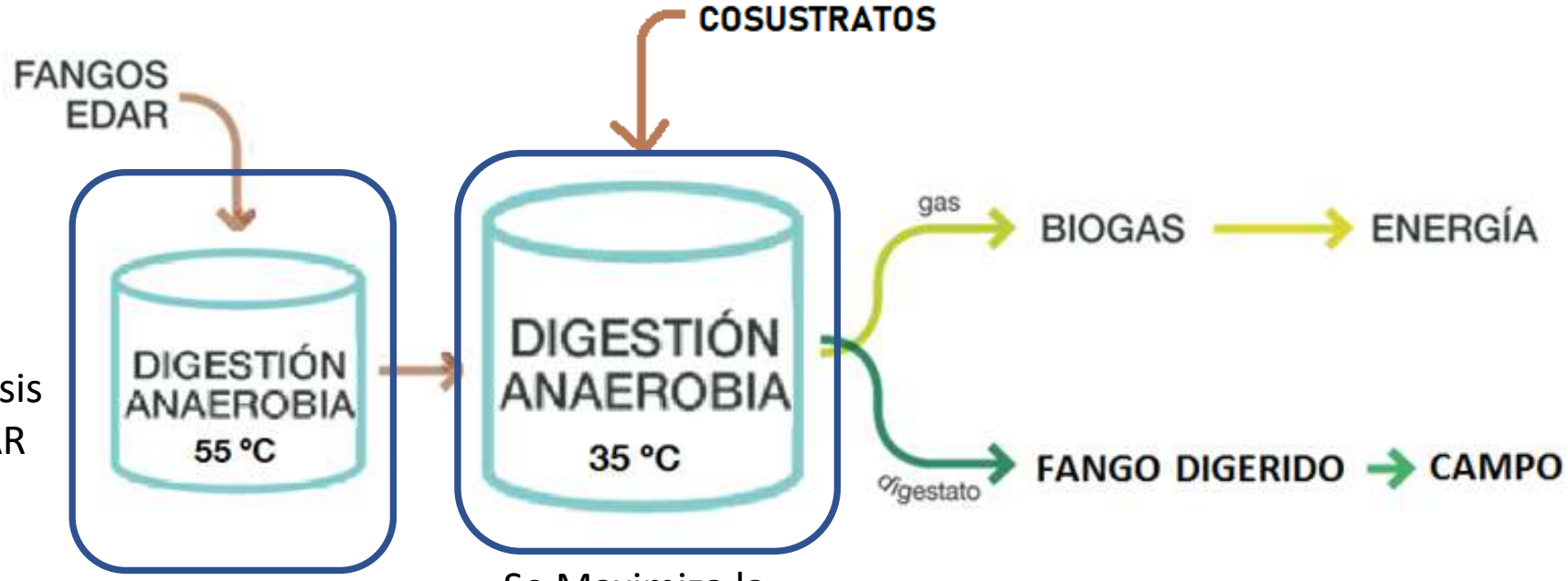
¿Cómo hacemos para implantarlo? Depósito Tampón

¿Cómo hacemos para implantarlo?

Variables de Operación. Cosustratos

OPCIÓN 1

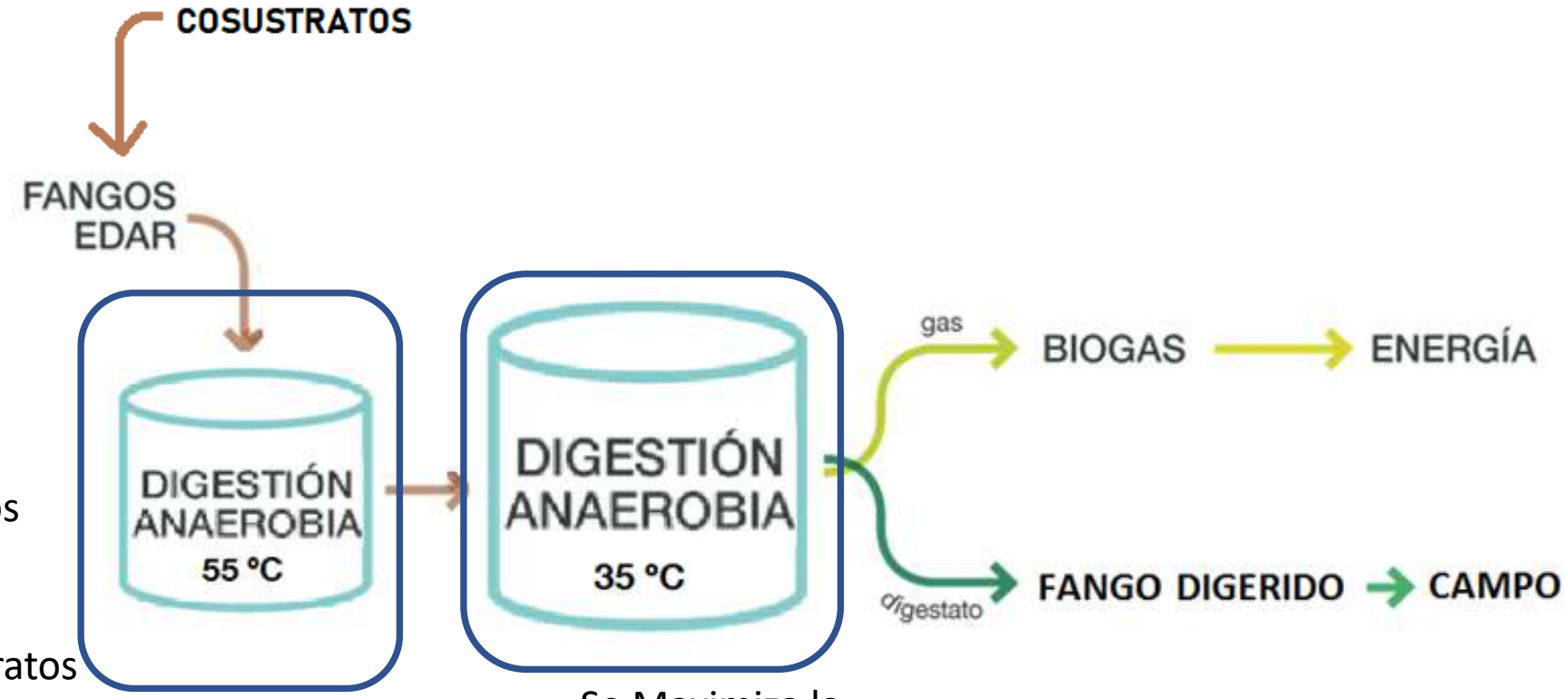
Se Maximiza la hidrólisis de los lodos de la EDAR



Se Maximiza la generación de Biogás

Variables de Operación. Cosustratos

OPCIÓN 2



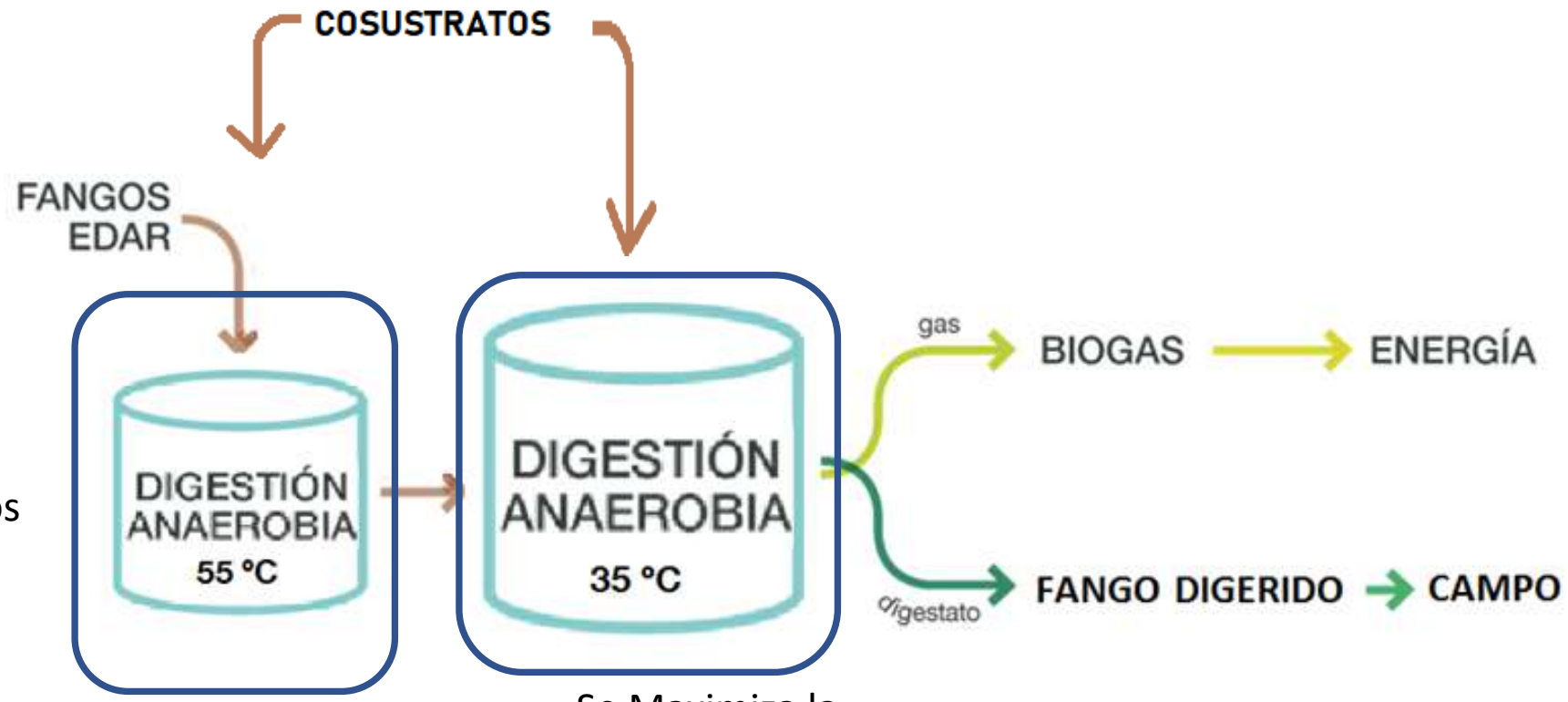
Se hidrolizan también los cosustratos.

Se higienizan los cosustratos

Se Maximiza la generación de Biogás

Variables de Operación. Cosustratos

OPCIÓN 3

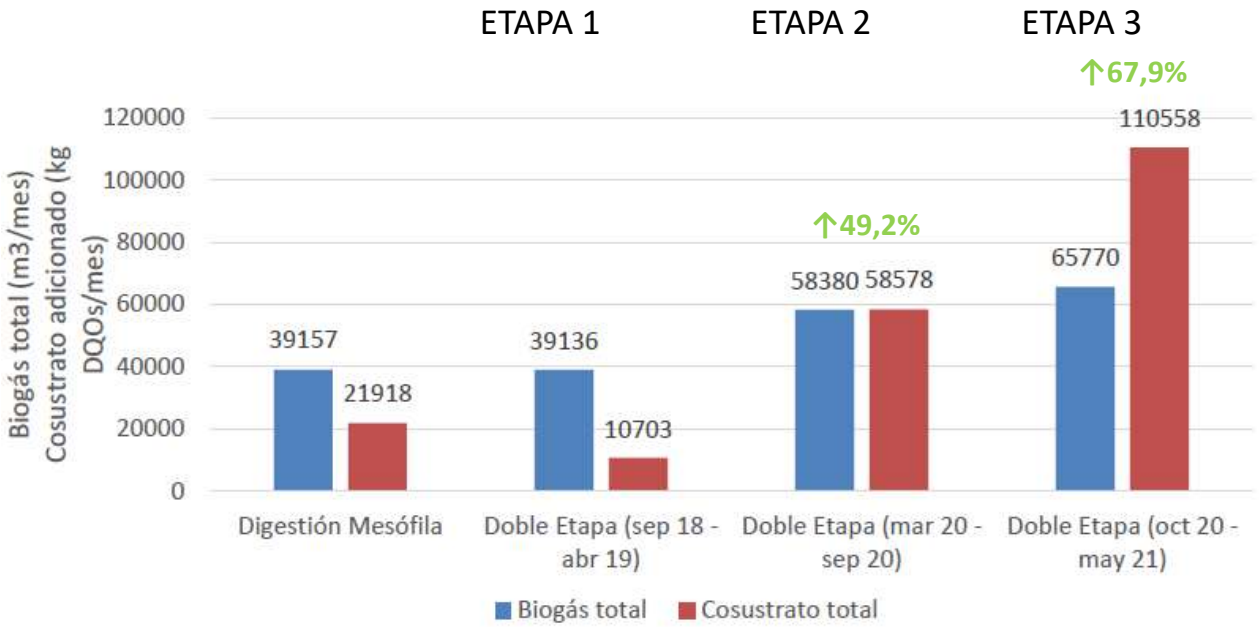


Se añaden cosustratos hasta acidificar el digestor

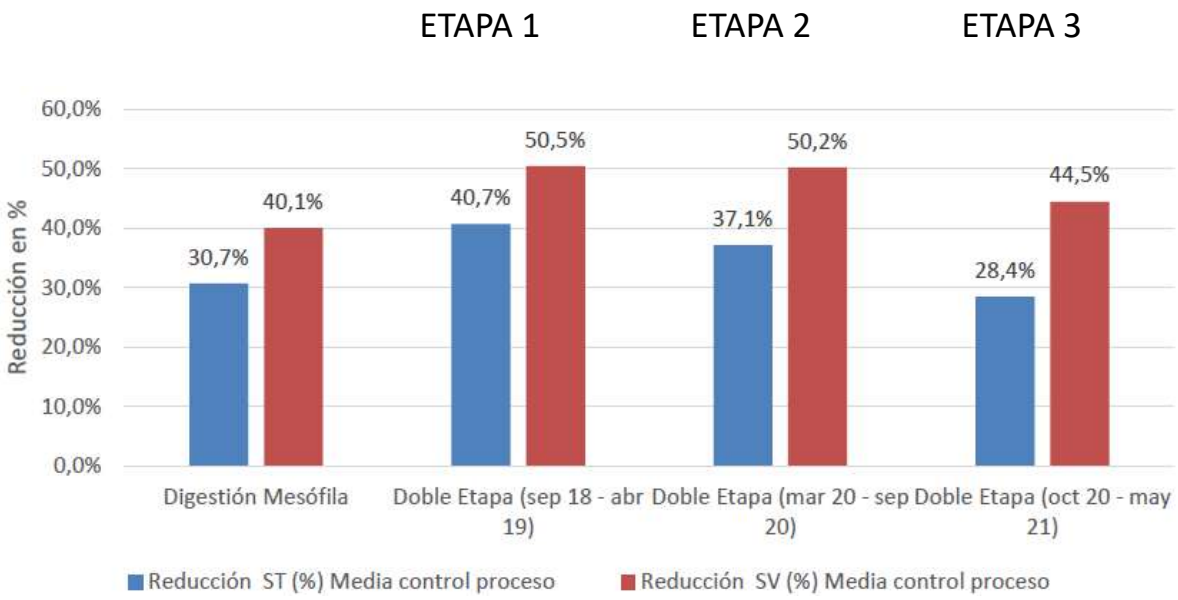
Se Maximiza la generación de Biogás

Resultados

Comparación de la producción de biogás



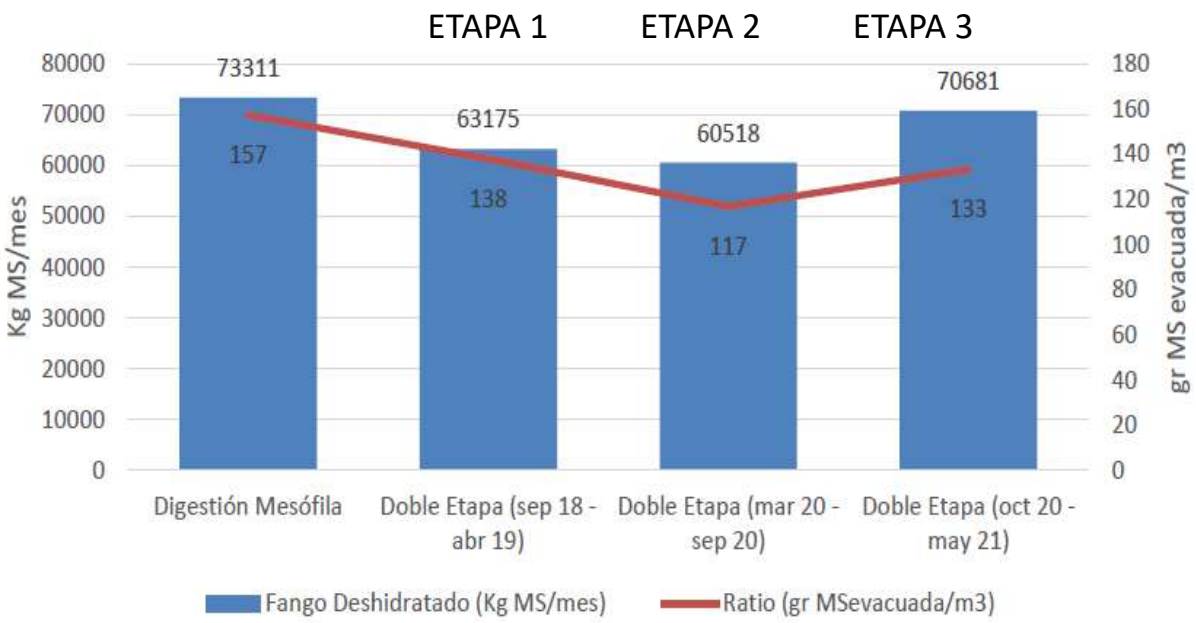
Mineralización del Fango



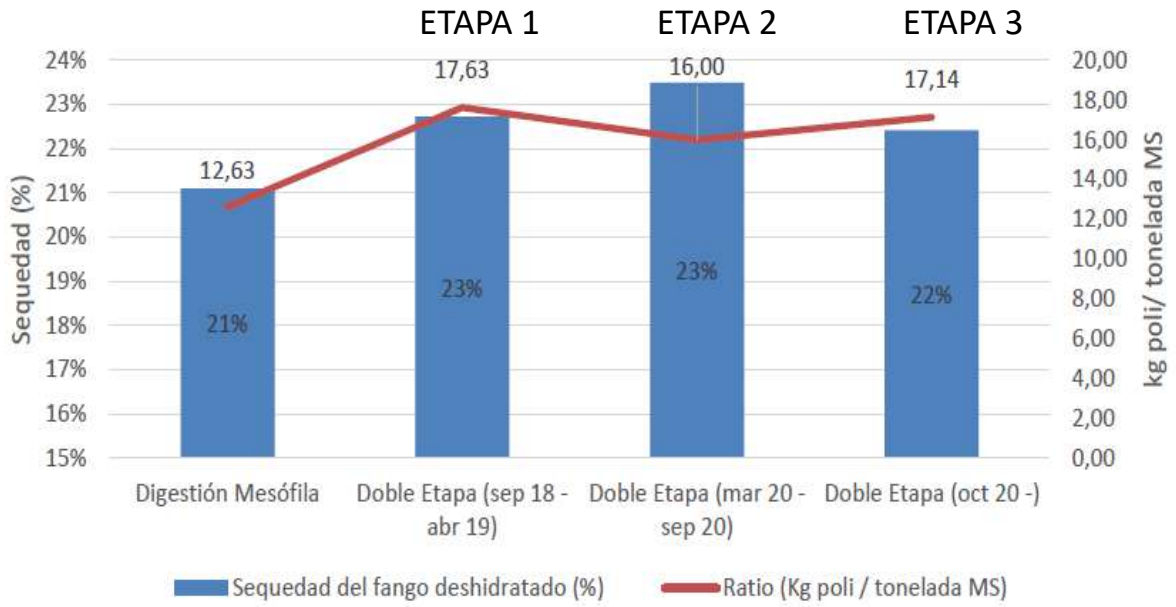
Digestión 1 fase mesófila con cosustratos
Digestión 2 fases: Adición de 51,2% menos de cosustratos
Digestión 2 fases: Mayor adición de cosustratos en el termófilo (x3)
Digestión 2 fases: Mayor adición de cosustratos en el mesófilo (x5)

Resultados

Comparación de la producción de fango



Efecto de la deshidratación



DA2T: reducción del 13,8% en kgMS/mes y 12,1% en gMS/m^3 AR
DA2T cosustratos termófilo: reducción del 17,45% en kgMS/mes y 25,5% en gMS/m^3 AR
DA2T cosustratos termófilo: reducción del 3,6% en kgMS/mes y 15,3% en gMS/m^3 AR

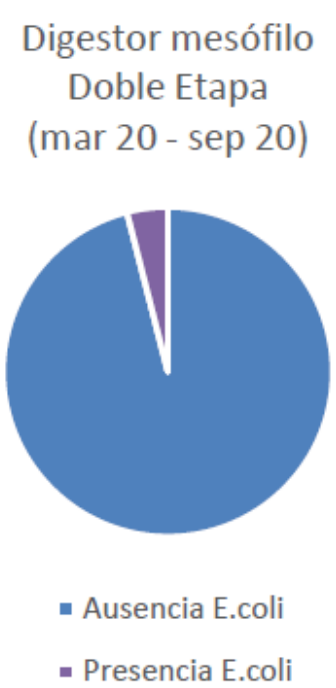
DA2T: Aumento de la sequedad del lodo deshidratado, así como el ratio de consumo de Polielectrolito

Resultados

Higienización del fango

ETAPA 1

ETAPA 2



ETAPA 3

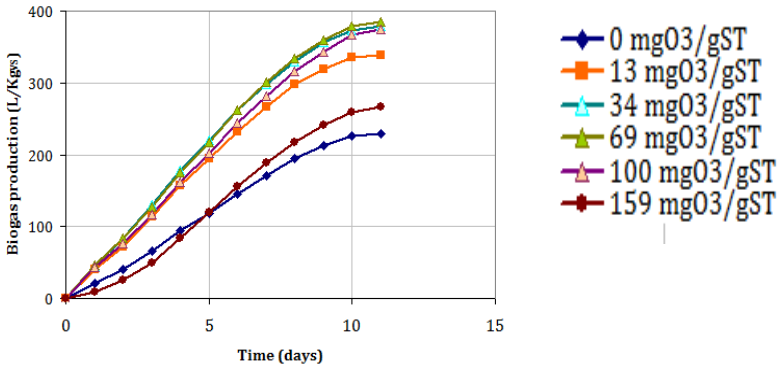
Conclusiones

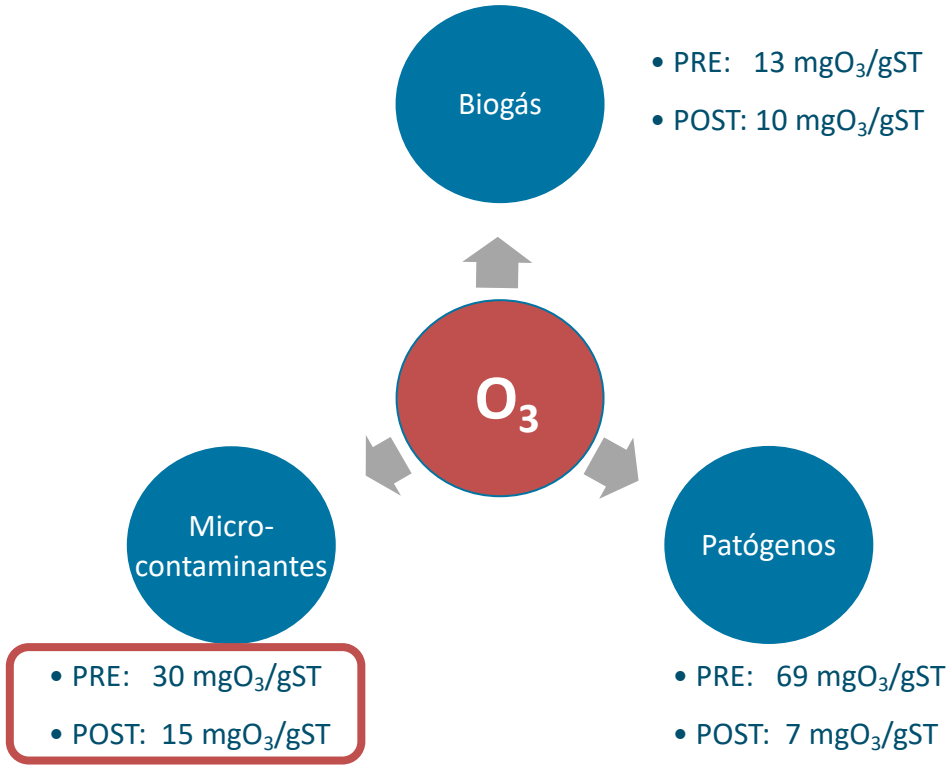
- La adicción de cosustratos al digestor termófilo es la más favorable .
- Aumento de la producción de biogás cerca del 25%.
- Reducción producción de lodos en torno al 20%.
- Aumento del consumo de polielectrolito 30%.
- Es viable la higienización de lodos.

02 Ozonización de lodos digeridos

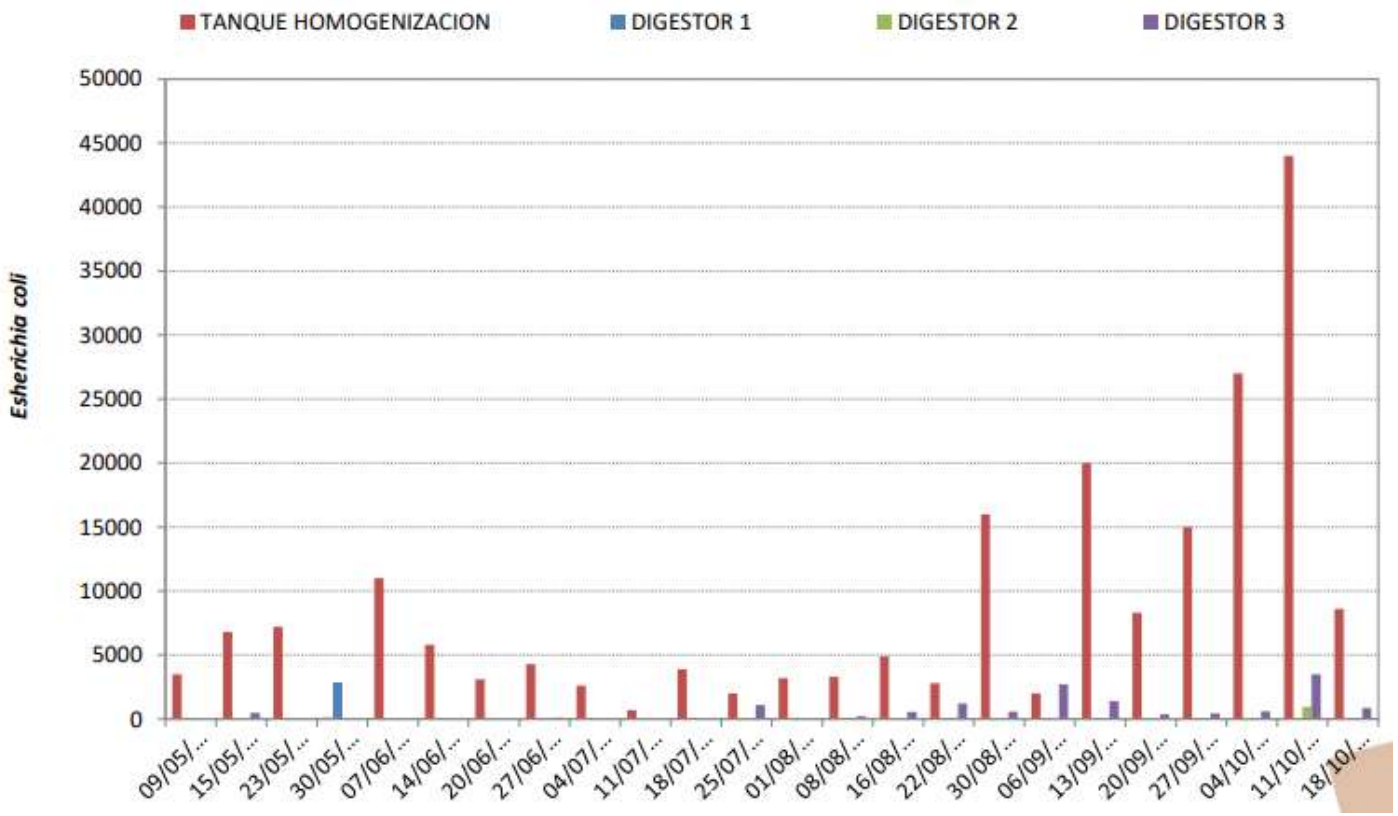
Facsa
ciclo integral del agua

Estudio de ozonización pre y post digestión anaerobia





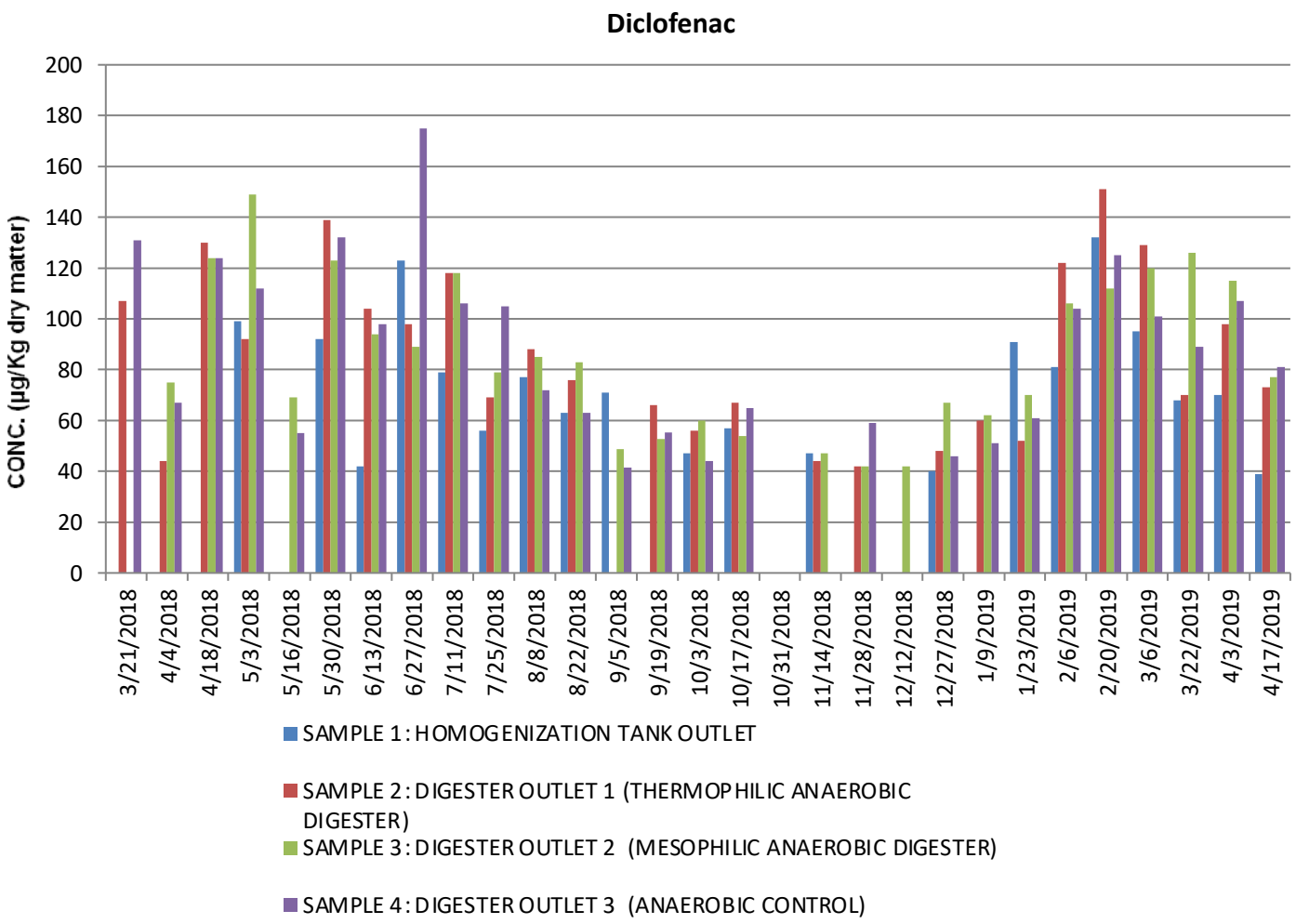
Resultados

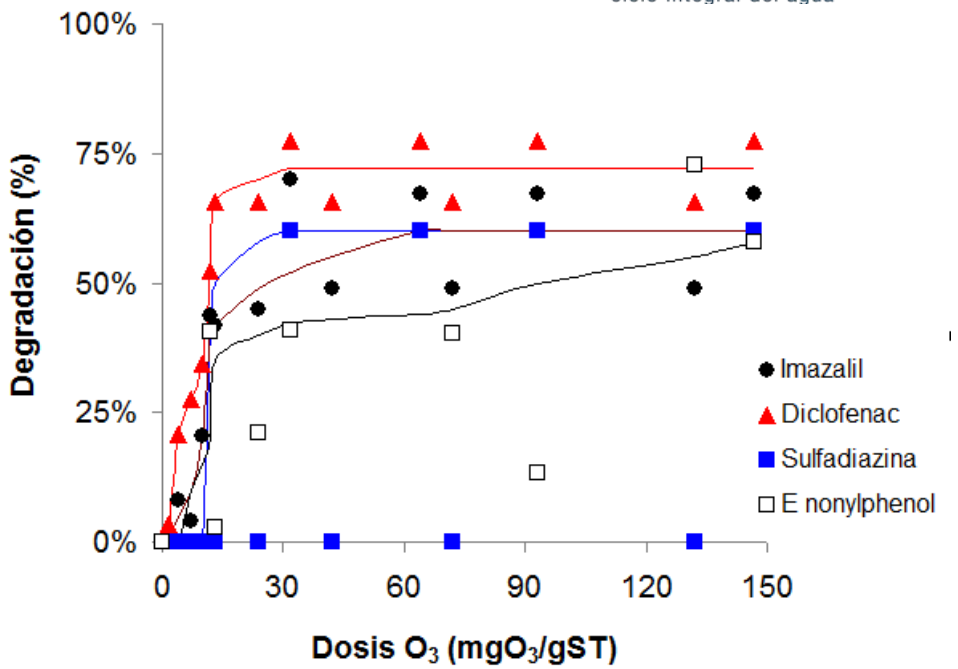


Higienización de Salmonella y E.coli haciendo uso tan solo de la doble Fase de Temperatura.

Clostridium resiste incluso a dosis de Ozono de 30 ppm.

Resultados





-Imazalil - Pesticida
-Diclofenac- Antiinflamatorio (Voltaren)
-Sulfadiazina- Antibiótico uso veterinario
-Oxytetraciclina- Antibiótico uso veterinario
-Noniphenol- Detergentes.
-Tiabendazol- Fungicida

03 Hidrólisis térmica en la EDAR de COPERO

Facsa
ciclo integral del agua

Facsa
ciclo integral del agua

EMASESA
metropolitana

Empresa Metropolitana de Abastecimiento
y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A.

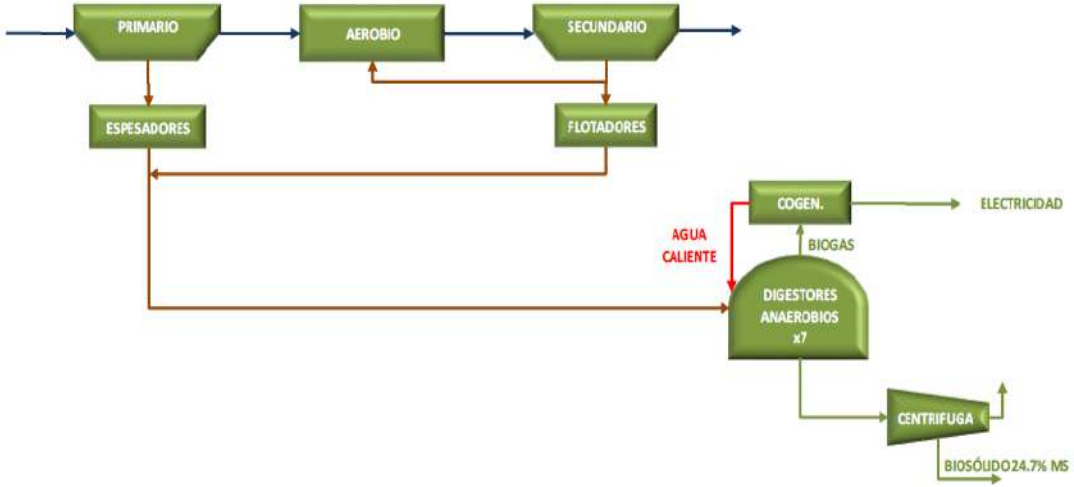
Objetivos

- Incremento en la producción de biogás
- Reducción de los biosólidos generados
- Incremento de la higienización de los lodos
- Disminución de los microcontaminatnes presentes en el biosólido

Descripción general HT

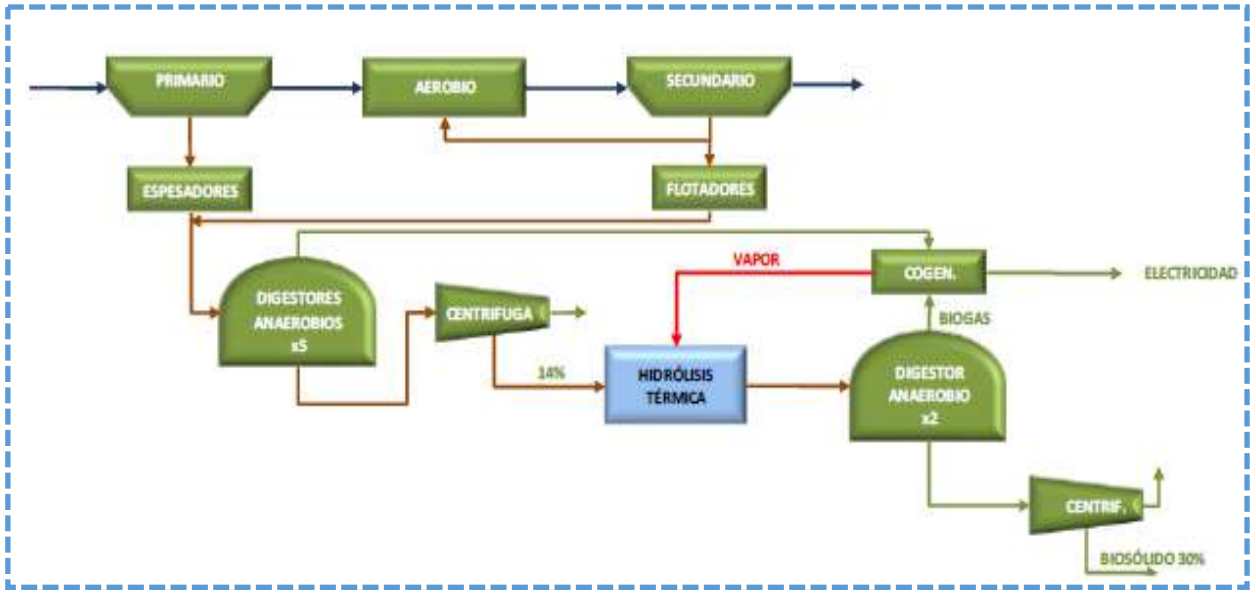
- La HT calienta el fango a **altas temperaturas** (150ºC) y mantiene la **presión** de equilibrio termodinámico (5 bar) durante tiempos que varían entre 15 y 60 minutos.
- Aprovechando las condiciones de elevada P y T se realiza una descompresión que provoca la **ebullición súbita o flash y la vaporización** de parte del agua, con el consiguiente aumento de la rotura tanto a nivel celular como externo. El vapor producido en la etapa de flash puede recircularse y aprovecharse para calentar la alimentación.
- La hidrólisis térmica de la EDAR Copero se ha diseñado con objeto de tratar 25 tMS/d, lo que se corresponde con 180 m^3/día a 14% de sequedad.

Esquema HT-DA en Copero: inter-tratamiento

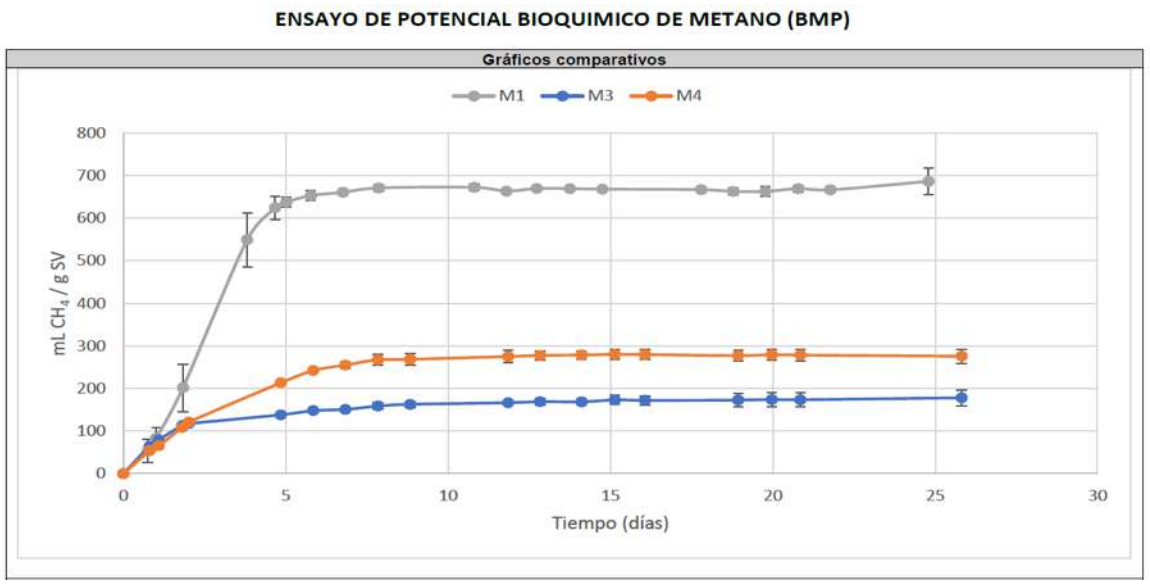


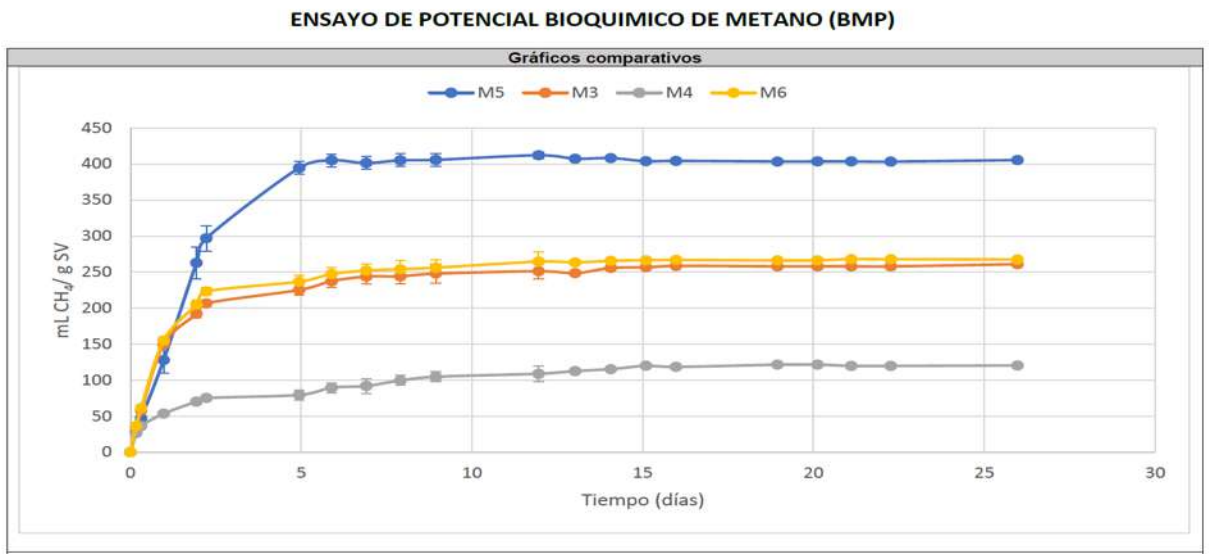
Se solucionan 2 inconvenientes de la HT como pretratamiento:

- Se tiene un **menor consumo de polielectrolito** en la concentración previa a la HT.
- El consumo de vapor se reduce, permitiendo que la HT sea **energéticamente autosuficiente**.



Ensayos BMP





M1: fango fresco M4: salida HT M3: entrada HT

M5: fango fresco M6: salida HT (165ºC)

M4: entrada HT M3: salida HT (140ºC)

Conclusiones

- El lodo generado cumple los criterios de higienización clase A de la EPA, considerándose pasteurizado.
- Eliminación de materia volátil global del 64%.
- Rendimiento de eliminación DQO superior al 65%. Destacando la capacidad de la HT de redisolución de la materia orgánica, permitiendo un incremento de la $DQO_{soluble}$ del digestato de entrada de 2 g/L a 14 g/l.
- La HT aumenta la capacidad de biometanización del fango, aumentando alrededor de un 50% la producción de biogás.
- Líneas de trabajo: optimizar el consumo de polielectrolito e higienización de cosustratos, que permitirá aportar cosustratos higienizados tras la hidrólisis.

Facsa
ciclo integral del agua

GRACIAS!

Elena Zuriaga Agustí
ezuriaga@facsa.com

I Jornada sobre

Tecnología e Innovación en Saneamiento y Depuración

Oviedo, 6-7 de junio 2022

PONENCIA

Contaminantes emergentes. Sistemas de Tratamiento Alternativos e Innovadores

Sistemas de saneamiento unitario en medios costeros con elevados objetivos de protección ambiental: Una realidad en la ría de Ferrol.

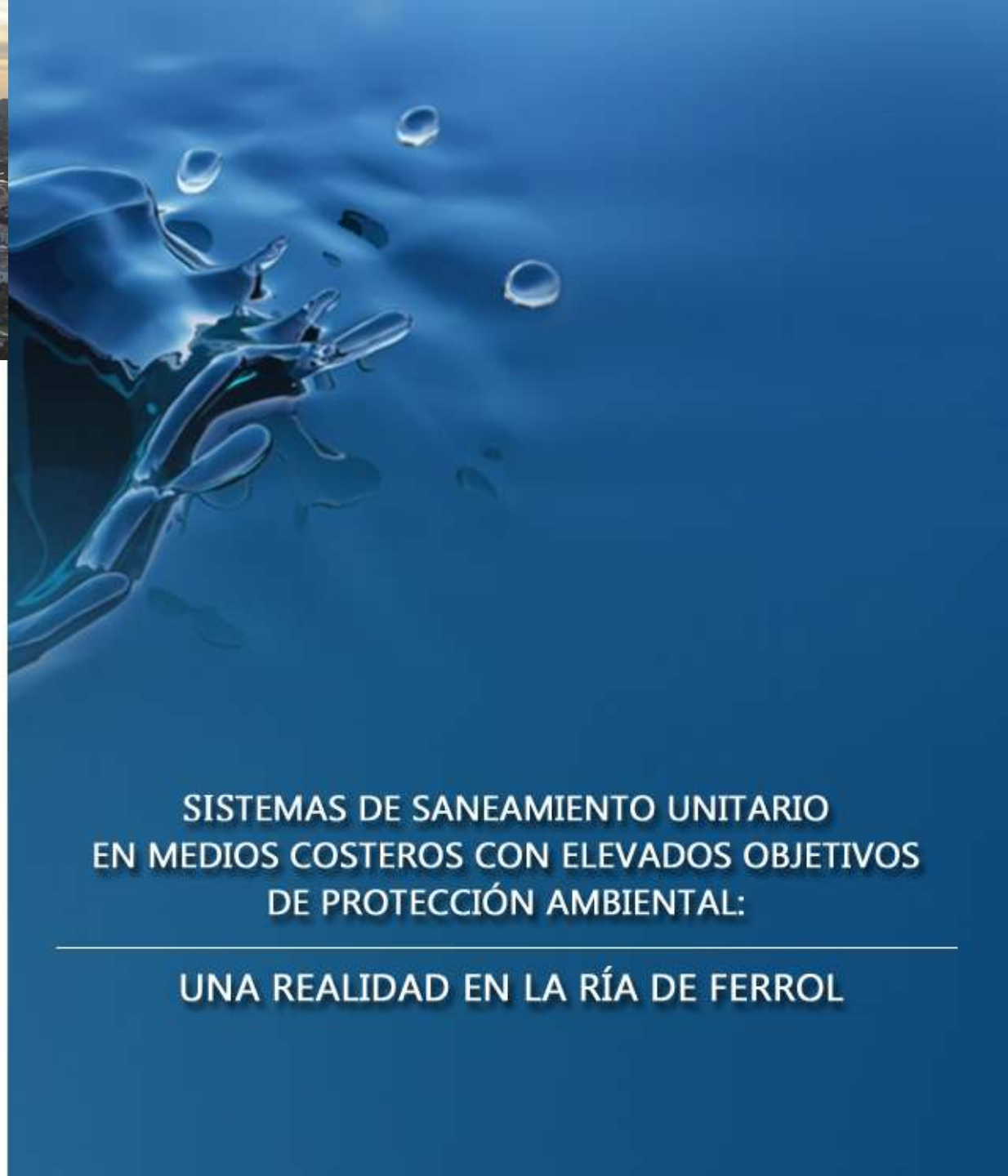
José Piñeiro Aneiros. Jefe de Área de Explotación. ACUAES

Patrocinado por:
OVIEDO
Consorcio de Aguas
Gobierno del Principado de Asturias

1

Una nueva realidad

en la Ría de Ferrol



2

Innovación en el diseño

Acorde a las nuevas tendencias en materia de gestión de aguas de escorrentía

SISTEMAS DE SANEAMIENTO UNITARIO
EN MEDIOS COSTEROS CON ELEVADOS OBJETIVOS
DE PROTECCIÓN AMBIENTAL:

UNA REALIDAD EN LA RÍA DE FERROL

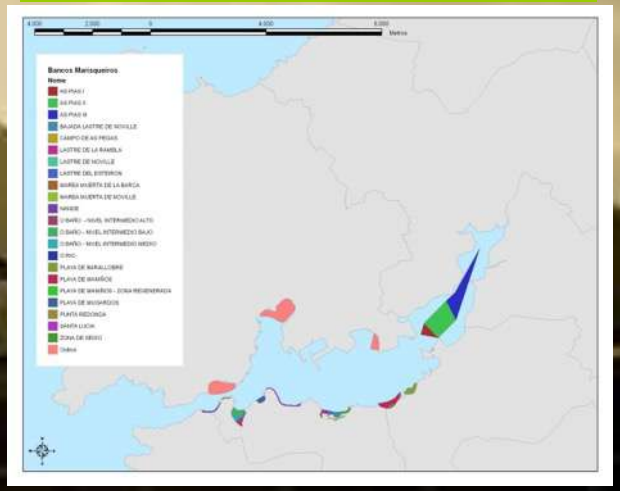
elentorno....

Aguas costeras de transición con escasa renovación

elentorno....

Con zonas de protección de especies acuáticas económicamente significativas

BANCOS MARISQUEROS



elentorno....

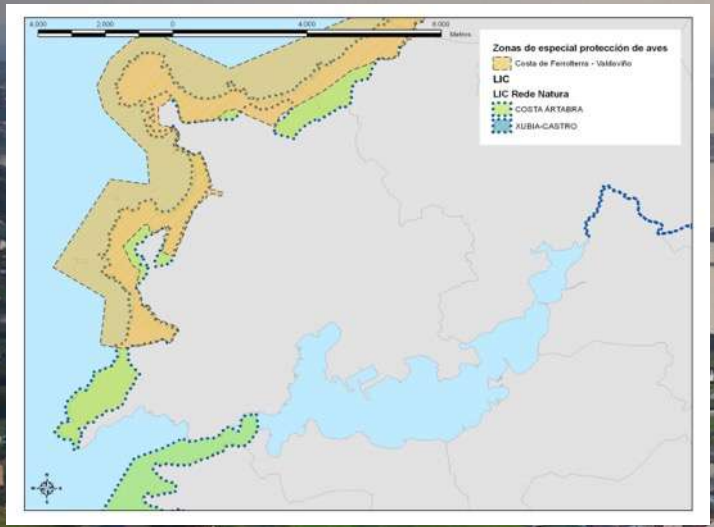
Con masas de agua de uso recreativo: zonas de baño de deportes acuáticos, paseos urbanos

ZONAS DE BAÑO

elentorno....

Con zonas de protección de hábitat o especies cercanas

HÁBITATS NATURALES



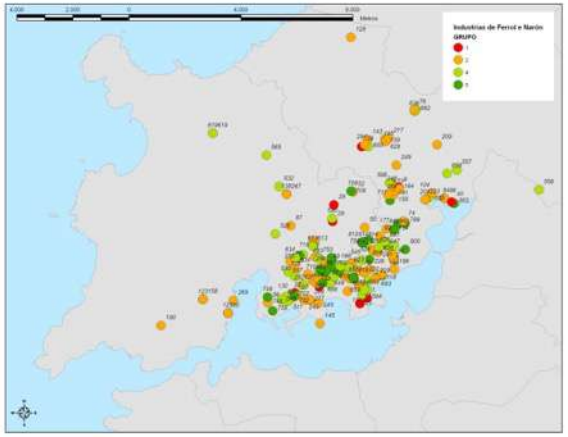
elentorno....

Zona con un elevado índice de presión frente a desbordamientos de sistema unitario por población

elentorno....

Zona con un elevado índice de presión frente a desbordamientos de sistema unitario por industrias

INDUSTRIAS EXISTENTES



elriesgodeimpacto...

Ante la elevada susceptibilidad del medio y la fuerte presión de DSU

Matriz de índices de susceptibilidad para las aguas de transición y costeras.

Zona	Clase	Categoría y Morfología		
		Aguas costeras	Aguas de transición	
			Alta renovación	Baja renovación
ZONAS DE PROTECCIÓN DE HÁBITAT O ESPECIES / ZONAS DE PROTECCIÓN ESPECIAL / ZONAS HÚMEDAS / RESERVAS NATURALES FLUVIALES		3	4	4
ZONAS DE PROTECCIÓN DE ESPECIES ACUÁTICAS ECONÓMICAMENTE SIGNIFICATIVAS	Acuicultura / Cultivos marinos / Cultivos de moluscos	4	4	5
MASAS DE AGUA DE USO RECREATIVO	Zona declarada para baño	4	5	5
	Contacto con el agua (inmersión, deportes acuáticos)	2	3	3
	Zona de uso recreativo sin contacto. Zona próxima a zonas públicas frecuentadas o urbanas (paseos, senderos, integradas en zonas residenciales).	1	2	2
ZONAS SENSIBLES		2	3	4
ZONAS DE CAPTACIÓN DE AGUA PARA ABASTECIMIENTO (ACTUAL Y FUTURO)		2	2	2
ZONAS SIN FIGURAS DE PROTECCIÓN Y SIN USOS RECREATIVOS	Zonas no contempladas anteriormente	1	1	2

Índice de Presión producida por los Desbordamientos de Sistema Unitario.

Superficie neta	Población			
	< 2000 h-e	2000 h-e ≤ p < 10000 h-e	10000 h-e ≤ p < 50000 h-e	**≥ 50000 h-e**
<10 ha	1	1	2	3
10 ha ≤ s < 100 ha	1	2	3	4
≥ 100 ha	2	3	4	**5**

elriesgodeimpacto...

Ante la elevada susceptibilidad del medio y la fuerte presión de DSU

Matriz de índices de susceptibilidad para las aguas de transición y costeras.

Zona	Clase	Categoría y Morfología		
		Aguas costeras	Aguas de transición	
			Alta renovación	Baja renovación
ZONAS DE PROTECCIÓN DE HÁBITAT O ESPECIES / ZONAS DE PROTECCIÓN ESPECIAL / ZONAS HÚMEDAS / RESERVAS NATURALES FLUVIALES		3	4	4
ZONAS DE PROTECCIÓN DE ESPECIES ACUÁTICAS ECONÓMICAMENTE SIGNIFICATIVAS	Acuicultura / Cultivos marinos / Cultivos de moluscos	4	4	5
MASAS DE AGUA DE USO RECREATIVO	Zona declarada para baño	4	5	5
	Contacto con el agua (inmersión, deportes acuáticos)	2	3	3
	Zona de uso recreativo sin contacto. Zona próxima a zonas públicas frecuentadas o urbanas (paseos, senderos, integradas en zonas residenciales).	1	2	2
ZONAS SENSIBLES		2	3	4
ZONAS DE CAPTACIÓN DE AGUA PARA ABASTECIMIENTO (ACTUAL Y FUTURO)		2	2	2
ZONAS SIN FIGURAS DE PROTECCIÓN Y SIN USOS RECREATIVOS	Zonas no contempladas anteriormente	1	1	2

Índice de Presión producida por los Desbordamientos de Sistema Unitario.

Superficie neta	Población			
	< 2000 h-e	2000 h-e ≤ p < 10000 h-e	10000 h-e ≤ p < 50000 h-e	≥ 50000 h-e
<10 ha	1	1	2	3
10 ha ≤ s < 100 ha	1	2	3	4
≥ 100 ha	2	3	4	5

Determinación del ÍNDICE DE RIESGO DE IMPACTO (IRI)

ÍNDICE DE PRESIÓN (IP)	ÍNDICE DE SUSCEPTIBILIDAD (IS)				
	1	2	3	4	5
1	1	1	1	2	2
2	1	1	2	2	2
3	2	2	2	2	3
4	2	2	2	3	3
5	2	2	3	3	3

elriesgodeimpacto...

Ante la elevada susceptibilidad del medio y la fuerte presión de DSU

Matriz de índices de susceptibilidad para las aguas de transición y costeras.

Zona	Clase	Categoría y Morfología		
		Aguas costeras	Aguas de transición	
			Alta renovación	Baja renovación
ZONAS DE PROTECCIÓN DE HÁBITAT O ESPECIES / ZONAS DE PROTECCIÓN ESPECIAL / ZONAS HÚMEDAS / RESERVAS NATURALES FLUVIALES		3	4	4
ZONAS DE PROTECCIÓN DE ESPECIES ACUÁTICAS ECONÓMICAMENTE SIGNIFICATIVAS	Acuicultura / Cultivos marinos / Cultivos de moluscos	4	4	5
MASAS DE AGUA DE USO RECREATIVO	Zona declarada para baño	4	5	5
	Contacto con el agua (inmersión, deportes acuáticos)	2	3	3
	Zona de uso recreativo sin contacto. Zona próxima a zonas públicas frecuentadas o urbanas (paseos, senderos, integradas en zonas residenciales).	1	2	2
ZONAS SENSIBLES		2	3	4
ZONAS DE CAPTACIÓN DE AGUA PARA ABASTECIMIENTO (ACTUAL Y FUTURO)		2	2	2
ZONAS SIN FIGURAS DE PROTECCIÓN Y SIN USOS RECREATIVOS	Zonas no contempladas anteriormente	1	1	2

Índice de Presión producida por los Desbordamientos de Sistema Unitario.

Superficie neta	Población			
	< 2000 h-e	2000 h-e ≤ p < 10000 h-e	10000 h-e ≤ p < 50000 h-e	≥ 50000 h-e
<10 ha	1	1	2	3
10 ha ≤ s < 100 ha	1	2	3	4
≥ 100 ha	2	3	4	5

Determinación del ÍNDICE DE RIESGO DE IMPACTO (IRI)

ÍNDICE DE PRESIÓN (IP)	ÍNDICE DE SUSCEPTIBILIDAD (IS)				
	1	2	3	4	5
1	1	1	1	2	2
2	1	1	2	2	2
3	2	2	2	2	3
4	2	2	2	3	3
5	2	2	3	3	3

Aplicación de un diseño ambiental integrado

diseñoambientalintegrado

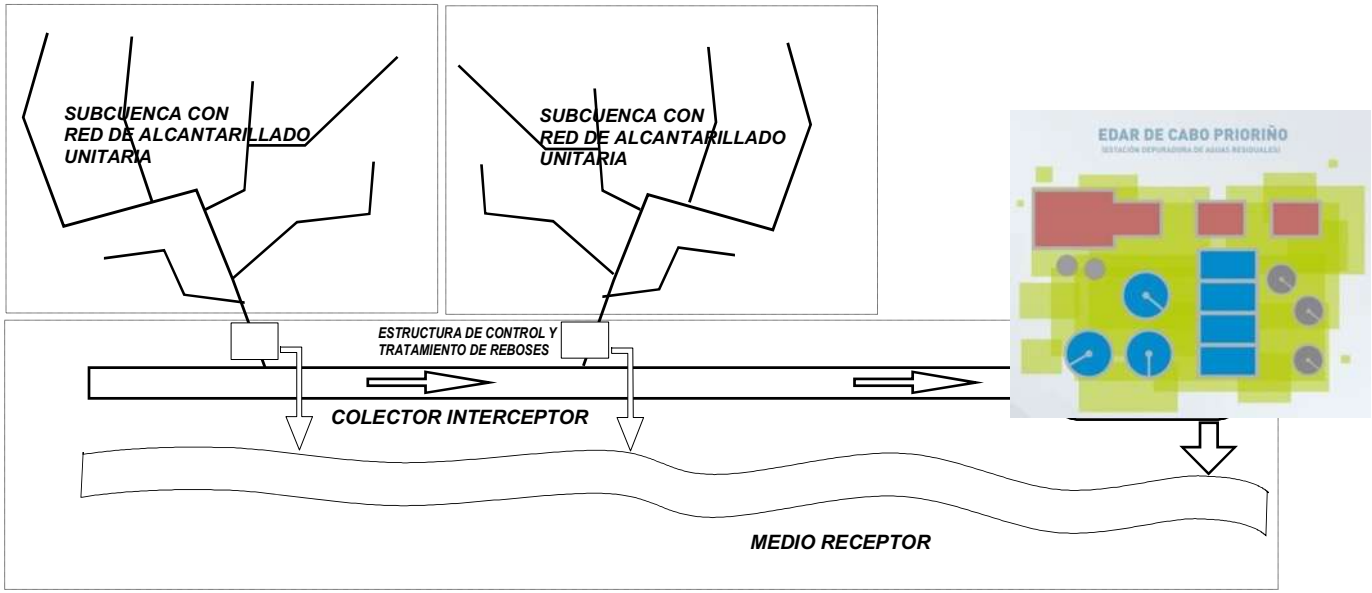
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Grupo de Enxeñaría da Auga e do Medio Ambiente

Ejemplo de dimensionamiento de "Nivel 4 - N4" para medios costeros con fuerte riesgo de impacto

Modelización hidrológica/hidráulica y de la contaminación (cinéticas de degradación bacteriológica) en régimen no permanente en el medio receptor para el que se establece un límite umbral de superación de coliformes fecales en diferentes zonas sensibles de la ría

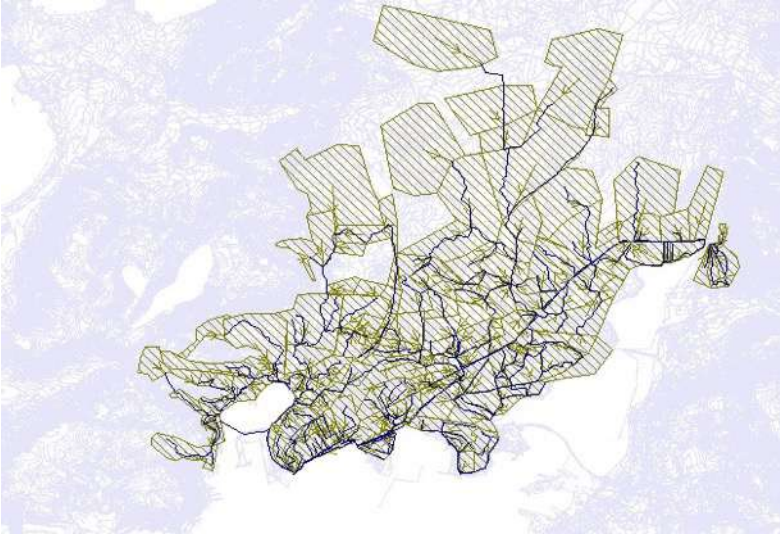
Dimensionamiento hidráulico

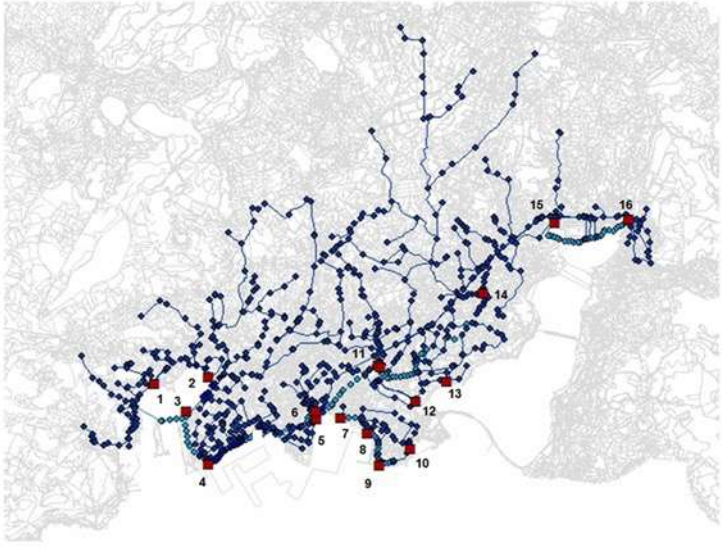


Dimensionamiento ambiental

diseñoambientalintegrado

UNIVERSIDADE DA CORUÑA
Grupo de Enxeñaría da Auga e do Medio Ambiente

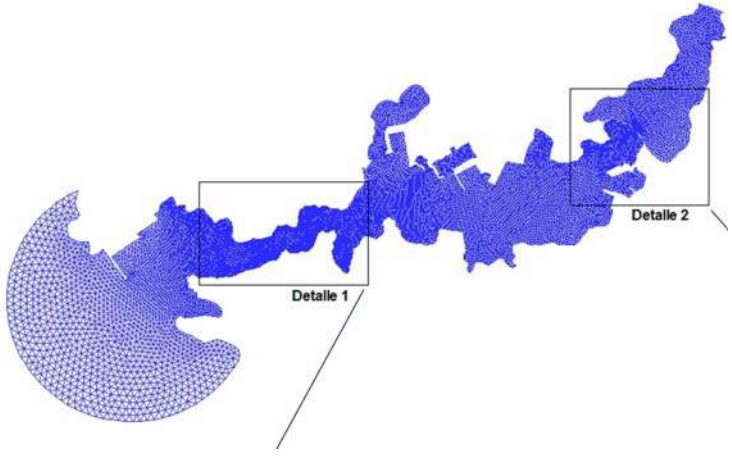




1 Tanque CIS Galicia
2 Tanque La Malata
3 Tanque La Malata 2
4 Tanque O Porto
5 Tanque Esteiro 1
6 Tanque Esteiro 2
7 Tanque Caranza 1
8 Tanque Caranza 2
9 Tanque Caranza 3
10 Tanque Montón
11 Tanque Inxerto 2
12 Tanque Inxerto 1
13 Tanque A Gándara
14 Tanque Cadaval
15 Tanque Xubia

Modelización hidráulica/hidrológica

Infoworks CS.
140 km red y 4391 Ha



Modelización hidráulica/calidad en la ría

Iber WQ
Primeras aplicaciones de este modelo

diseñoambientalintegrado

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Grupo de Enxeñaría da Auga e do Medio Ambiente

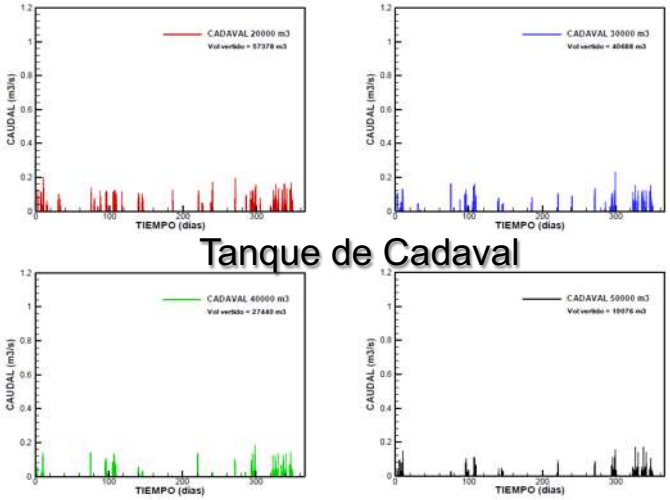
Estudio de seis escenarios

Diferentes volúmenes

	ESCENARIO					
	1	2	3	4	5	6
CIS GALICIA	560	950	950	950	950	950
LA MALATA	670	1100	1100	1100	1100	1100
LA MALATA 2	2400	4000	4000	4000	4000	4000
LA RANA	2200	3650	3650	3650	3650	3650
ESTEIRO 1	400	700	700	700	700	700
ESTEIRO 2	1100	1800	1800	1800	1800	1800
CARANZA 1	400	650	650	650	650	650
CARANZA 2	115	200	200	200	200	200
CARANZA 3	125	210	210	210	210	210
MONTÓN	350	600	600	600	600	600
INXERTO 2	2300	3850	9500	12250	21600	24700
INXERTO 1	1000	1600	4000	5150	9000	10300
POL GANDARA	500	800	2000	2600	4500	5200
CADAVAL	10000	10000	35000	40000	40000	50000
FREIXEIRO	4000	4000	12000	15000	15000	30000
NEDA	650	1000	2000	2000	2000	3000
Total Volumen (m^3)	25000	35000	78000	91000	105000	137000
Volumen por superficie neta (m^3 /Ha neta)	21.50	28.10	61.80	71.31	83.20	108.6

Volumen de tanque en cada escenario de simulación. Nota: V_{tanque}=volumen total de tanque, S_{neta}=superficie neta.

Simulación	V_{tanque} (m^3)	V_{tanque}/S_{neta} (m^3/ha neta)
Escenario 1	25000	21.4
Escenario 2	35110	28.1
Escenario 3	78000	61.8
Escenario 4	91000	71.3
Escenario 5	105000	83.2
Escenario 6	137000	108.6



Tanque de Cadaval

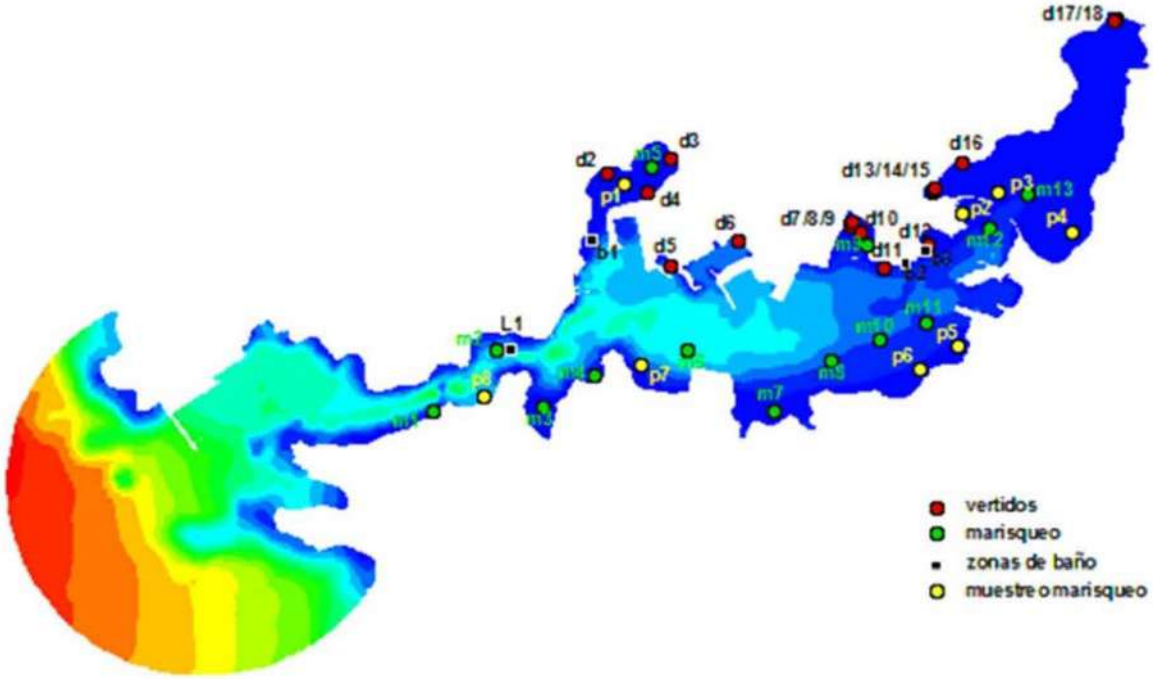
diseñoambientalintegrado

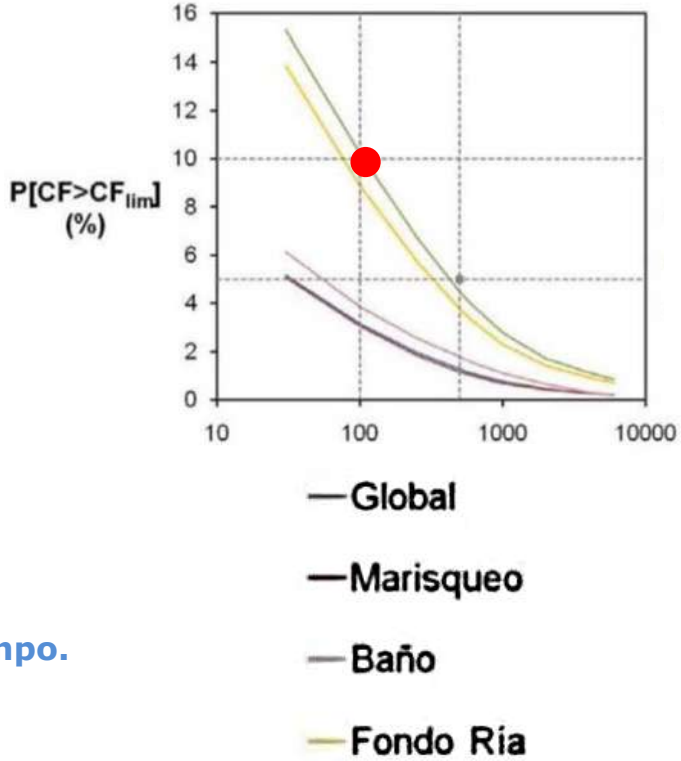
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Grupo de Enxeñaría da Auga e do Medio Ambiente

Análisis de los objetivos de calidad previsibles

En los puntos de control por sus usos





Objetivo de calidad: [CF]<100 UFC/100mL el 90% del tiempo.

diseñoambientalintegrado

UNIVERSIDADE DA CORUÑA
Grupo de Enxeñaría da Auga e do Medio Ambiente

Resultado del diseño

Desbordamientos: estimación de diseño vs. realidad de funcionamiento

Tanque de tormentas	Volumen retención (m^3)	Estimación del Nº de desborda-mientos en año medio	Estimación volumen desbordado en el año medio (m^3)	Caudal máximo bombeado desde cada tanque (m^3/s)	Caudal máximo enviado hacia el interceptor general (m^3/s)
E. R. de O Porto	3.650	2	722	4.99	----
Esteiro 1	700	19	2.800	0,254	0,254
Esteiro 2	1.800	17	3.006	0,680	0,680
Caranza 1	650	18	3.160	0,608	0,608
Caranza 2	200	20	2.365	0,071	----
Caranza 3	210	21	2.512	0,078	----
Montón	600	20	2.603	0,214	----
Inxerto 1	220	35	109.000	0,107	0,157
Inxerto 2	3.850	42	551.692	0,257	0,257
Gándara	800	26	3548	0,054	0,054
Cadaval	10.000	2	6.390	0,930	0,930
Xubia	5.556	11	52.000	0,310	----
TOTAL	**30216**	**233**	**739.798**		

Desbordamientos en el año hidrológico 17/18: **138** **51.099 m^3** **512 horas**

Total transportado en el año hidrológico 17/18: **18.886.650 m^3**

El 0,27% del vol. transp. **0,49% del tiempo total**

diseñoambientalintegrado

lascifras...

11+1 Tanques de tormentas (depósitos de detención – aliviadero) y una estación de regulación de caudales y DSUs para el control de las aguas residuales urbanas generadas en tiempo de lluvia (sistema unitario)

30.216 m^3 de capacidad total de detención

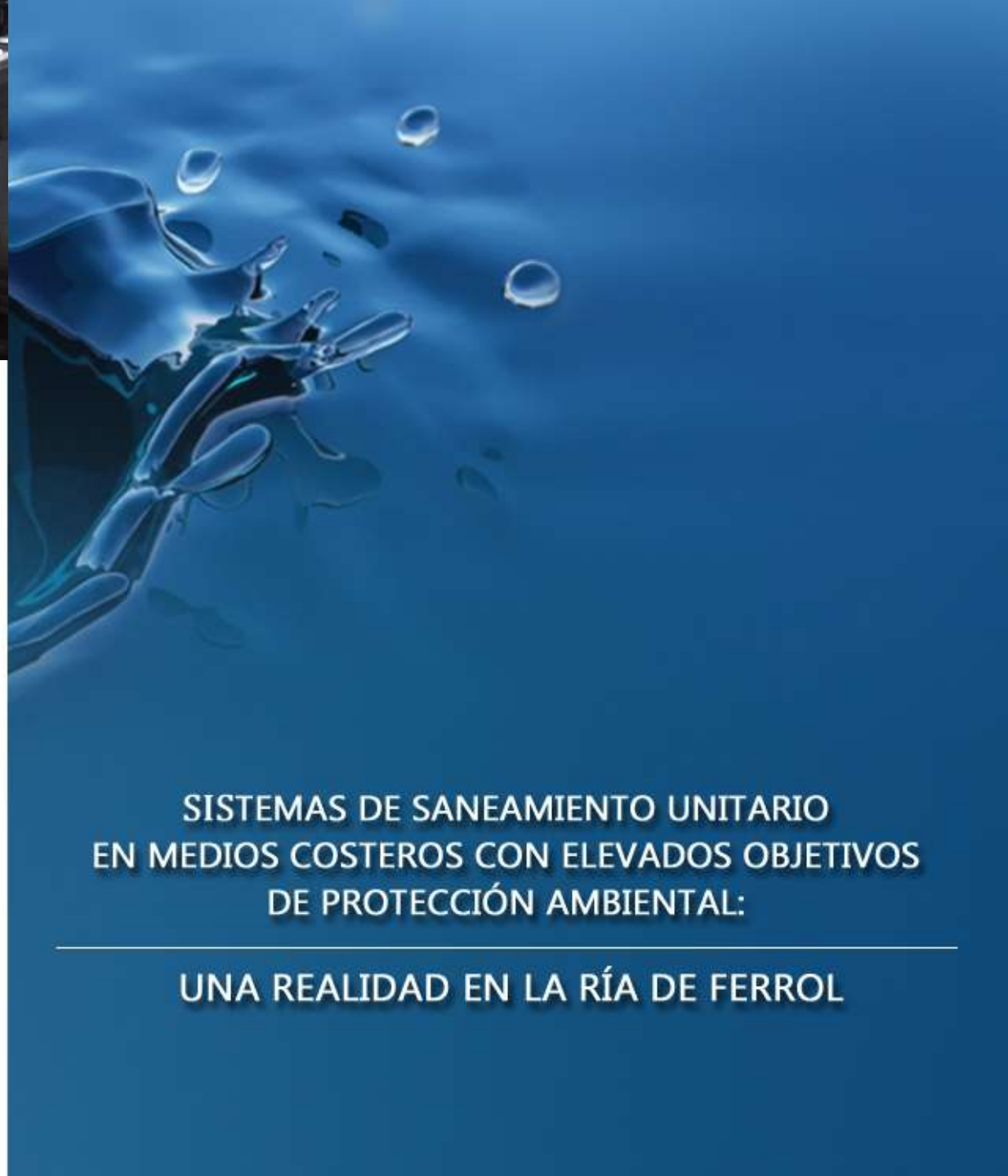
15,3 Km de colectores generales e interceptores de nueva construcción

10,2 Km de colectores existentes rehabilitados, aplicando técnicas manuales, sistemas de manga “in situ” y SWL

3

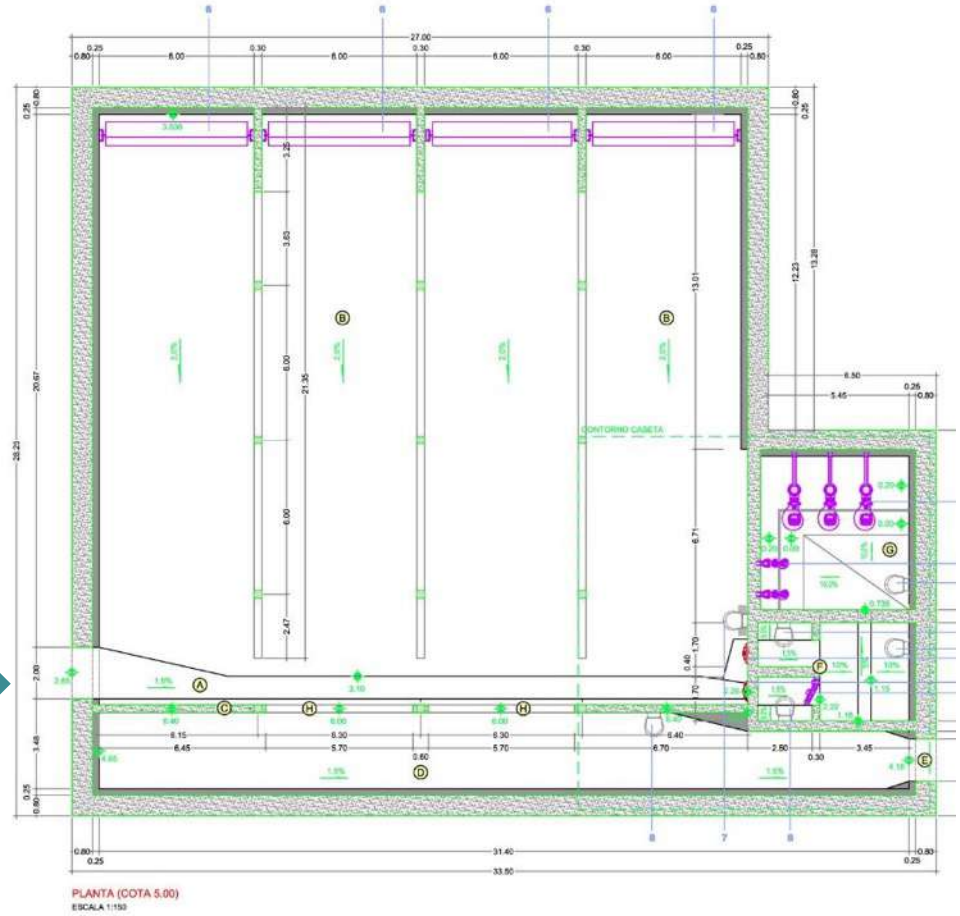
Tipología de tanque

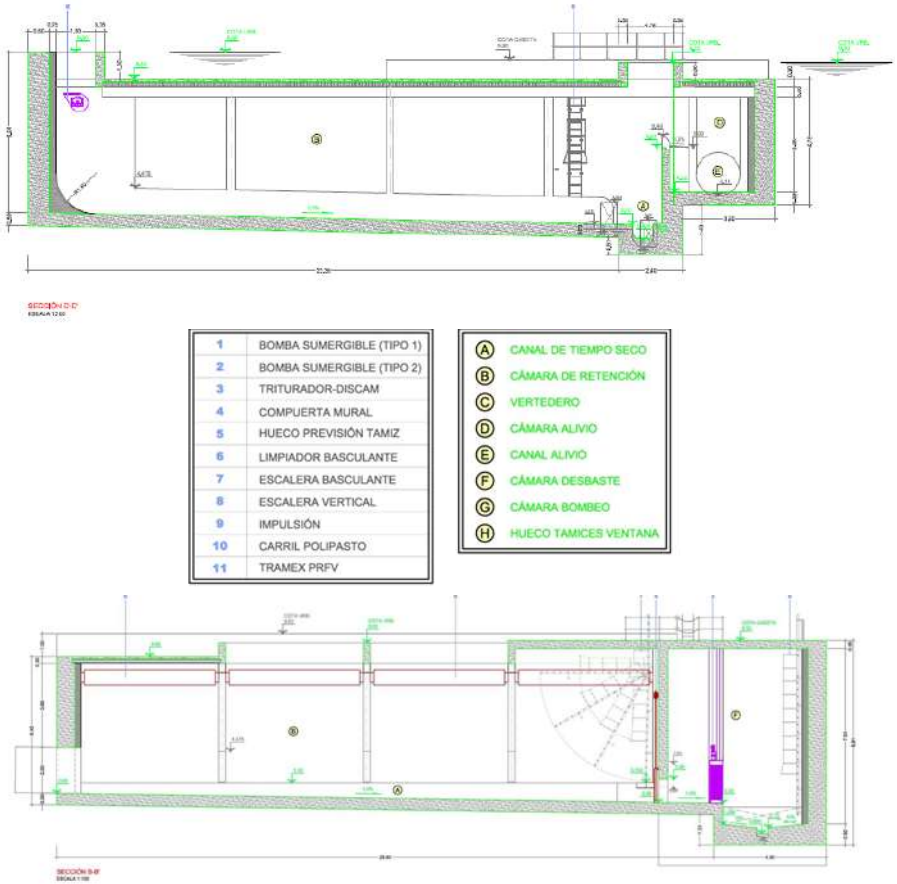
Evolución de su configuración y elementos



lostanques

Esquema de los tanques de tormentas





1	BOMBA SUMERGIBLE (TIPO 1)
2	BOMBA SUMERGIBLE (TIPO 2)
3	TRITURADOR-DISCAM
4	COMPUERTA MURAL
5	HUECO PREVISIÓN TAMIZ
6	LIMPIADOR BASCULANTE
7	ESCALERA BASCULANTE
8	ESCALERA VERTICAL
9	IMPULSIÓN
10	CARRIL POLIPASTO
11	TRAMEX PRFV

A	CANAL DE TIEMPO SECO
B	CÁMARA DE RETENCIÓN
C	VERTEDERO
D	CÁMARA ALIVIO
E	CANAL ALIVIO
F	CÁMARA DESBASTE
G	CÁMARA BOMBEO
H	HUECO TAMICES VENTANA

lostanques

Edificios de explotación integrados en el entorno

lostanques

Edificios de explotación integrados en el entorno y estructura subterránea oculta

lostanques

Estructura subterránea con una única cámara de retención en línea y un canal principal de tiempo seco

lostanques

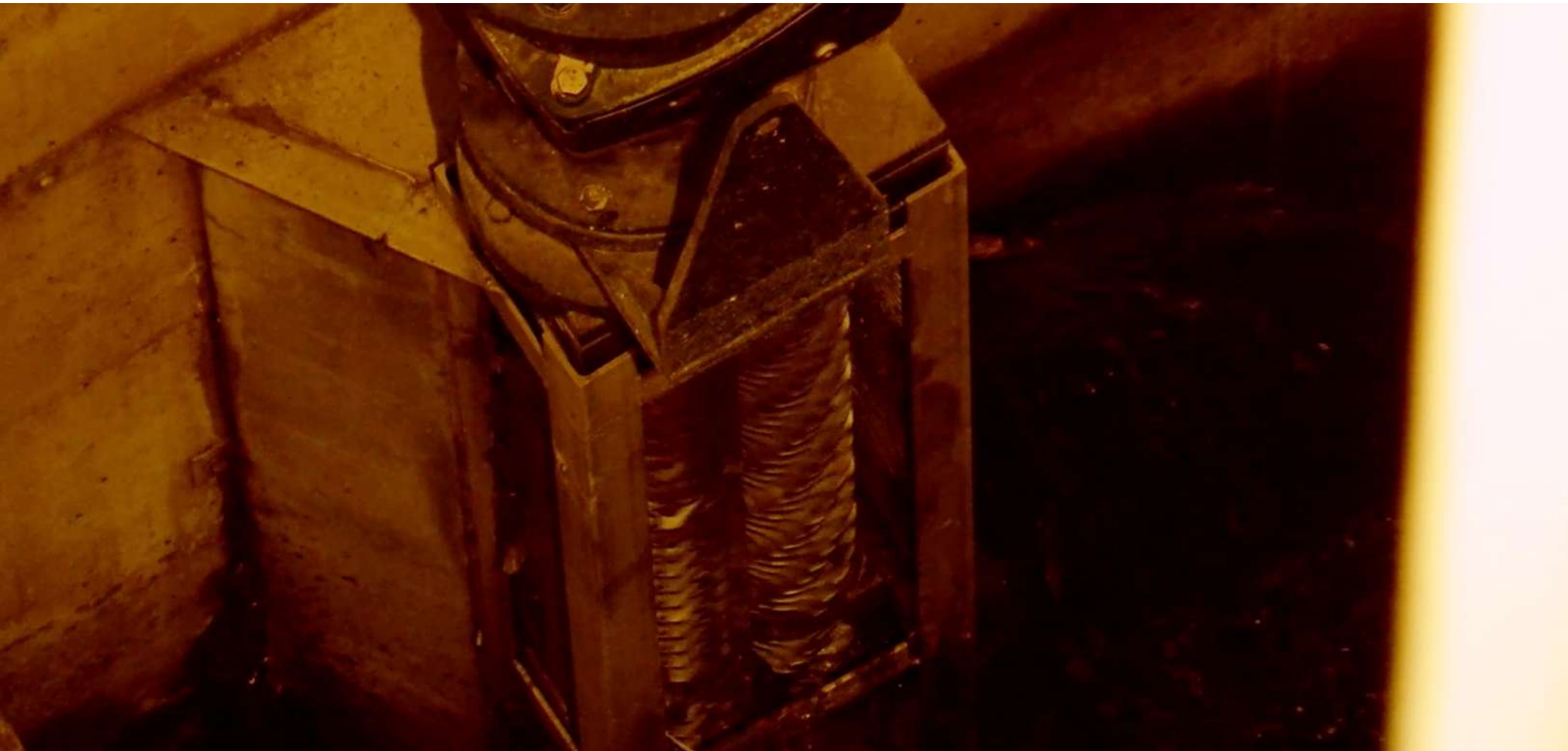
Cámara única del depósito de retención organizada por calles

lostanques

Canal principal de tiempo seco a lo largo de la cámara de retención

lostanques

Sistema de trituración de residuos previo al vaciado por bombeo



lostanques

Sistema de bombeo con bombas sumergibles y acceso desde el edificio de explotación

lostanques

Sistema de autolimpieza mediante limpiadores basculantes

lostanques

Sistema de tamizado de los desbordamientos hacia el medio receptor

lostanques

Sistema de desodorización por ionización del aire interior

lostanques

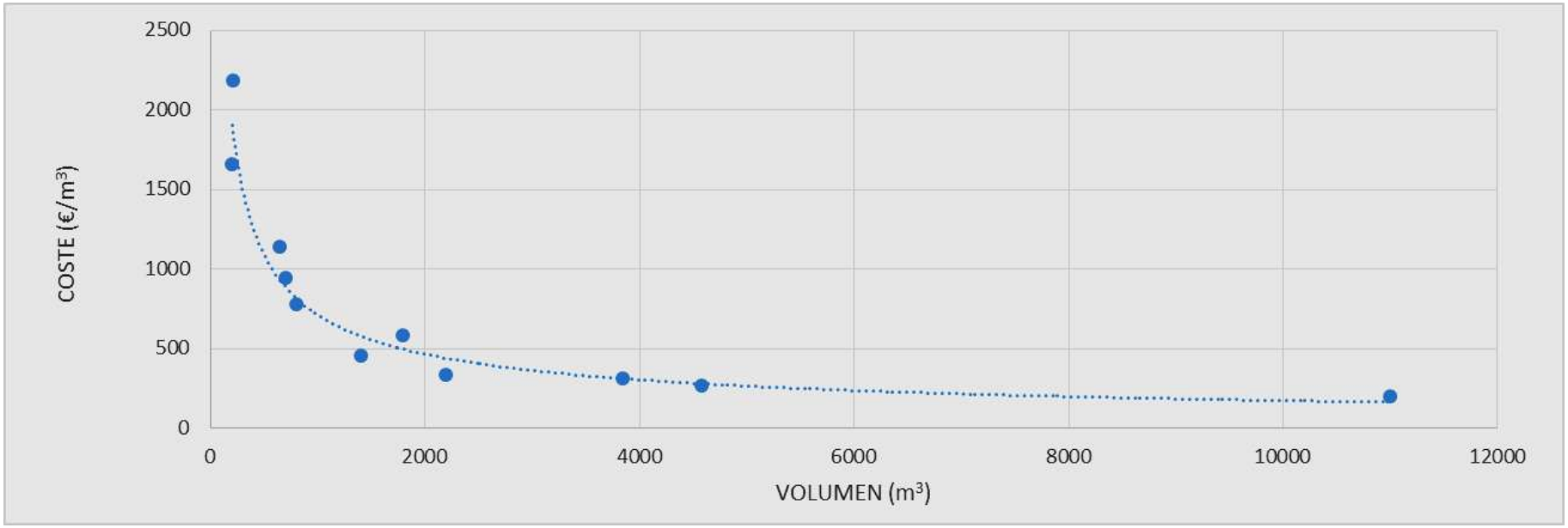
Organización del espacio interior del edificio de explotación en una sala húmeda

lostanques

...y una sala seca con todos los equipos eléctricos y de control

lostanques

y… ¿el coste de construcción de esta tipología de tanques?



En importe liquido (IVA excluido) de 2015

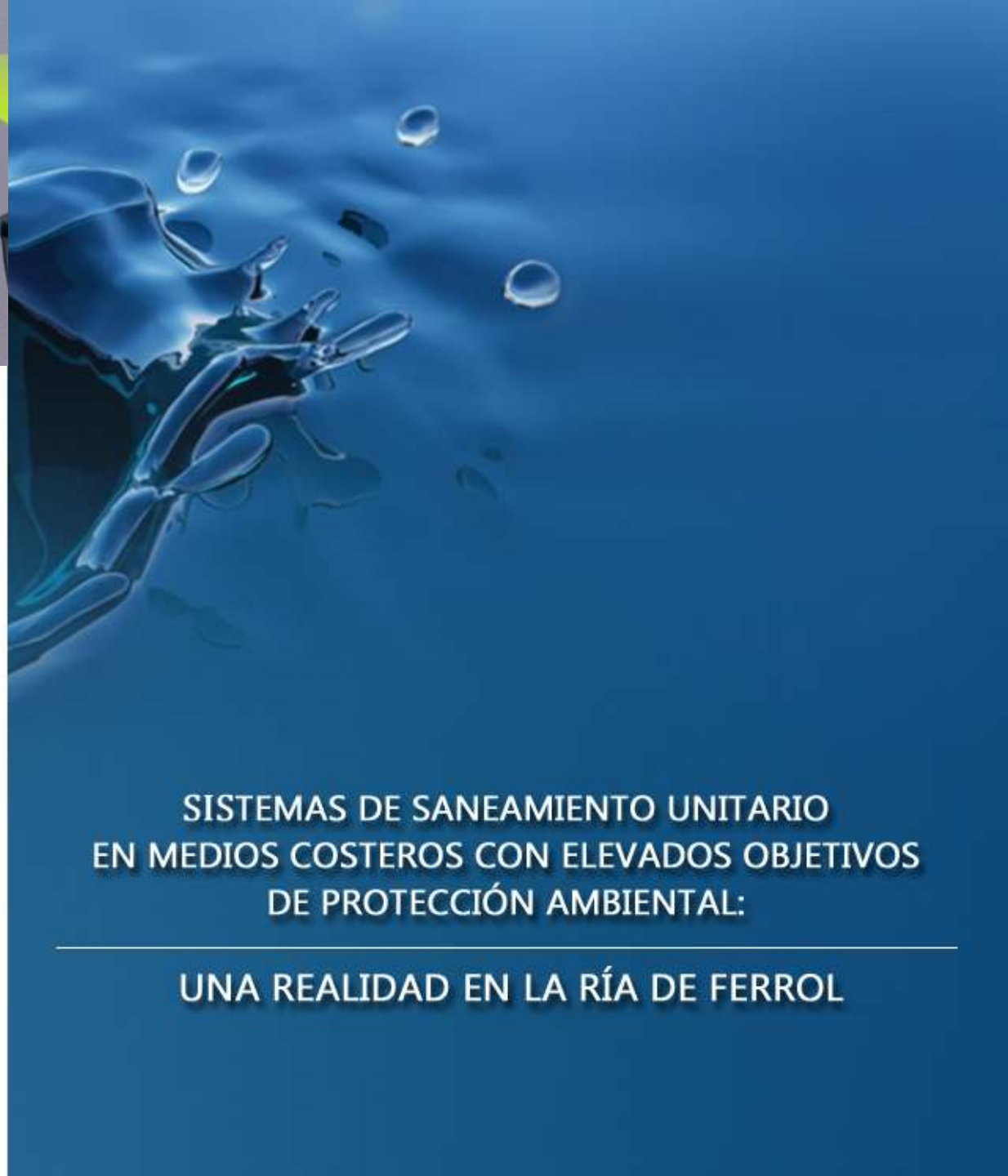
Valores medios:

- **31,5 m³/Ha neta**
- **581 €/m³**
- **150 €/hab**

4

Explotación digital

Minimizar costes de operación y mantenimiento



SISTEMAS DE SANEAMIENTO UNITARIO
EN MEDIOS COSTEROS CON ELEVADOS OBJETIVOS
DE PROTECCIÓN AMBIENTAL:

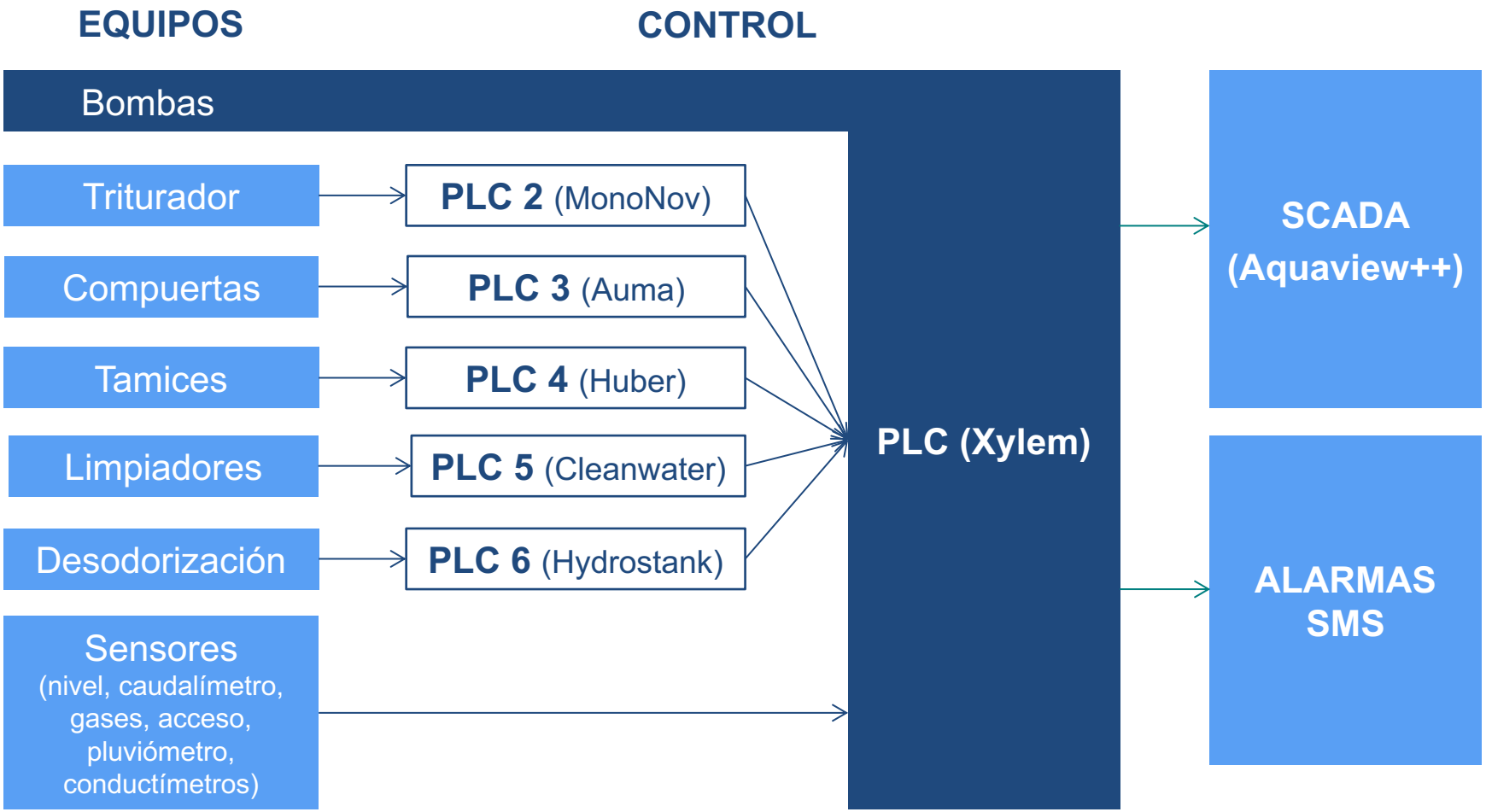
UNA REALIDAD EN LA RÍA DE FERROL

laexplotación

Accesibilidad, materiales de primera calidad y equipos electromecánicos en cámara seca

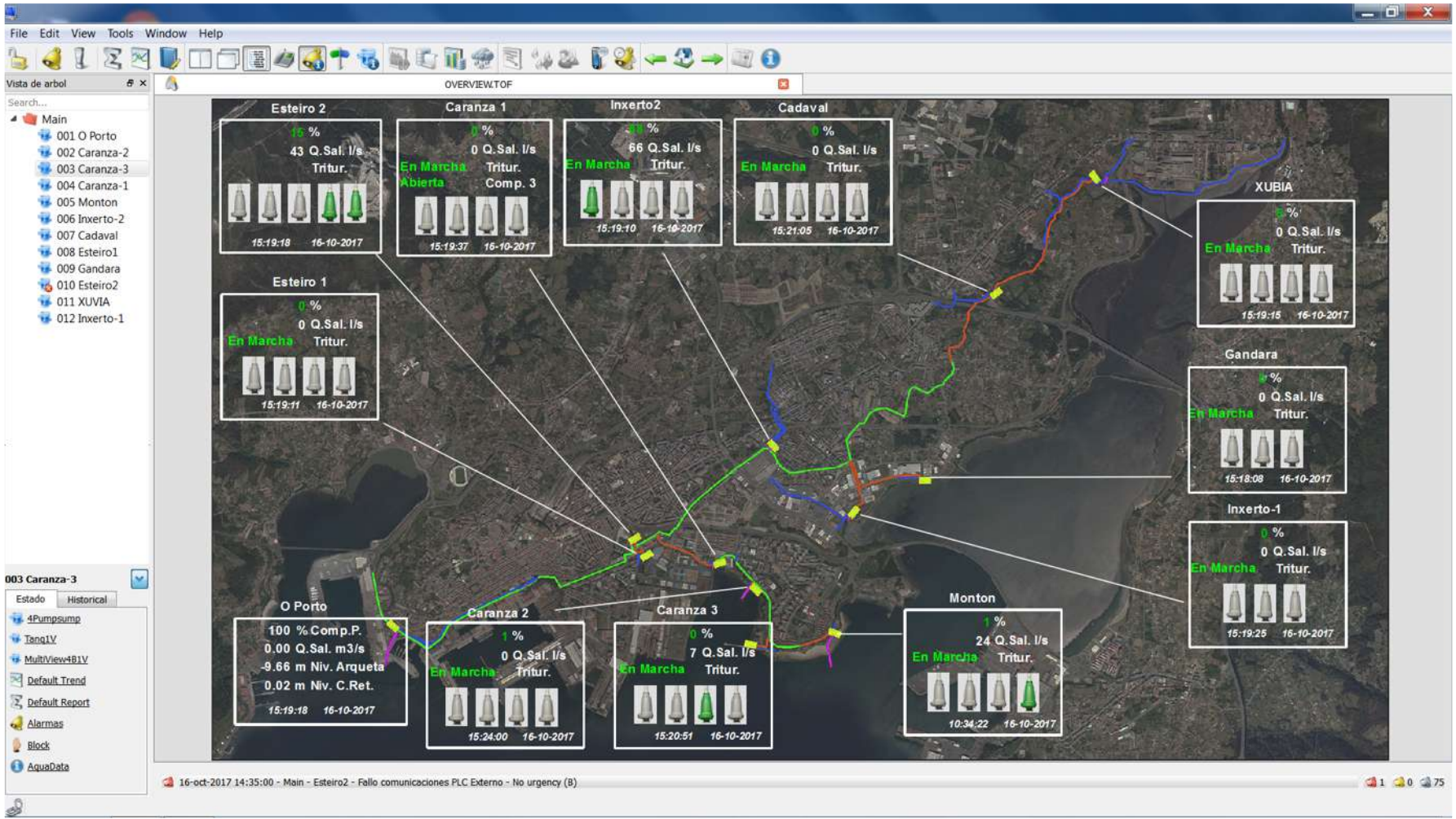
laexplotación

Completa automatización de los tanques y de sus equipos electromecánicos



laexplotación

Operación en tiempo real del sistema desde el SCADA central

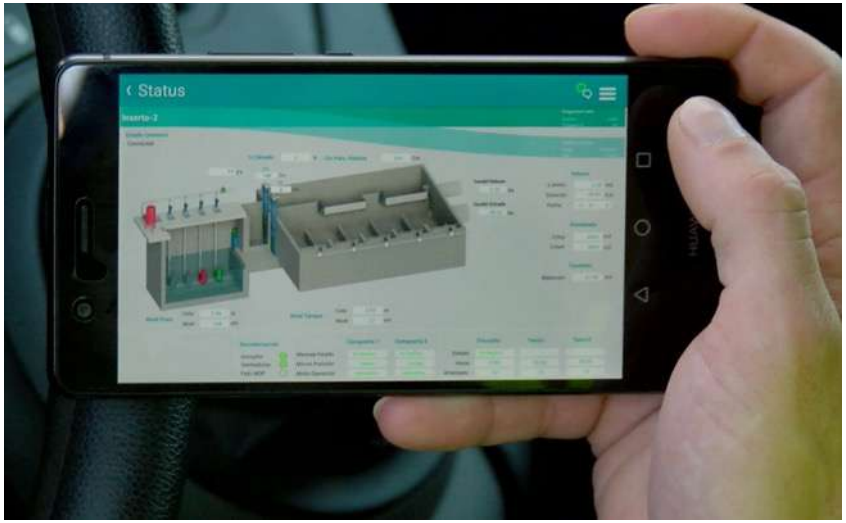


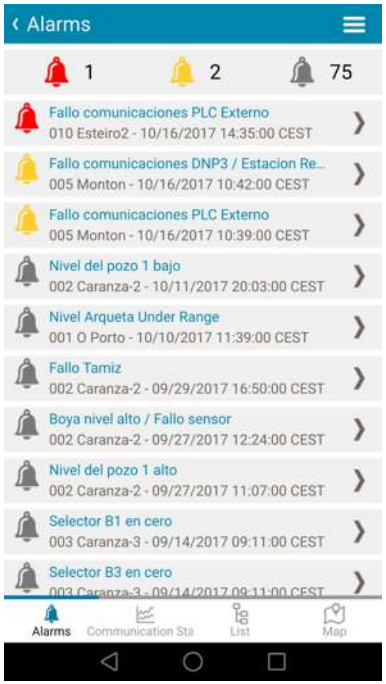
laexplotación

Operación en tiempo real del sistema desde el SCADA central

laexplotación

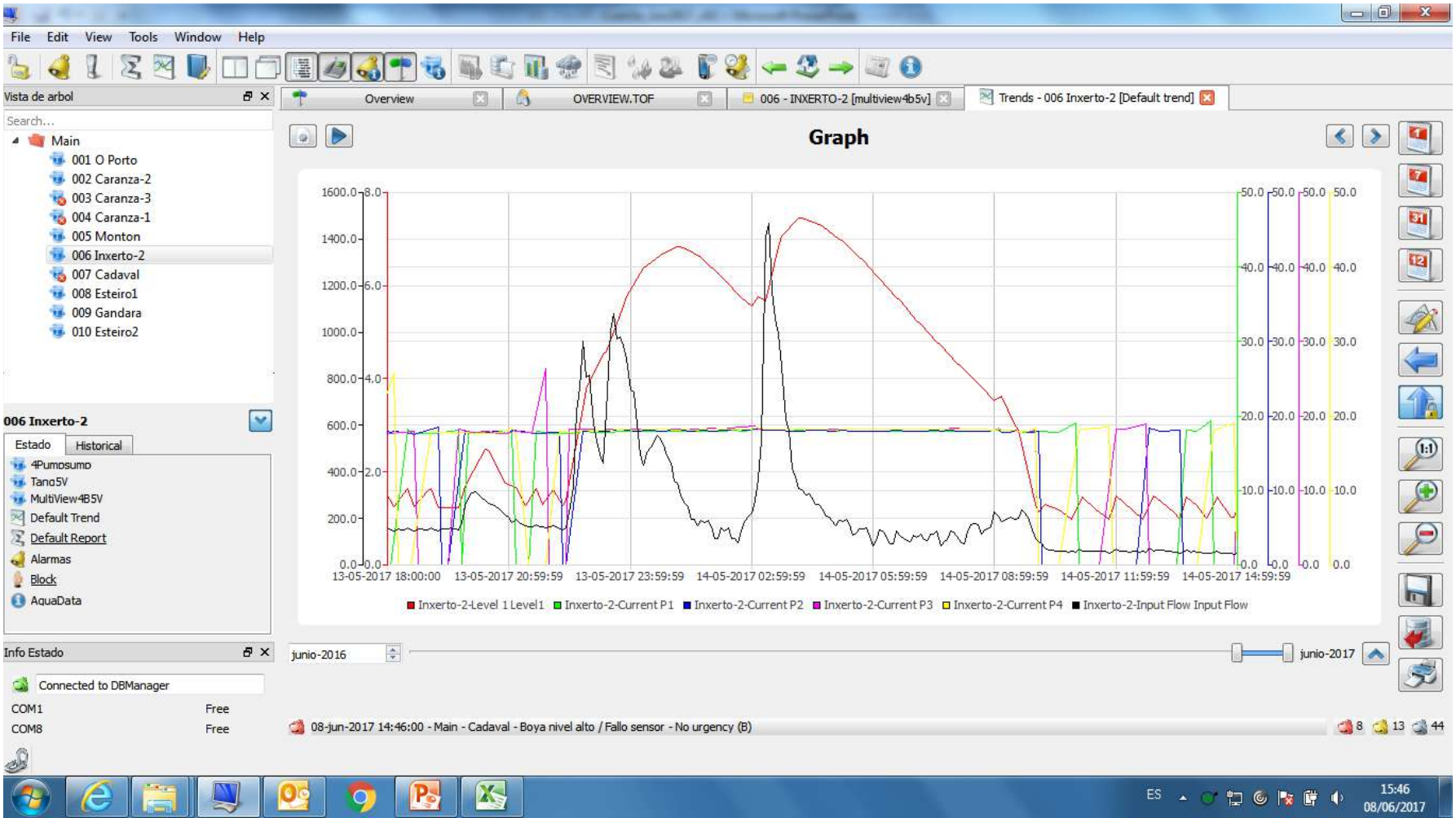
Acceso al SCADA mediante Apps. y sistema redundante de alarmas vía SMS





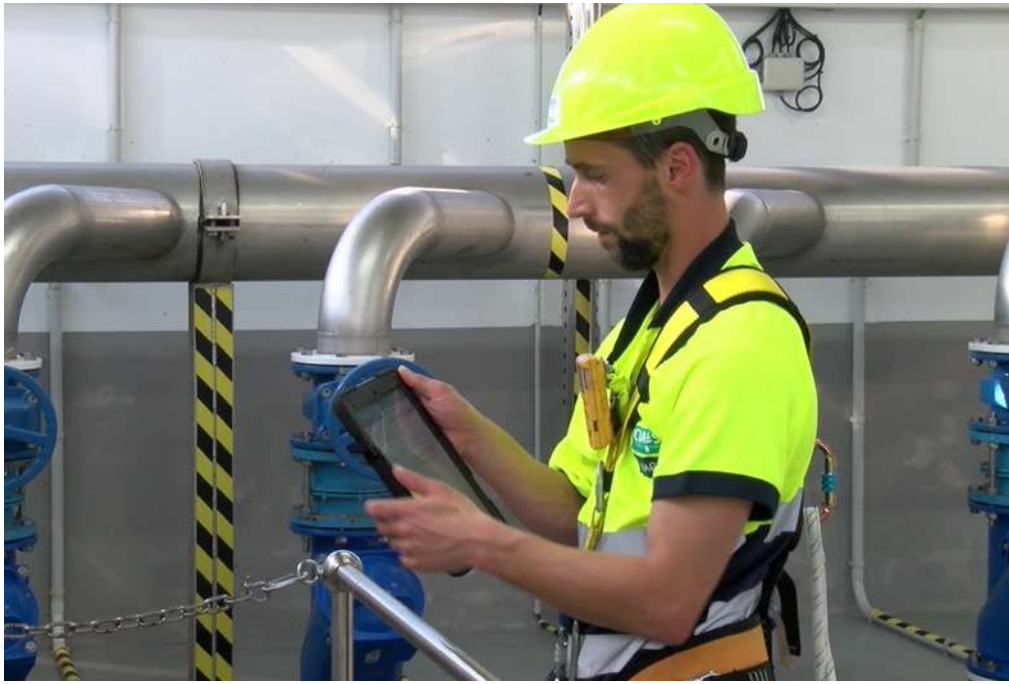
laexplotación

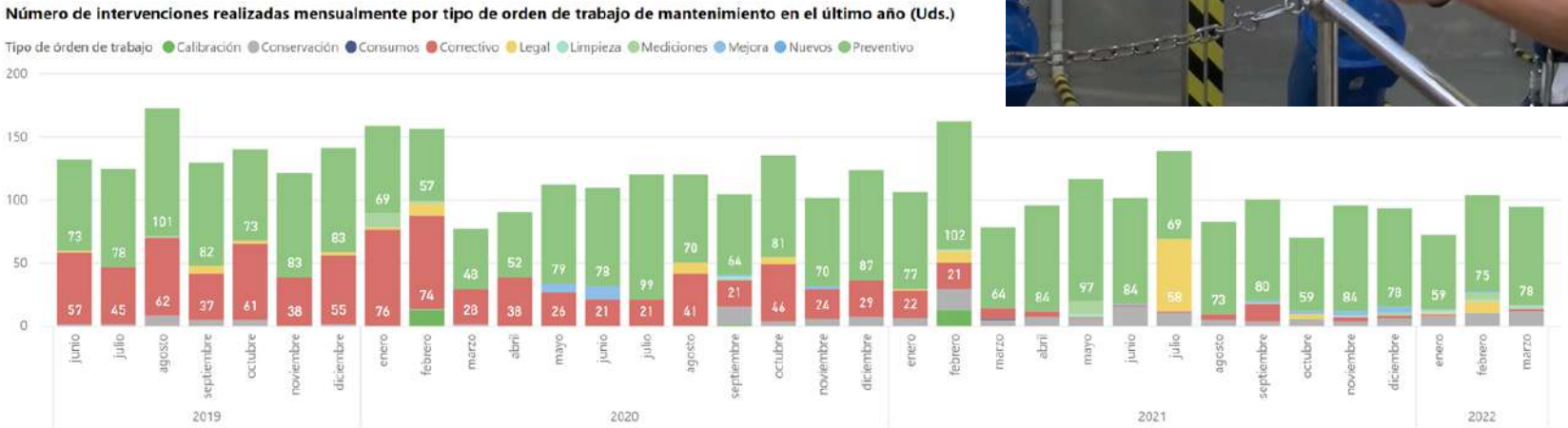
Registro centralizado de toda la información generada por la operación del sistema



laexplotación

Mantenimiento mediante un GMAO con aplicaciones móviles

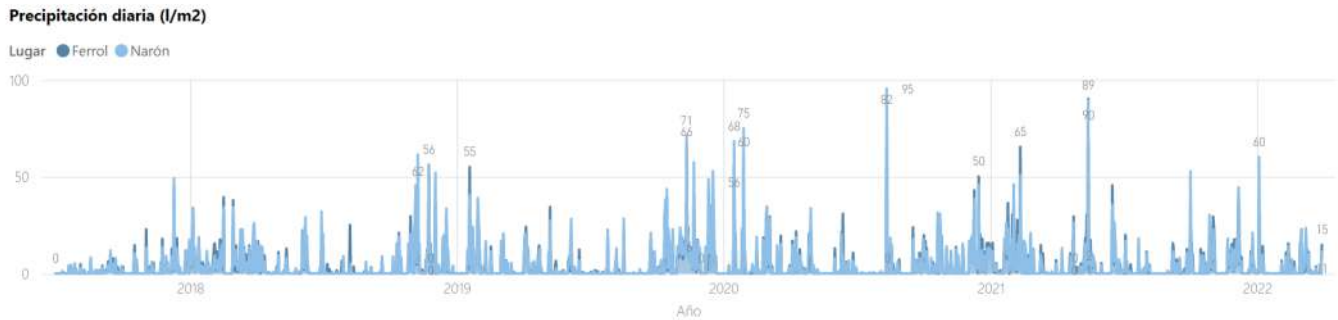




laexplotación

Procesado de datos mediante herramientas "BI"

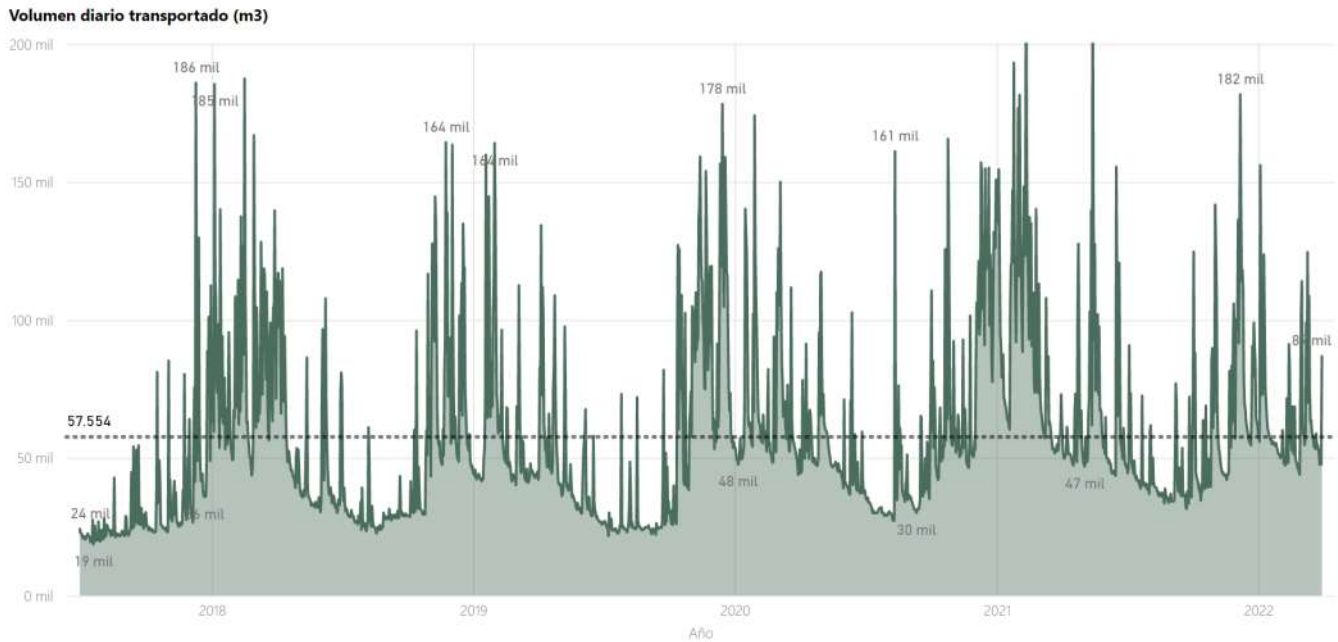
Desde su puesta en marcha

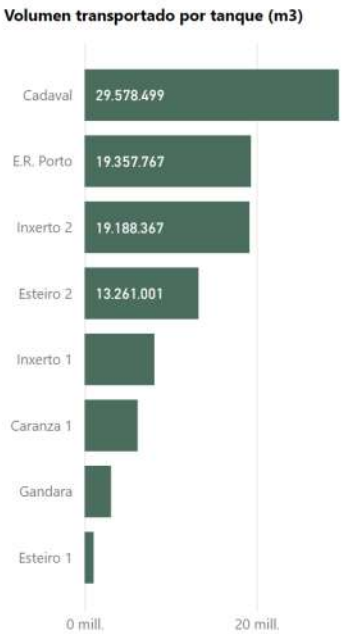


Lluvia Ferrol (l/m2)	Lluvia Narón (l/m2)
7.127	7.142

Volumen transportado total (m3)

99.855.712

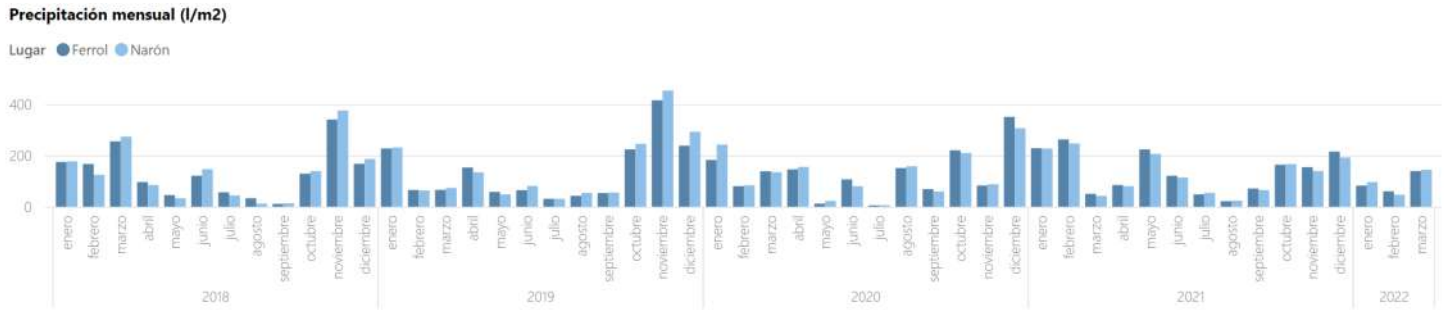




laexplotación

Procesado de datos mediante herramientas "BI"

Desde su puesta en marcha

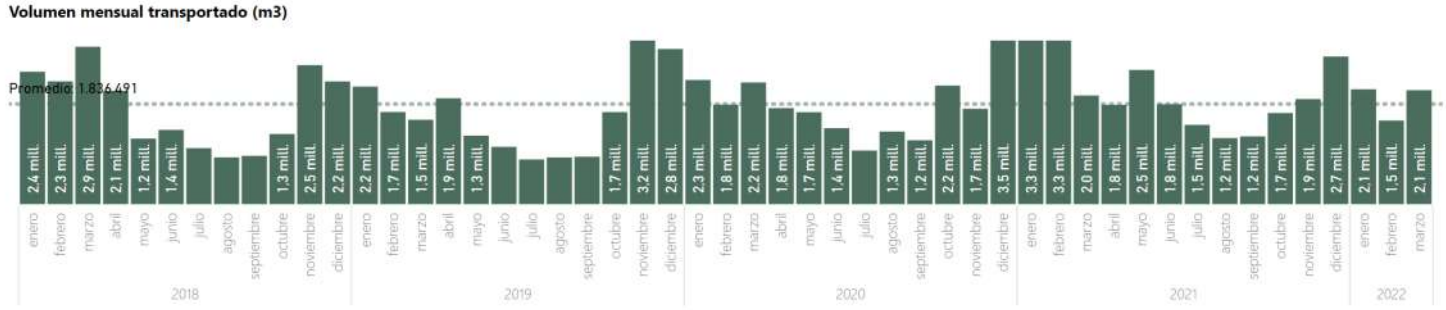


Lluvia en Ferrol (l/m2)

7.127

Lluvia en Narón (l/m2)

7.142

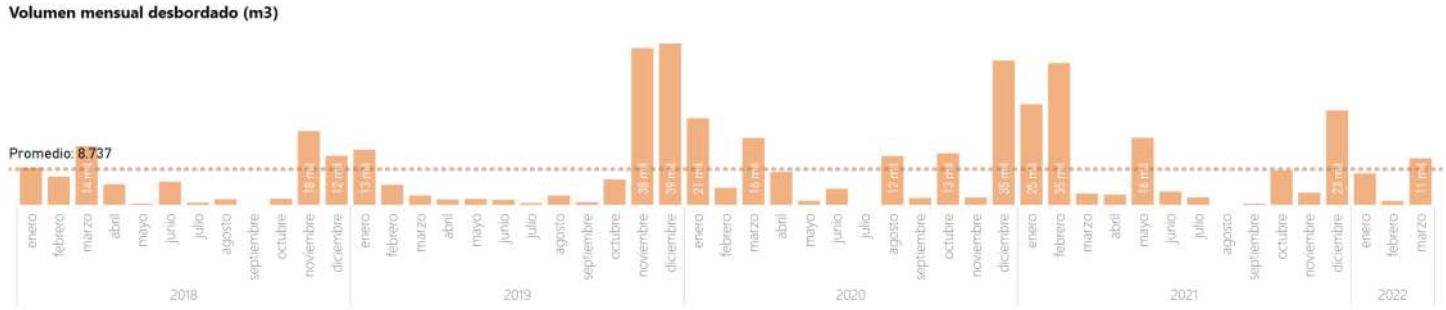


Volumen transportado total (m3)

99.855.724

Transportado frente a desbordado

0,45 %



Volumen desbordado (m3)

453.588

Número desbordamientos

884

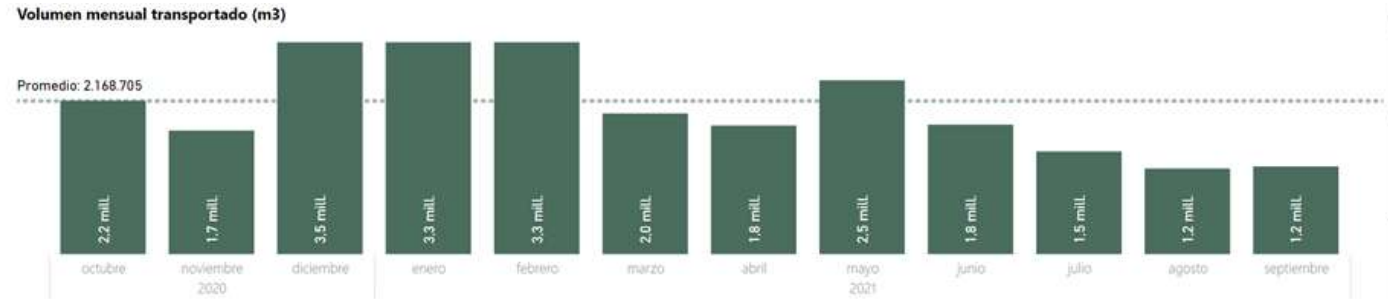
Duración desbordamientos (h.)

9.453

laexplotación

Último año hidrológico

Procesado de datos mediante herramientas "BI"



Lluvia en Ferrol (l/m2) 1.767

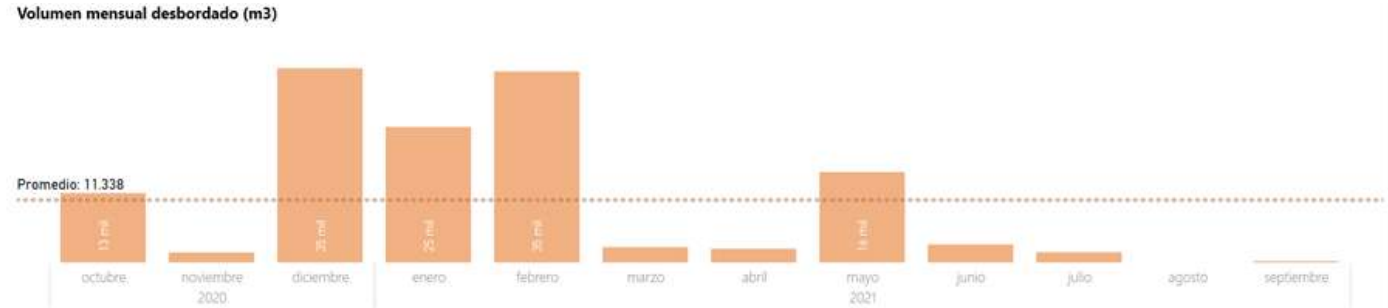
Lluvia en Narón (l/m2) 1.665

Volumen transportado total (m3)

26.024.461

Transportado frente a desbordado

0,52 %



Volumen desbordado (m3)

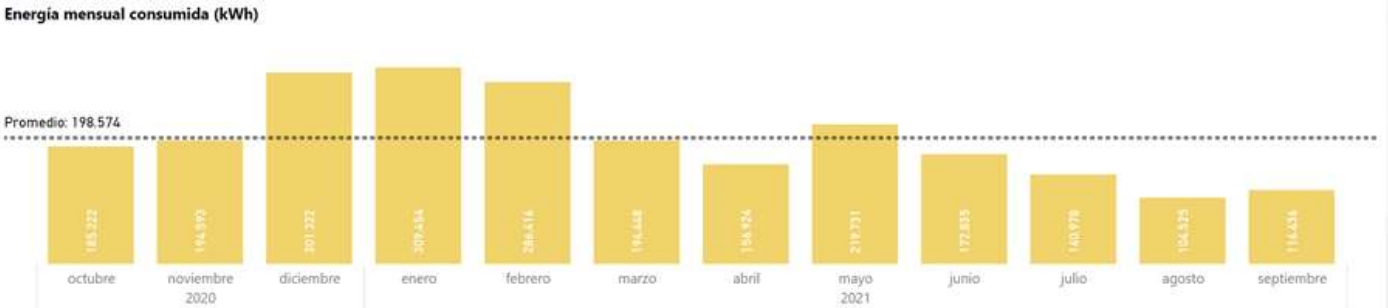
136.056

Número desbordamientos

247

Duración desbordamientos (h.)

2.828



Lluvia en Ferrol (l/m2) 1.767

Lluvia en Narón (l/m2) 1.665

Energía Total (kWh)

2.382.884

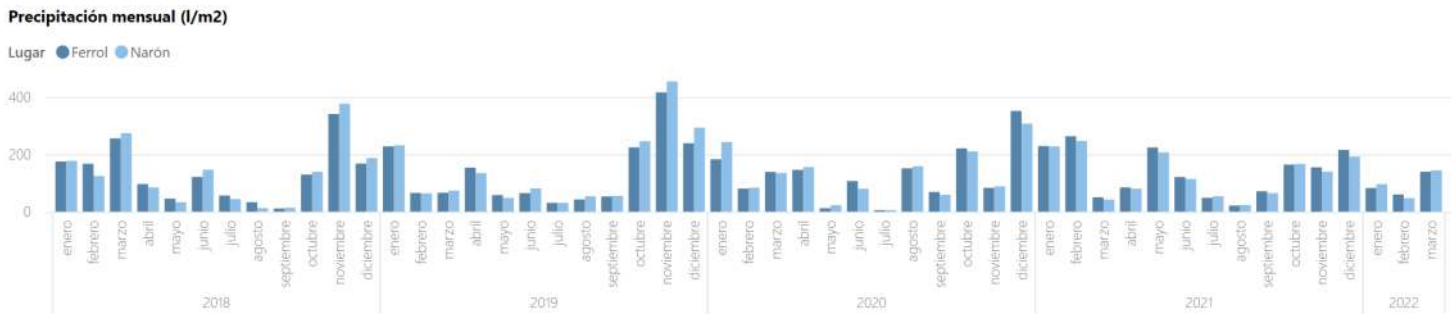
Rendimiento (kWh/m3)

0,091563

laexplotación

Procesado de datos mediante herramientas "BI"

Análisis del origen de las ARU

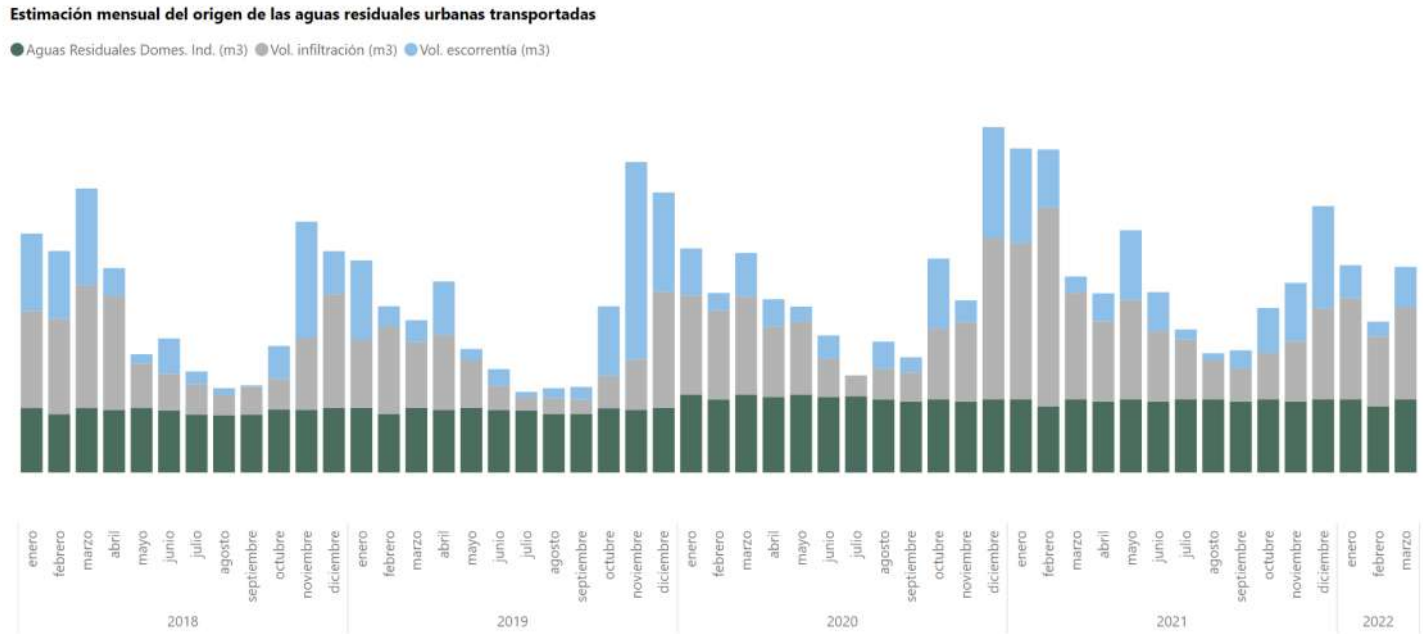


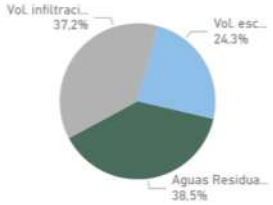
Estimación según origen

28.930.925
Vol. infiltración (m3)

18.880.854
Vol. escorrentía (m3)

29.984.873
Aguas Residuales Domes. Ind. (...

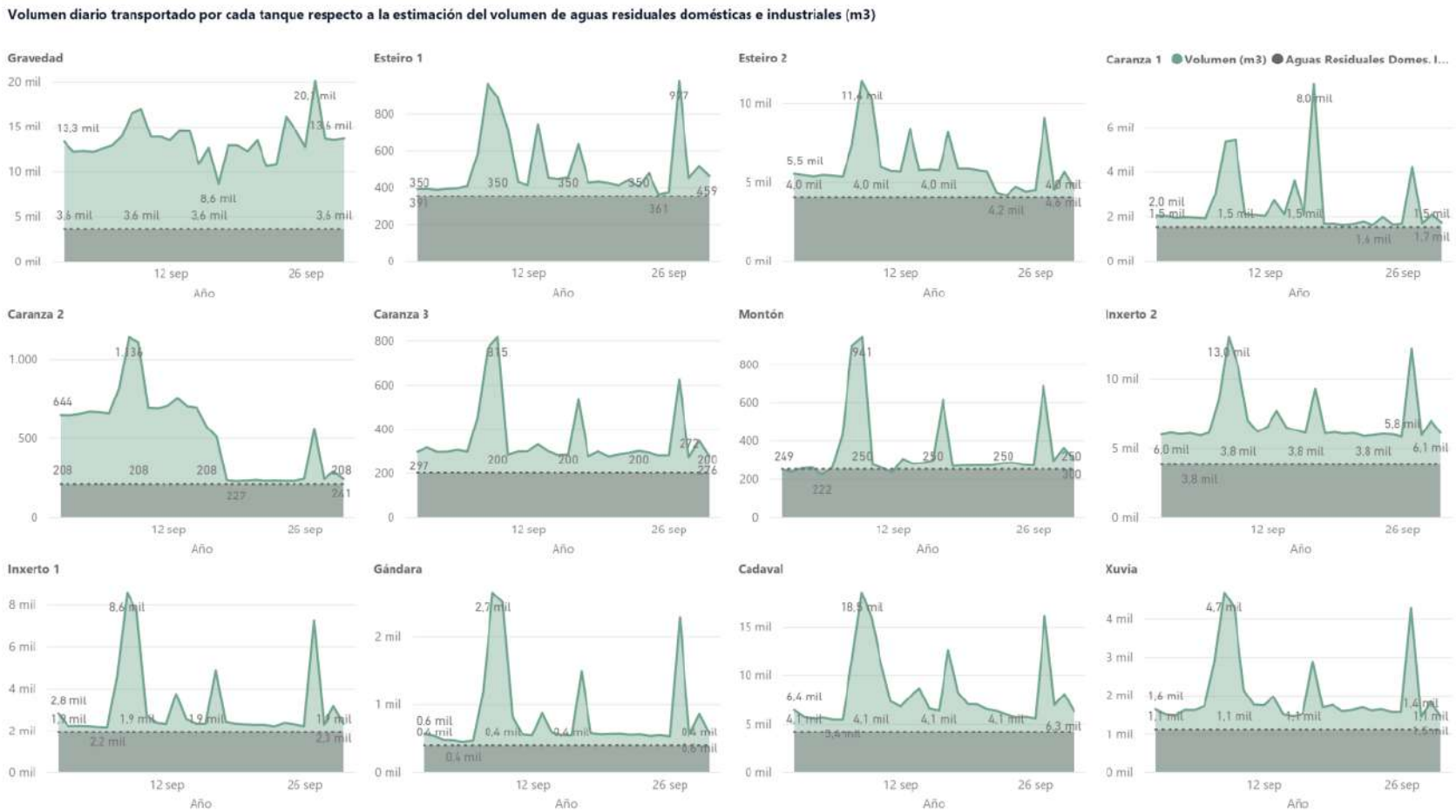




laexplotación

Procesado de datos mediante herramientas "BI"

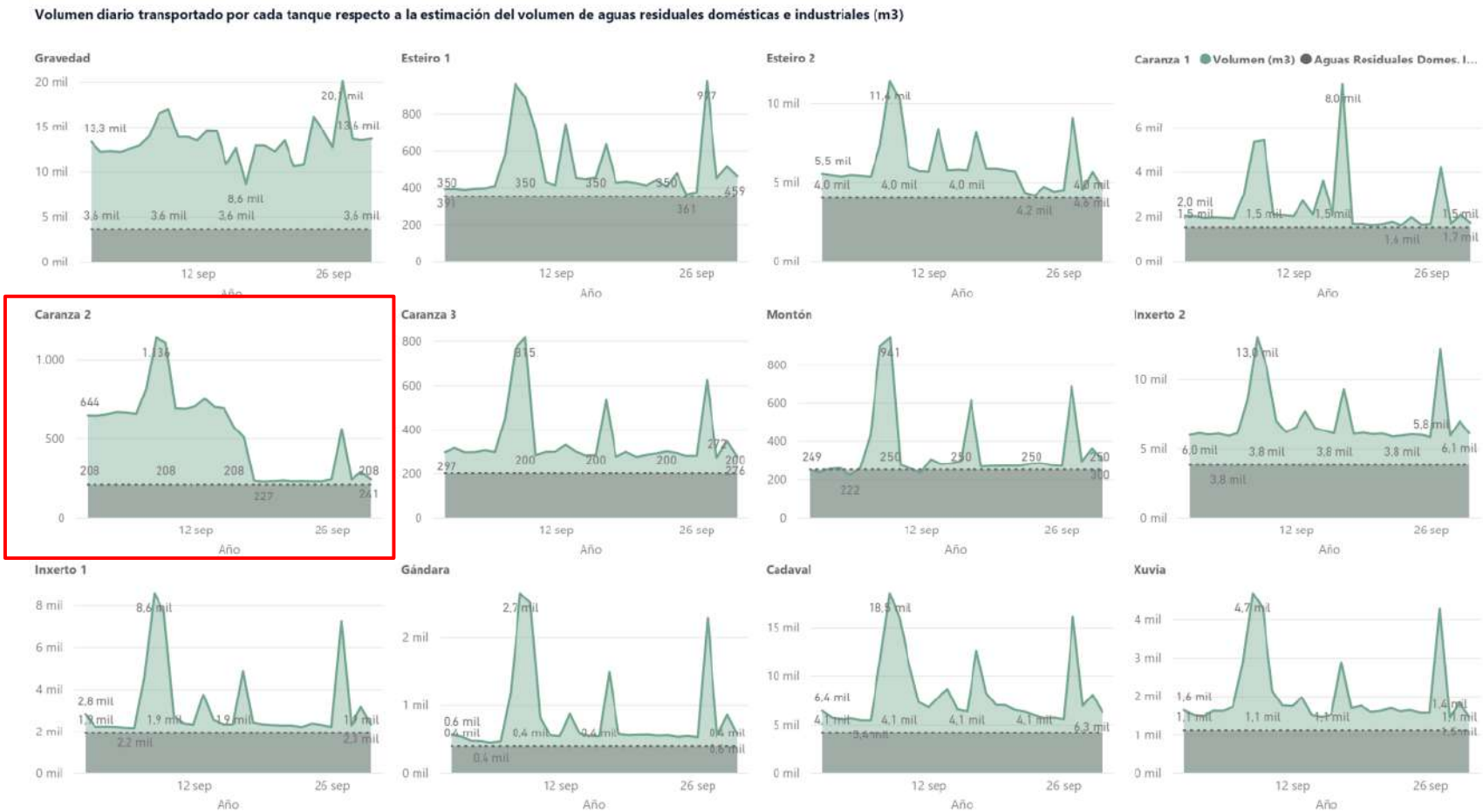
Análisis por sectores



laexplotación

Procesado de datos mediante herramientas "BI"

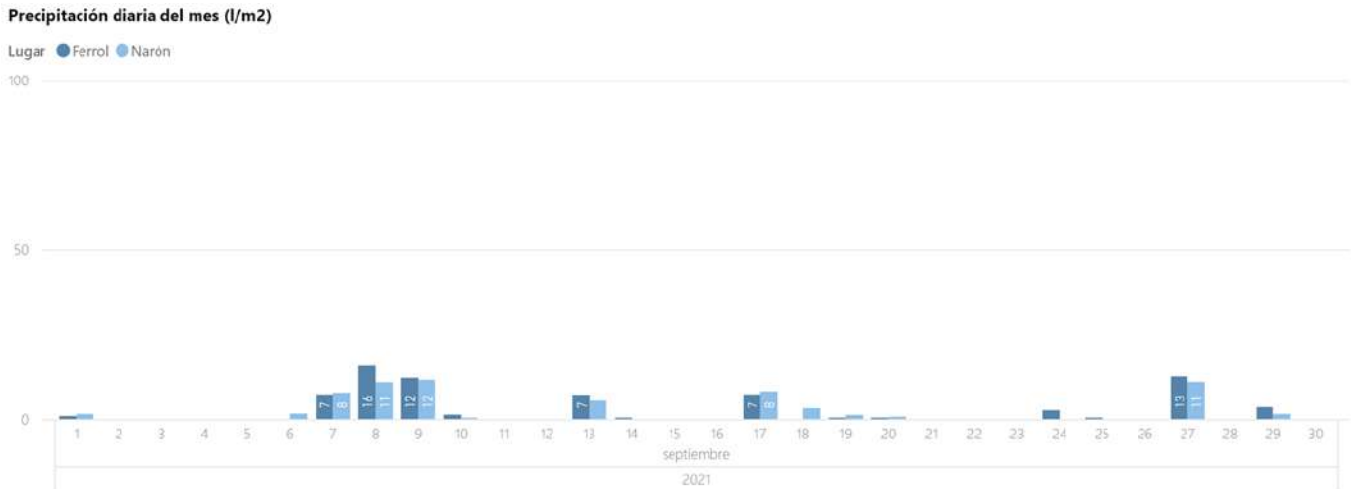
Análisis por sectores

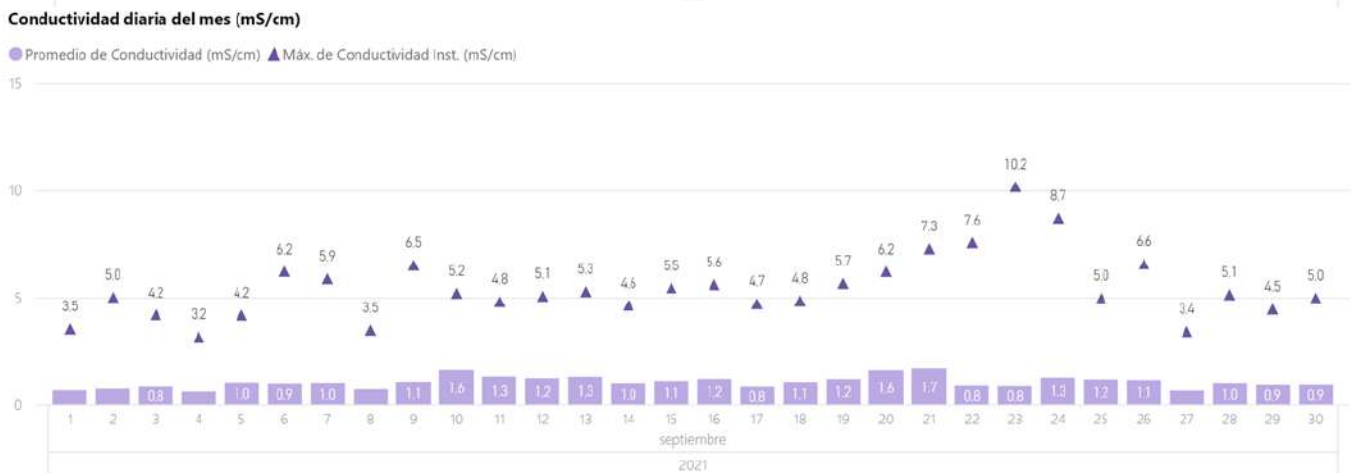


laexplotación

Procesado de datos mediante herramientas "BI"

Análisis de indicadores





Lluvia mensual en Ferrol (l/m2)

71

Año anterior: 69 (+3 %)

Lluvia mensual en Narón (l/m2)

65

Año anterior: 59 (+10 %)

Conductividad promedio mensual (mS/cm)

1,04

Conductividad máxima inst. mensual (mS/cm)

10,17

laexplotación

Procesado de datos mediante herramientas "BI"

Análisis de indicadores energéticos

Promedio del ratio energético de las bombas de Caranza 3 (kWh/m3/m) último año

7,967387

Año anterior: 12,082821 (-34 %)

Promedio del ratio energético de las bombas de Montón (kWh/m3/m) último año

5,315978

Año anterior: 5,088133 (+4 %)

Promedio del ratio energético de las bombas de Inxerto 2 (kWh/m3/m) último año

3,983622

Año anterior: 3,988992 (-0 %)

Promedio del ratio energético de las bombas de Inxerto 1 (kWh/m3/m) último año

4,153111

Año anterior: 4,243143 (-2 %)

laexplotación

Procesado de datos mediante herramientas "BI"

Análisis de indicadores energéticos

Promedio del ratio energético de las bombas de Caranza 3 (kWh/m3/m) último año

7,967387

Año anterior: 12,082821 (-34 %)

Promedio del ratio energético de las bombas de Montón (kWh/m3/m) último año

5,315978

Año anterior: 5,088133 (+4 %)

Promedio del ratio energético de las bombas de Inxerto 2 (kWh/m3/m) último año

3,983622

Año anterior: 3,988992 (-0 %)

Promedio del ratio energético de las bombas de Inxerto 1 (kWh/m3/m) último año

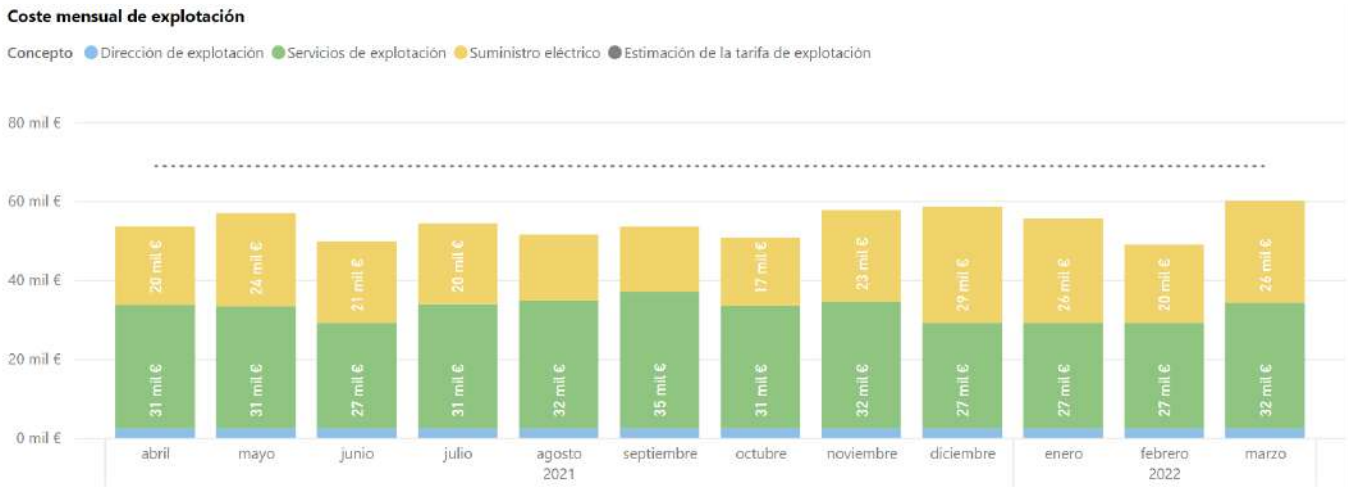
4,153111

Año anterior: 4,243143 (-2 %)

laexplotación

Coste de explotación del sistema

Análisis de coste



Volumen transportado total (m3)
22.059.060

Energía total (kWh)
2.116.863

Coste de explotación acumulado
651.405 €

Suministro eléctrico
259.415 €

Suministro eléctrico
39,82%

Servicios de explotación
361.923 €

Servicios de explotación
55,56%

Coste de explotación por m3 transportado (€/m3)
0,030

¡Muchas Gracias!

I Jornada sobre

Tecnología e Innovación en Saneamiento y Depuración

Oviedo, 6-7 de junio 2022

Contaminantes Emergentes. Sistemas de Tratamiento Alternativos e Innovadores

Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones: Humedales Bioelectrogénicos y Filtros

Eloy García Calvo. Director. IMDEA Agua

Patrocinado por:
OVIEDO
Consorcio de Aguas
Gobierno del Principado de Asturias

Algunos datos sobre tratamiento de aguas residuales:

- ✓ España trata el 97% de agua residual,
  - Las mayores deficiencias están en pequeñas poblaciones. Hay más de 5500,
  - Unas 4000 poblaciones con menos de 500 habitantes,

✓La sostenibilidad de ciclo urbano del agua pasa por el tratamiento adecuado de aguas residuales de pequeñas poblaciones

- ✓ Existen diversas tecnologías adaptables
  - Lagunaje
  - Filtros de turba
  - Lechos bacterianos
  - Contactores biológicos rotativos
  - Combinaciones

Filtros verdes

Un Filtro Verde es un sistema agroforestal (bosque) donde el agua a tratar es aplicada al terreno en forma de riego. Parte de esta agua se evapora y evapotranspira y otra parte percola a través del suelo, llegando al acuífero.

Al ser un sistema forestal, este tipo de tratamiento depende completamente de factores ambientales como clima, tipo de suelo, el clima, etc.

Filtros verdes

Filtro Verde

La Franca

Humedales Artificiales

Tipos

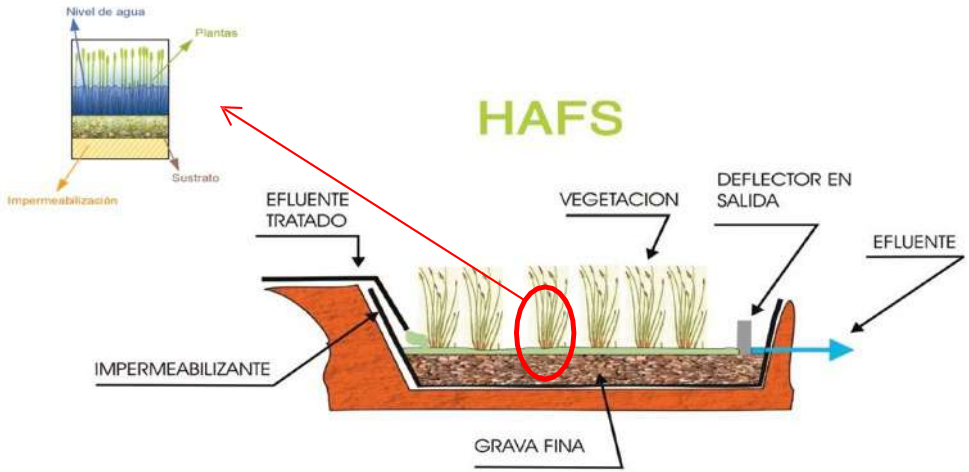
- Humedales Artificiales de Flujo Superficial (HAFS)
- Humedales de Flujo Subsuperficial (HAFSs): horizontales (HAFSsH) y verticales (HAFSsV)

Humedales Artificiales de Flujo Superficial (HAFS)

- El agua se encuentra expuesta a la atmósfera y circula a través de los tallos de las plantas.

- Como lagunajes con escasa profundidad (0,4 m) y con presencia de plantas emergentes

-La alimentación es continua. El lecho del sustrato, los tallos y raíces sirven de soporte para la fijación de la película microbiana. La sombra de la vegetación limita el crecimiento de las microalgas



Humedales artificiales

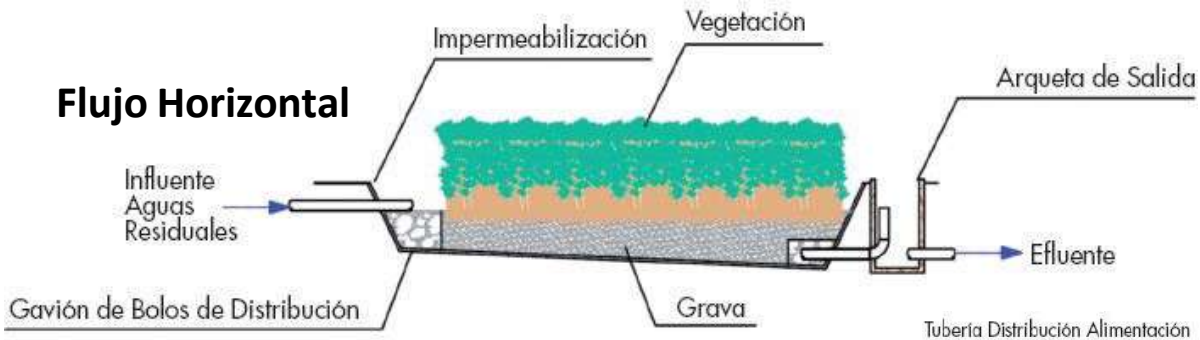
Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial (HAFSs)

El agua circula a través del sustrato (arena, gravillas o gravas). No existe lámina de agua libre, por lo que esta no se encuentra en contacto con la atmósfera

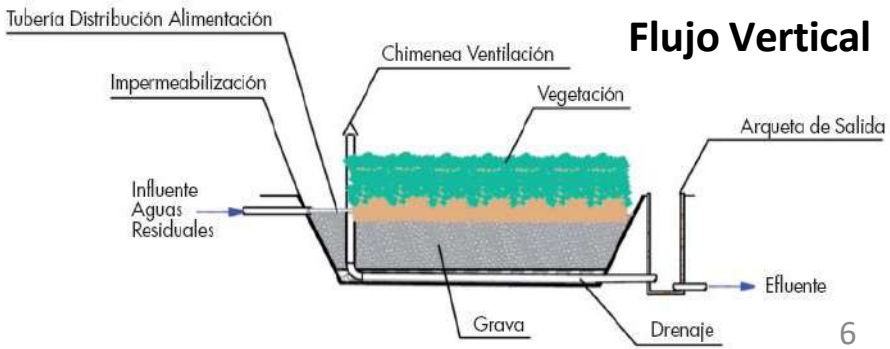
Dependiendo de la dirección del flujo de agua, existen 2 tipos de HAFSs:

- De flujo Horizontal. El agua circula de forma paralela al sustrato.
- De flujo Vertical. El agua circula de forma perpendicular al sustrato.

Flujo Horizontal

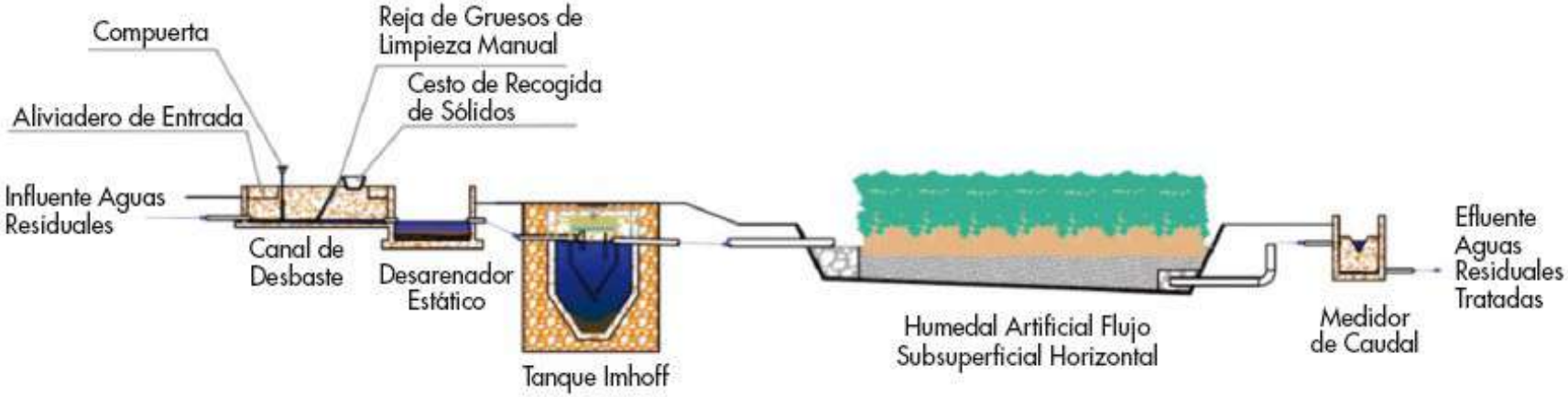


Flujo Vertical

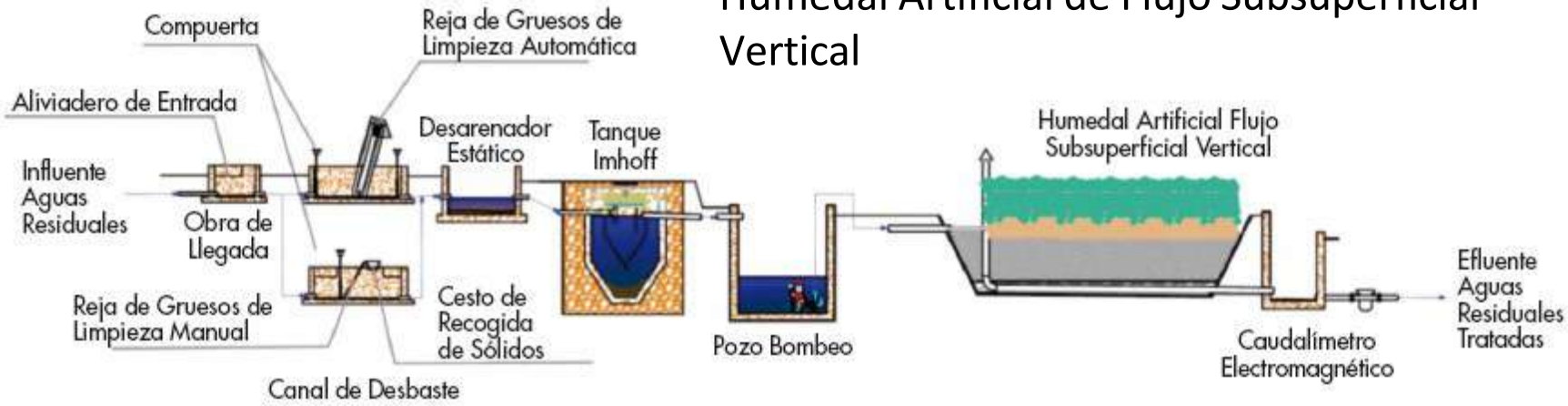


Humedales artificiales

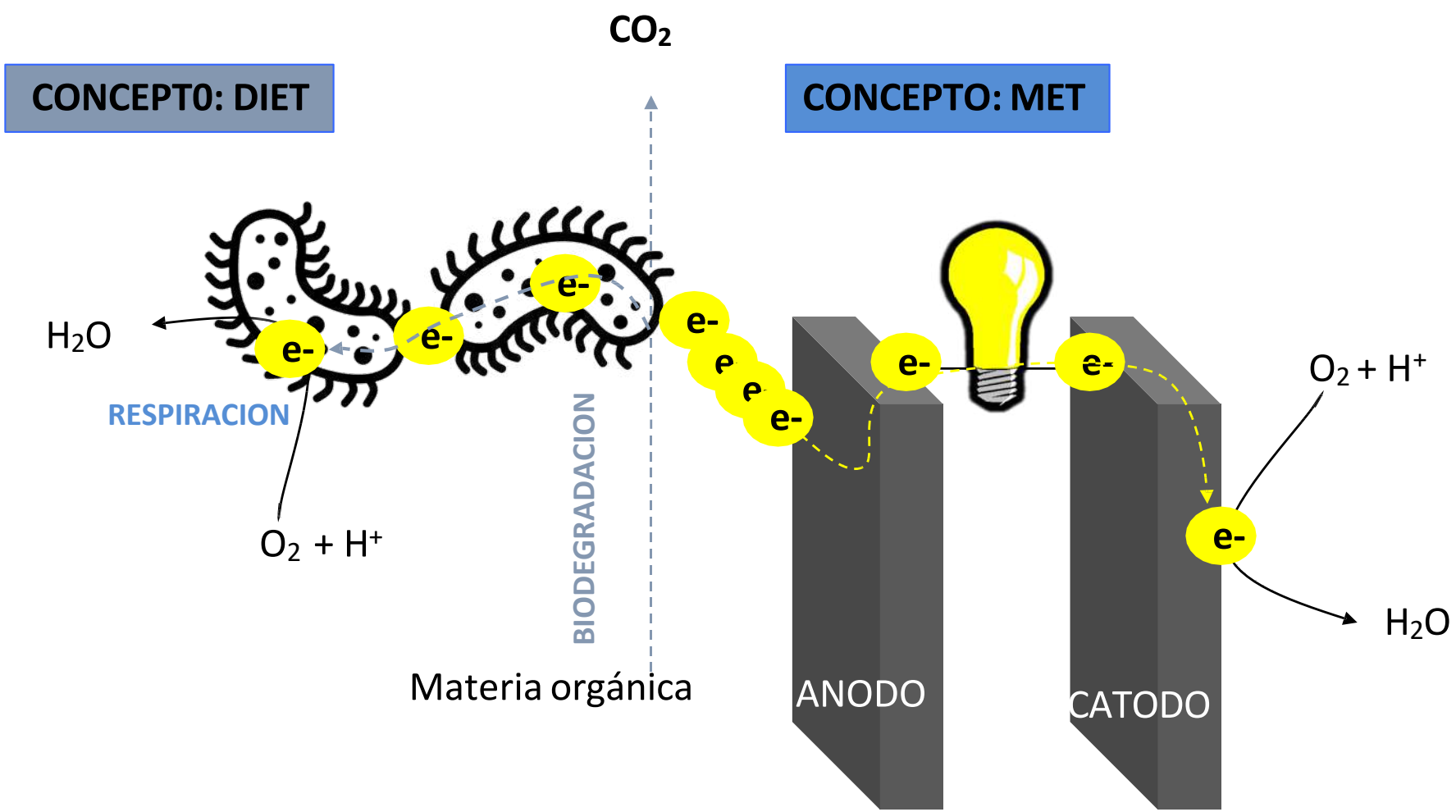
Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal



Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Vertical



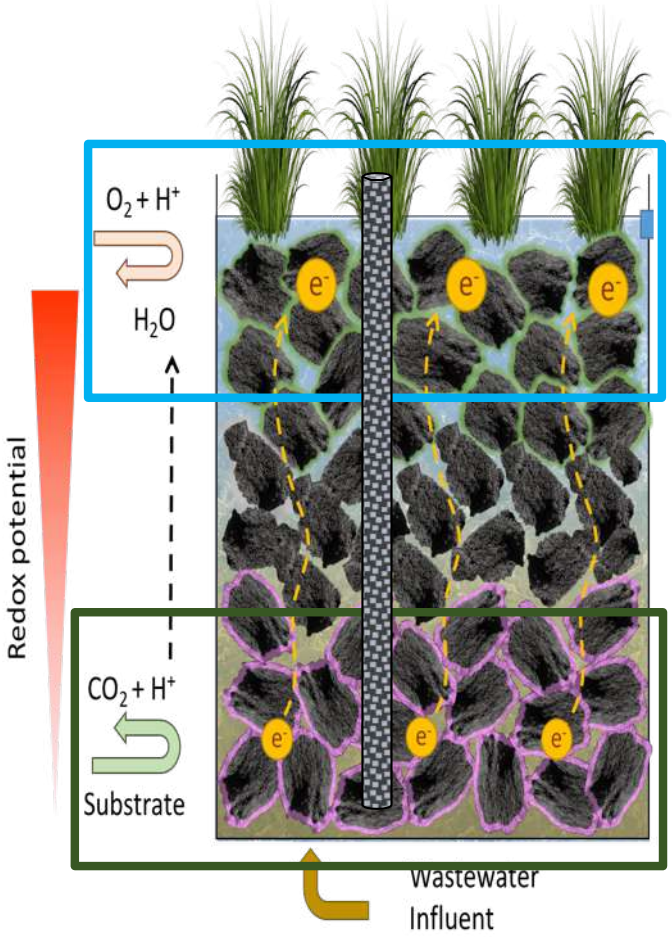
Humedales Bioelectrogénicos



DIET: Direct Interspecies Electron Tranfer

MET: Microbial Electrochemical Technologies

METland®: e⁻ sources and sinks



Aerobic area

- Cathodic reactions
  - e⁻ sink

Anaerobic area

-Anodic reactions

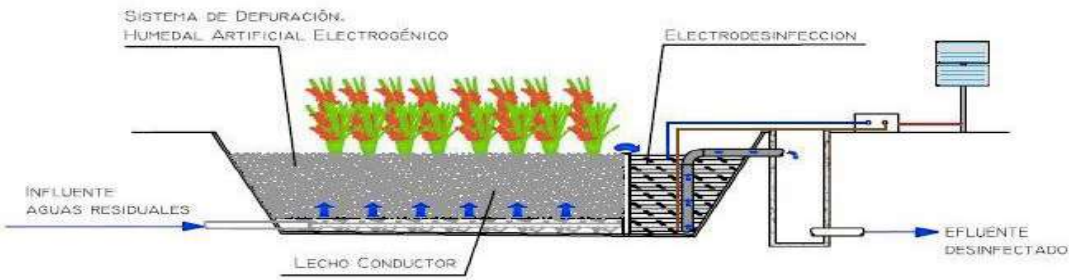
- e⁻ source

Cathodophilic bacteria

Anode respiring bacteria

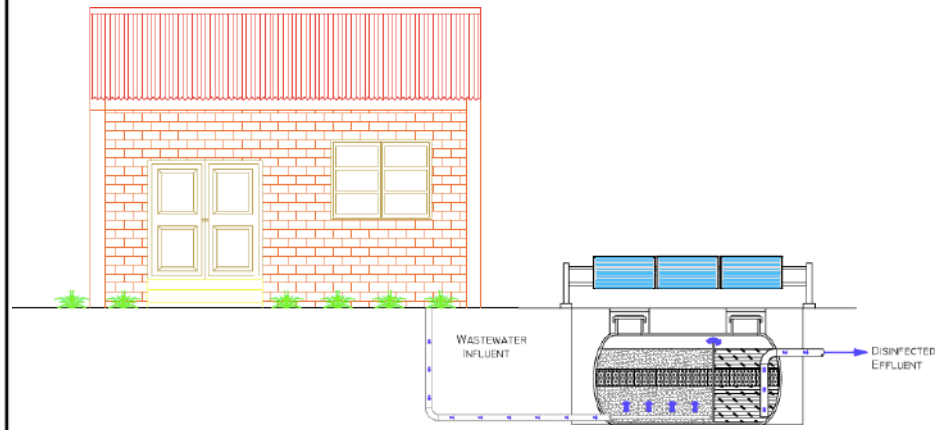
Electrically conductive material

iMETland v.s. Humedales



	iMETland (200PE)	Standard wetland[1] (200PE)
DESIGN PARAMETERS		
Total area (m^2)	80	600
Area (m^2/PE)	0.3	3
Depuration capacity ($gDBO_5$/day m^2)	125	6
TSS removal (% removal)	99%	90%
Disinfection treatment	YES	NO
On line monitoring of operation quality	YES	NO
Bed clogging	NO	YES
COST ANALYSIS		
Construction Cost (euros/PE)	45	300
Bed material cost (euro/PE)	120	50
Construction cost (for 200 PE)	9000	60000
Cost associated to operation (euros/year)	3000	7000

[1] *All data corresponded to subsurface flow horizontal artificial wetland constructed and operated at mediterraneam latitude. Values have been adapted from: Gestion Sostenible del agua residual en entornos rurales. DEPURANAT 2006*



METfilter

Engineering nature for green deal

METland®

Decentralized solutions based on electroactive biofilters

Alta eficiencia

- >90% eliminación de DQO (incluidos emergetnes)
- >90 % eliminación de Nitrógeno
- Sin producción de fangos
- 30-veces más eficiente por m^2 que los sistemas naturales estandar

Respetuoso con el medio ambiente

- Sin gastos de operación asociados a energía
- Eliminación de CO2 asociado al crecimiento vegetal
- Ahorros de agua para reutilización ($10000m^3$/ año por módulo)

Facil de usar

- Calidad de agua monitorizada de forma remota
- Integración en el paisaje

Bajo coste

- 50% menos OPEX que otras soluciones naturales

Módulo plantado (200 pe)

METland construido en IMDEA AGUA

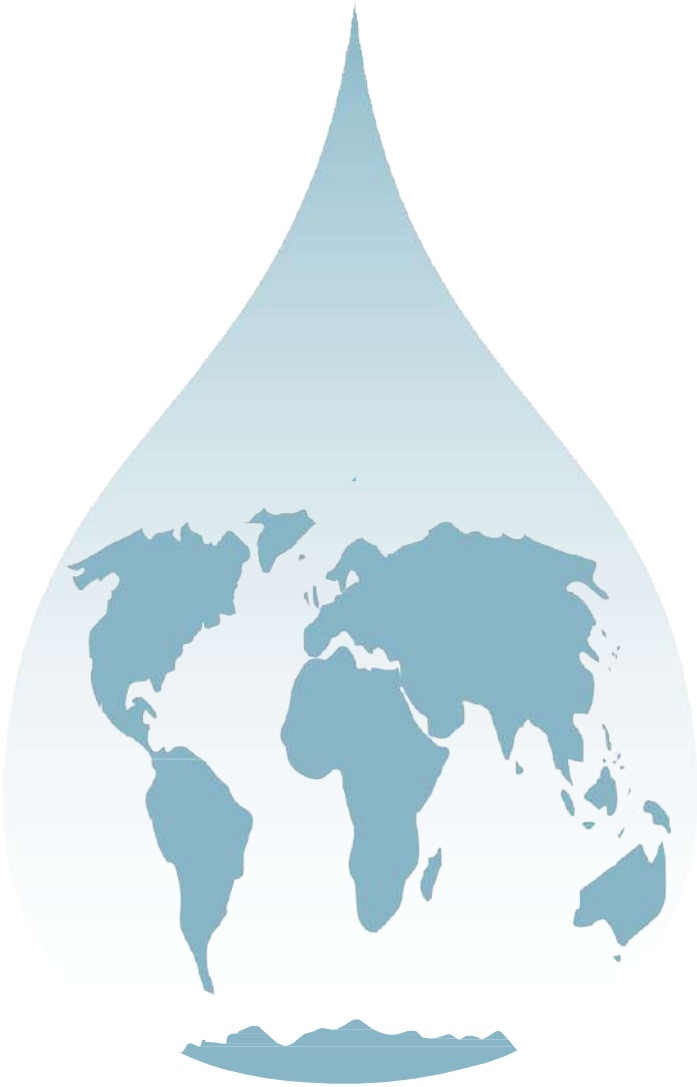
Camping en Cabo de Gata (1000 pe)

Unidades MET4HOME para viviendas aisladas

METland® modulares: plug & play

Agua industrial

- Aguas de oil&gas (EDAR de refinería)
- Aguas del sector petroquímico de alta carga (>12.000 DQO)
- Aguas del sector químico (detergentes)
- Aguas del sector ganadero (purines, 400ppm amonio)



gracias !

eloy.garcia@imdea.org

I Jornada sobre

Tecnología e Innovación en Saneamiento y Depuración

Oviedo, 6-7 de junio 2022

PONENCIA

Retos de la Innovación en la Operación de los Sistemas de Saneamiento y Depuración

“LIFE INTEXT”. Tecnologías Innovadoras Híbridas Intensivas-Extensivas para la recuperación de recursos de las aguas residuales de las pequeñas poblaciones

Dr. Zouhayr Arbib. Responsable área **SOS**tenibilidad. Departamento de Innovación y Tecnología. Aqualia
zouhayr.arbib@fcc.es

Patrocinado por:

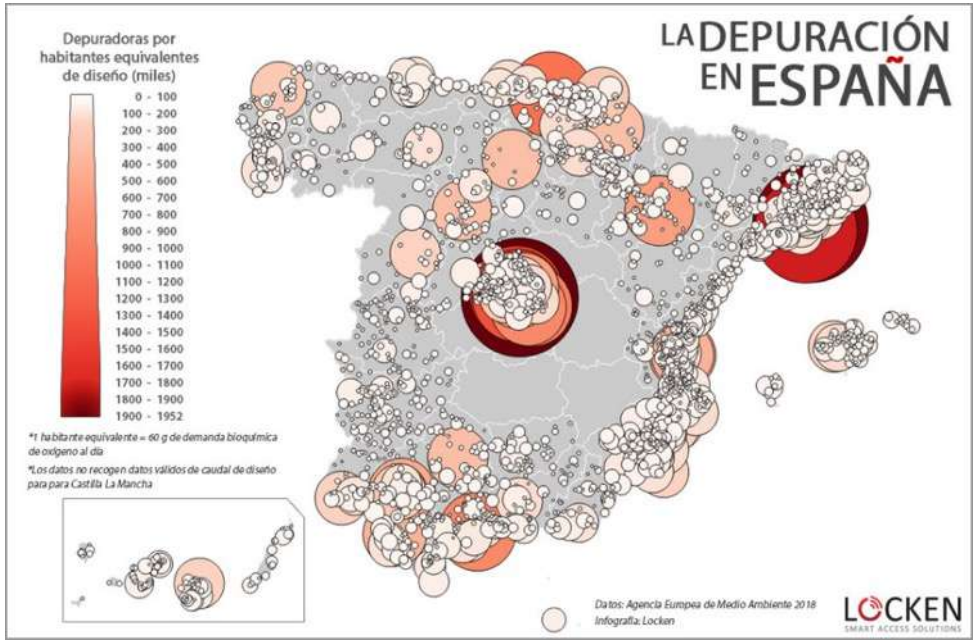
OVIEDO

Consorcio de Aguas

Gobierno del Principado de Asturias

ANTECEDENTES

Estado de la depuración de aguas residuales

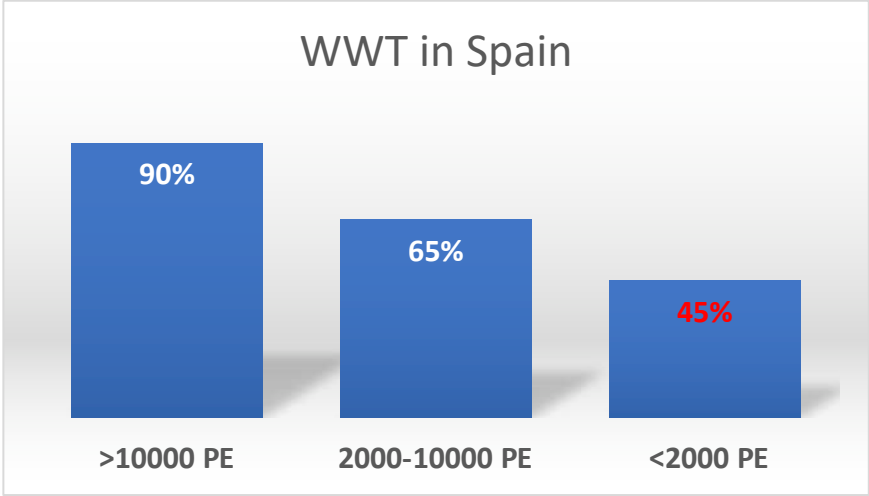


España tiene una capacidad de depuración de **93.280 millones de HE.**

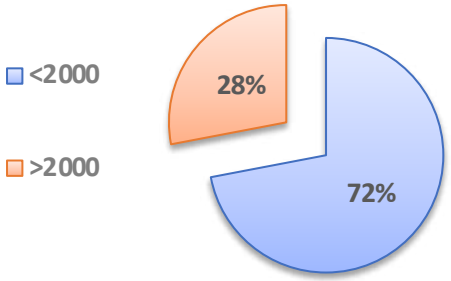
Entra en las depuradoras un **caudal de 63.5 millones de HE** y hay un total de **2111 depuradoras** funcionando.

90 % de ellas tienen un caudal de diseño de **<100.000 he** y el **58 %** < **10.000 he.**

España recoge de forma adecuada el 97 % de la carga contaminante de aguas residuales generada.



De los 8131 municipios de España 5855 tienen < 2000 hab



Entre **3-4 millones de PE** en pequeñas aglomeraciones (<2000PE) siguen pendientes de tratamiento en España.

ANTECEDENTES

Estado de la depuración de aguas residuales

FRANCE

Casi el **20% de la población francesa no está conectada a la red pública de alcantarillado** y debe estar equipada con instalaciones de saneamiento no colectivas que son particularmente adecuadas para asentamientos dispersos**.**

PORTUGAL

El tratamiento de aguas residuales en 2019 fue del 86%, para una población de aprox. 10 millones de habitantes

Hay 1,4 millones de habitantes en pequeños asentamientos sin tratamiento

ANTECEDENTES

El tamaño en depuración importa

- Tipo agua
- Espacio disponible
- Variaciones de caudal
- Capacidad económica
- Capacidad técnica (O&M)
- Efecto cambios estacionales
- Gestión fango

ANTECEDENTES

Selección de tecnologías: cuestión de modas

Procesos **INT**ensive

Procesos **EXT**ensivos

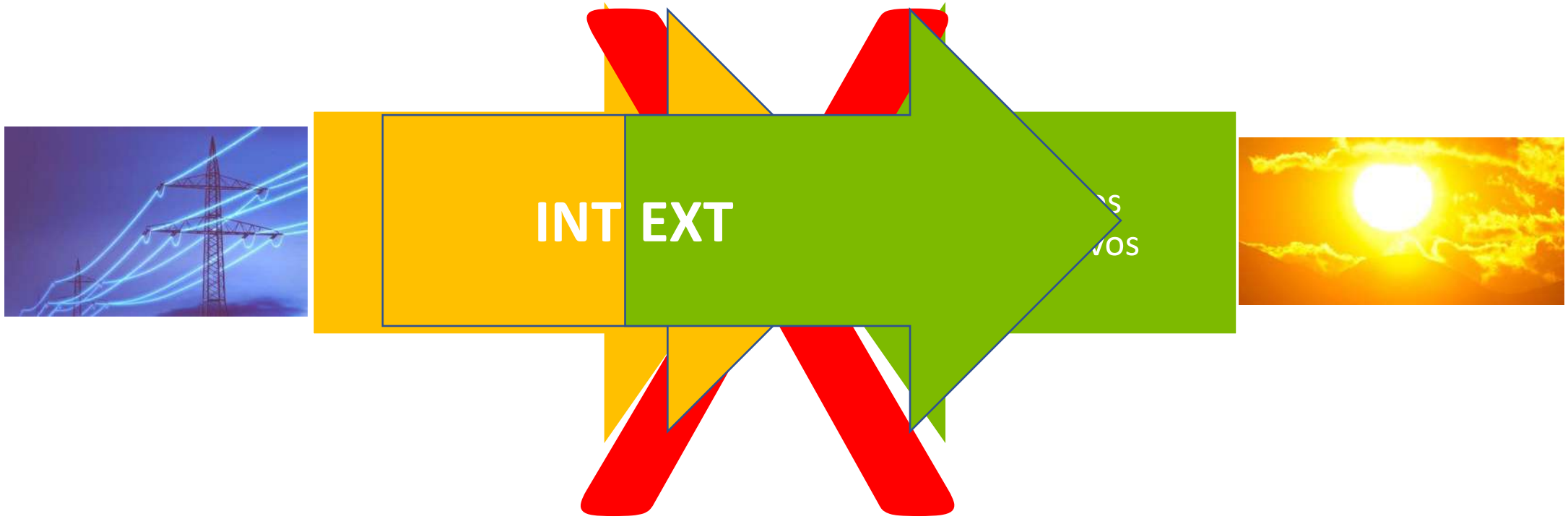
Altos costes operación
e inversión
Procesos complejos

Infra dimensionadas
Baja flexibilidad
100% desatendidas

La tendencia a ignorar los costes de O&M a la hora de diseñar las plantas ha llevado a verdaderos despilfarros económicos

OBJETIVOS

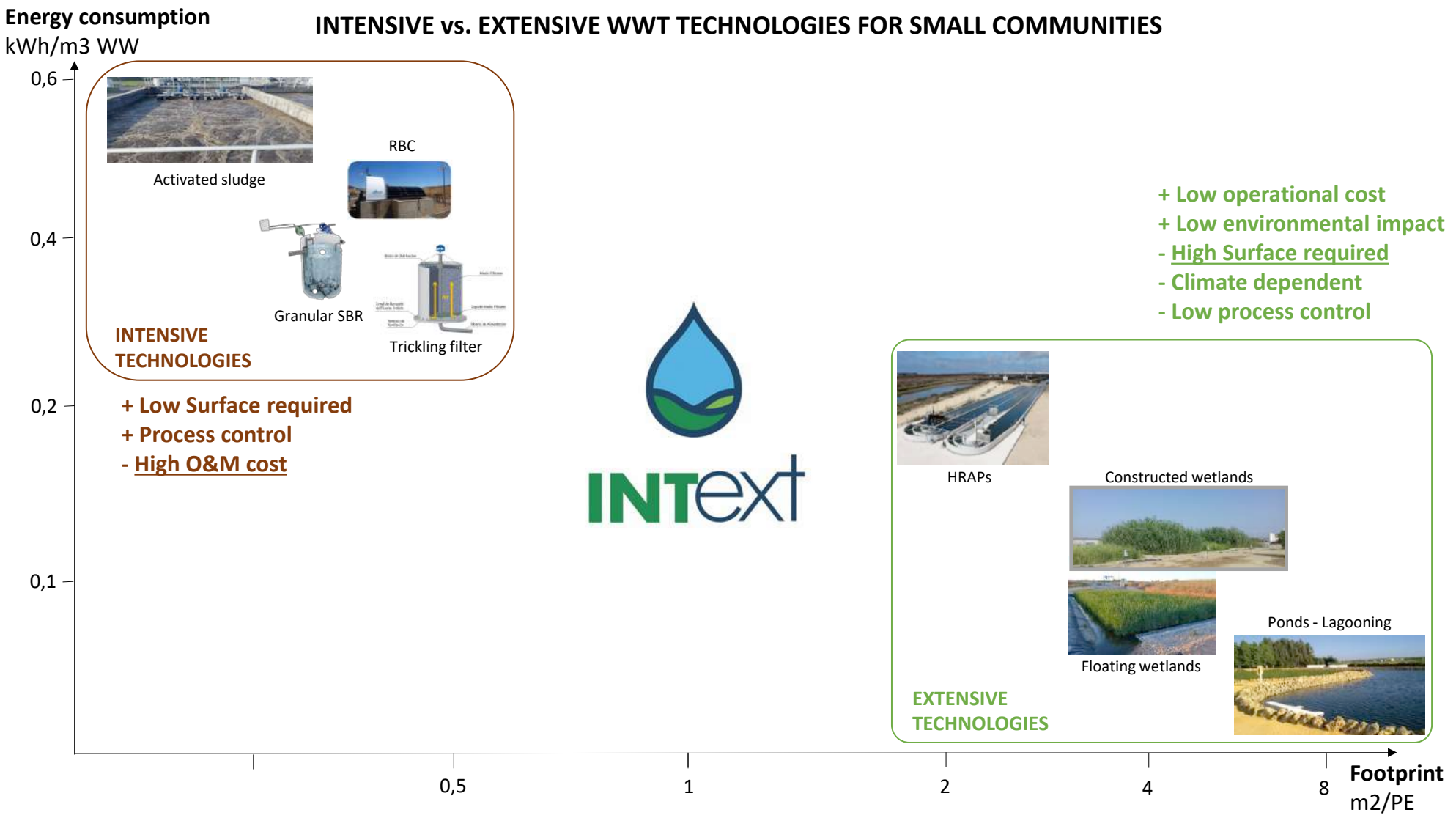
La búsqueda del justo medio



La virtud moral es el **justo medio** entre dos extremos
(Aristóteles 384 a. C)

OBJETIVOS

El hueco de INTEXT



OBJETIVOS

Sostenibilidad integral depuración en pequeñas poblaciones

Garantizar depuración pequeñas poblaciones

=

PLANTA DEMOSTRATIVA NUEVA GENERACIÓN

SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES

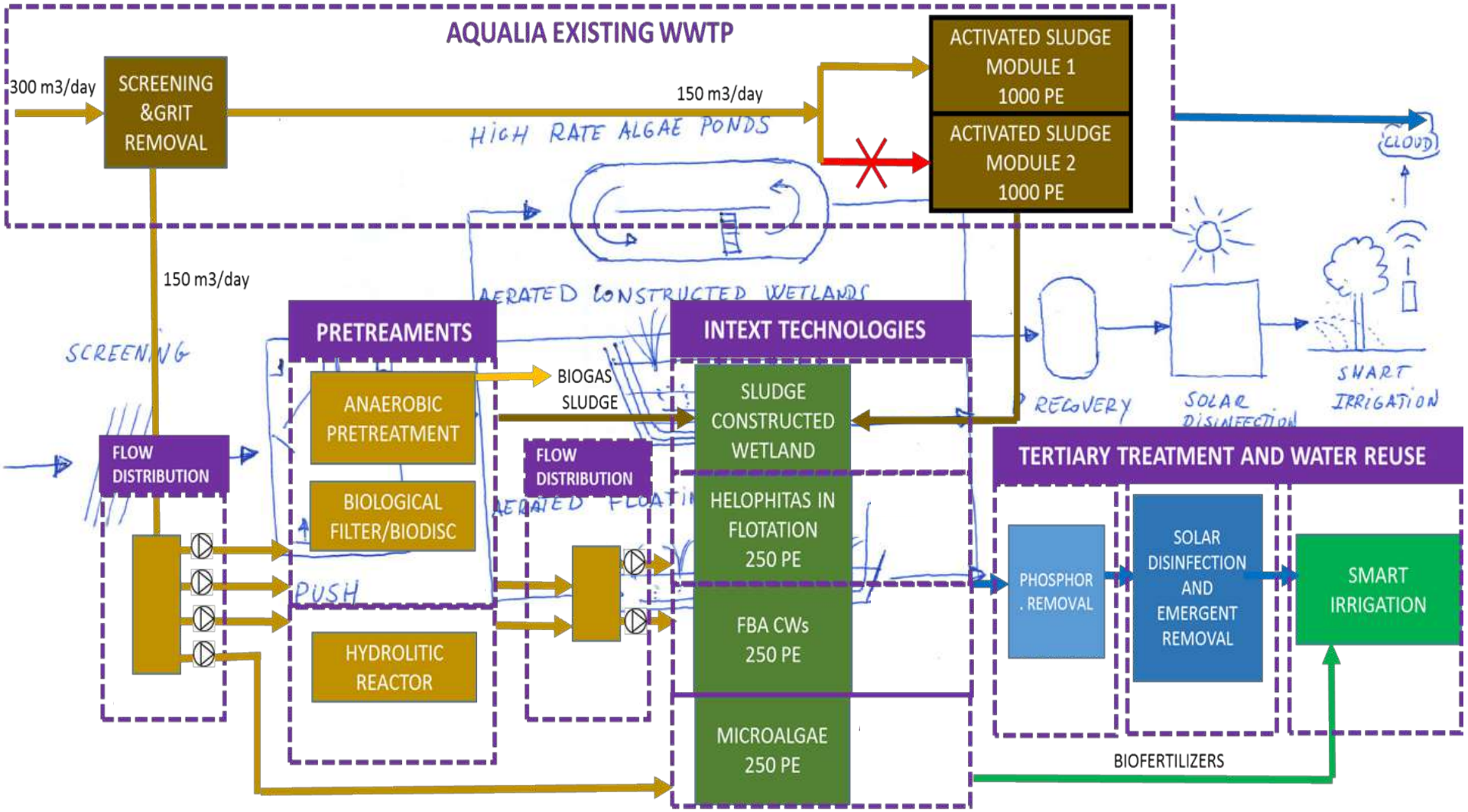
DIAGNÓSTICO Y MEJORA PLANTAS EXISTENTES.

6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO

FUNDACIÓN PÚBLICA ANDALUZA
CENTRO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DEL AGUA (CENTA)
Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible

PLATAFORMA INTEXT

Primer concepto



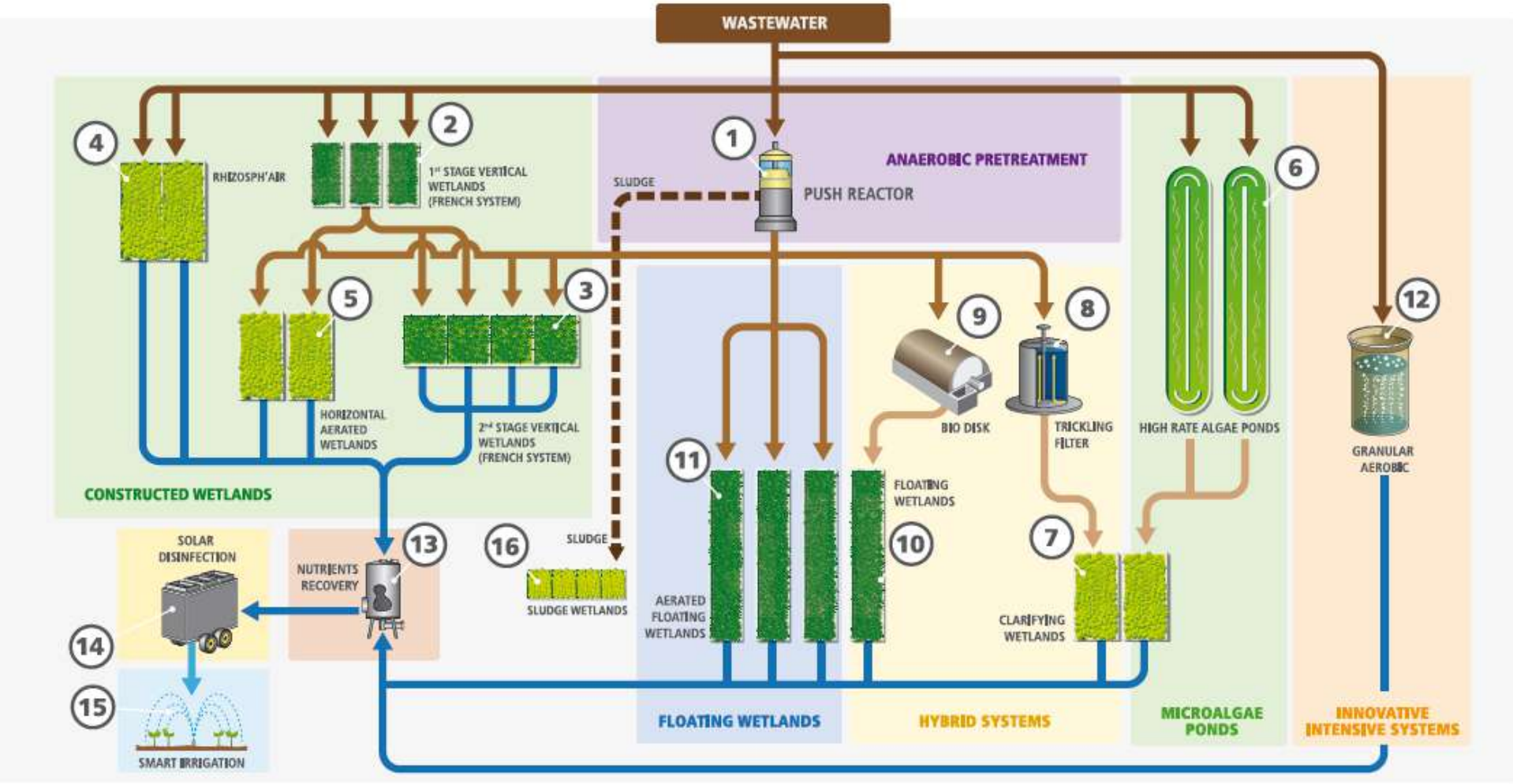
INTensificación de technologías **EXT**ensivas

+

INTensivo + EXTensivo (hybridación)

PLATAFORMA INTEXT

Ultima versión (no la definitiva)



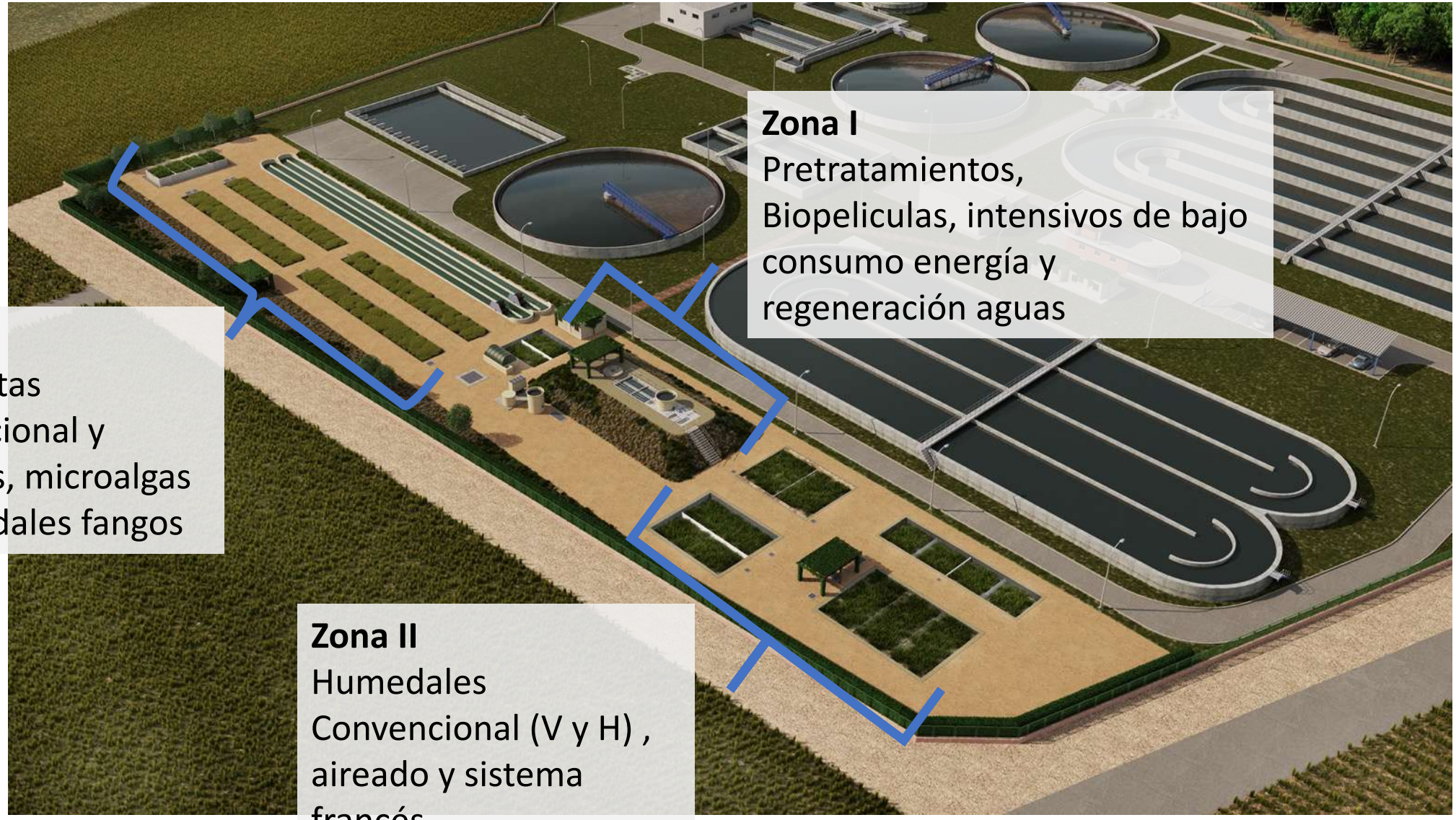
16 tecnologías y sus combinaciones.

Posibilidad de simular vertidos incontrolados.

Todas **125HE**

PLATAFORMA INTEXT

Diseño 3D



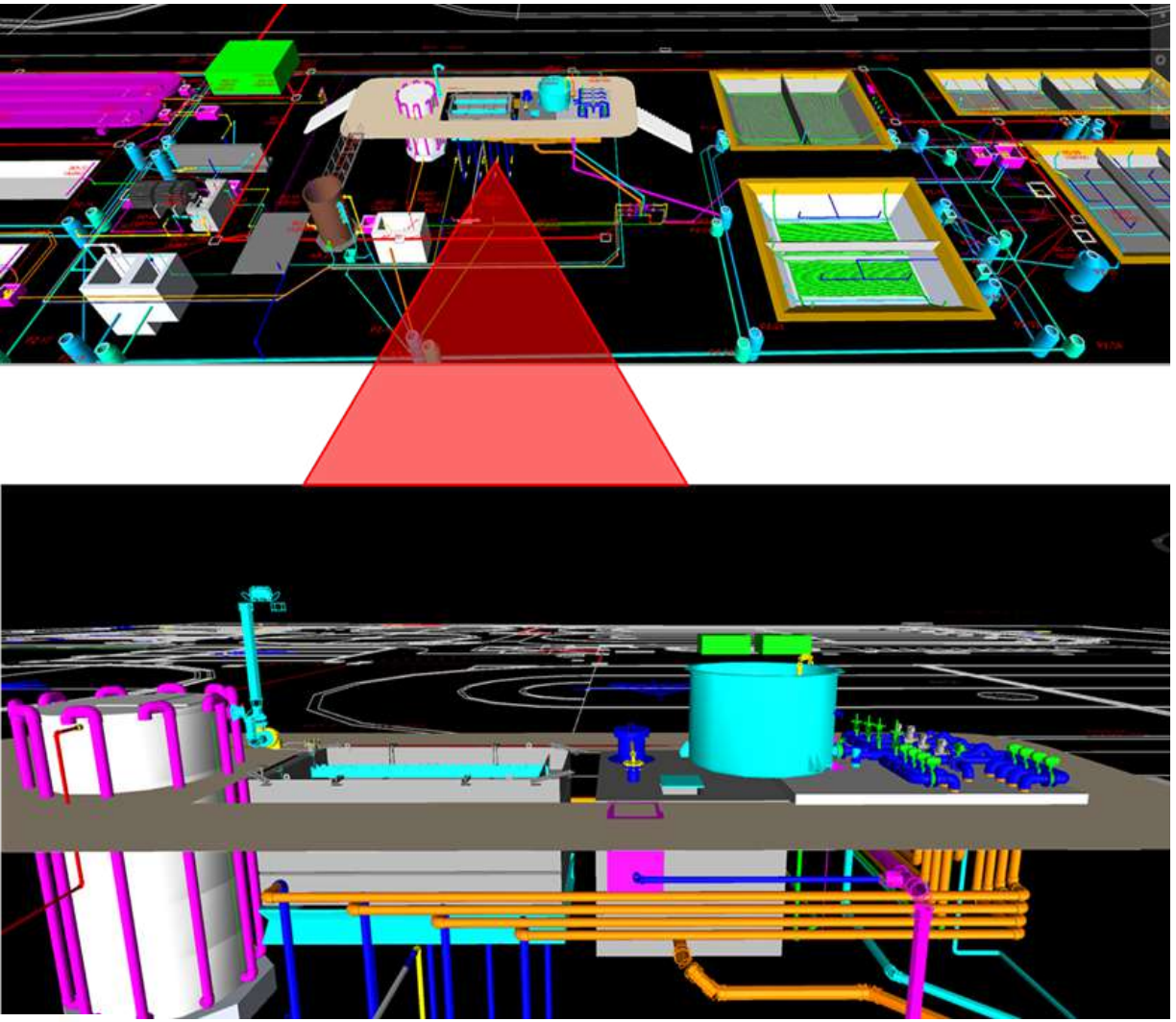
Zona I
Pretratamientos, Biopeliculas, intensivos de bajo consumo energía y regeneración aguas

Zona III
Macrofitas convencional y aireadas, microalgas y humedales fangos

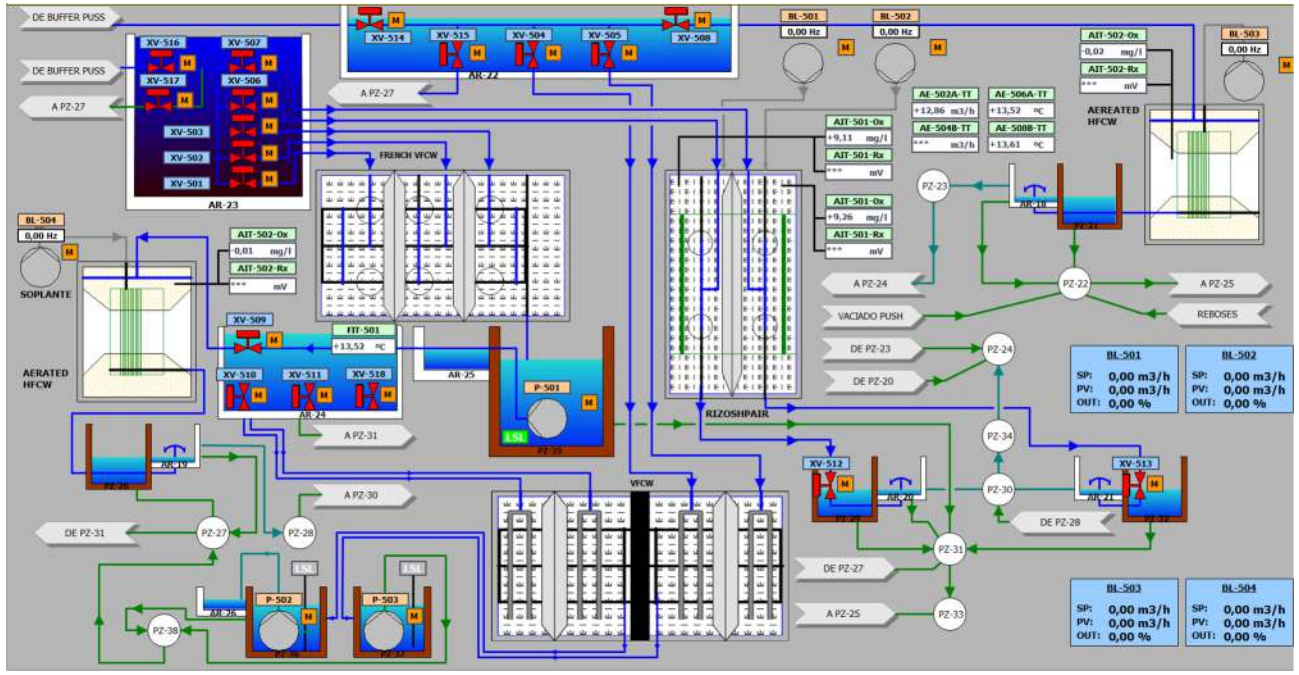
Zona II
Humedales Convencional (V y H) , aireado y sistema francés.

PLATAFORMA INTEXT

Fase ingeniería



- **Planta muy versátil, posibilidad de interconectar todas las tecnologías.**
- **``confeccionar´´ la solución a medida de las necesidades.**
- **Totalmente automatizada mediante SCADA.**



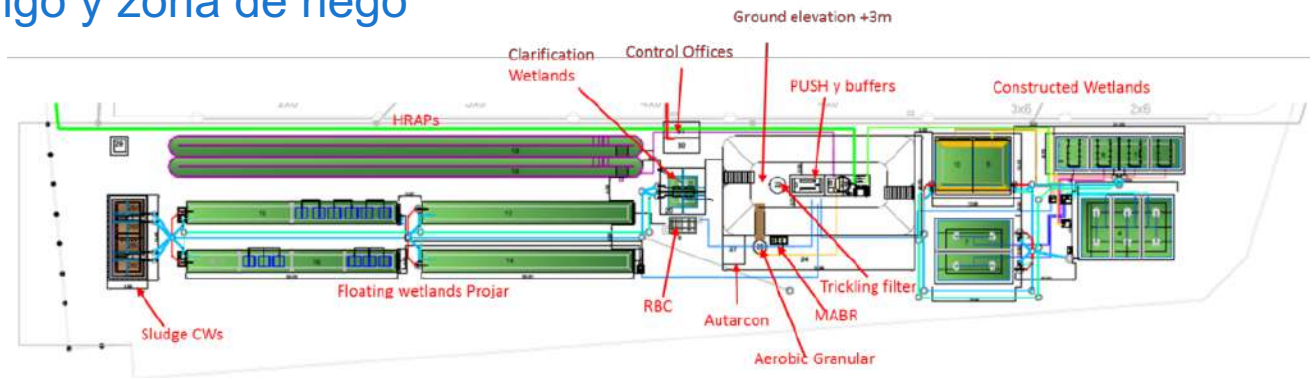
PLATAFORMA INTEXT

Del 3D a la realidad

Busca las diferencias

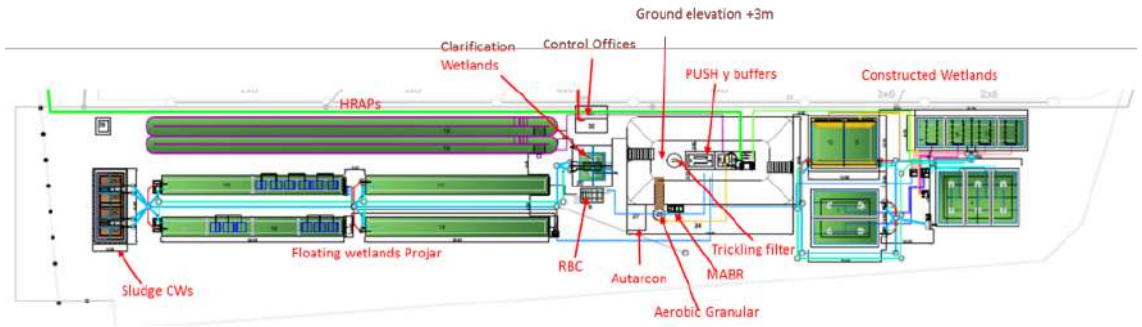
PLATAFORMA INTEXT

Macrófitos, raceways, biodisco, humedal de fango y zona de riego inteligente



PLATAFORMA INTEXT

Zona humedales construidos



aqualia

INText

AYUNTAMIENTO DE
TALAVERA DE LA REINA

BIENVENIDOS A LIFEINTEXT

La solución a los retos de la depuración en pequeñas y medianas poblaciones

With the contribution of the LIFE financial instrument of de European Union

Con la contribución del instrumento financiero LIFE de la Unión Europea

Partners

AARHUS UNIVERSITY

aimen TECHNOLOGY CENTRE

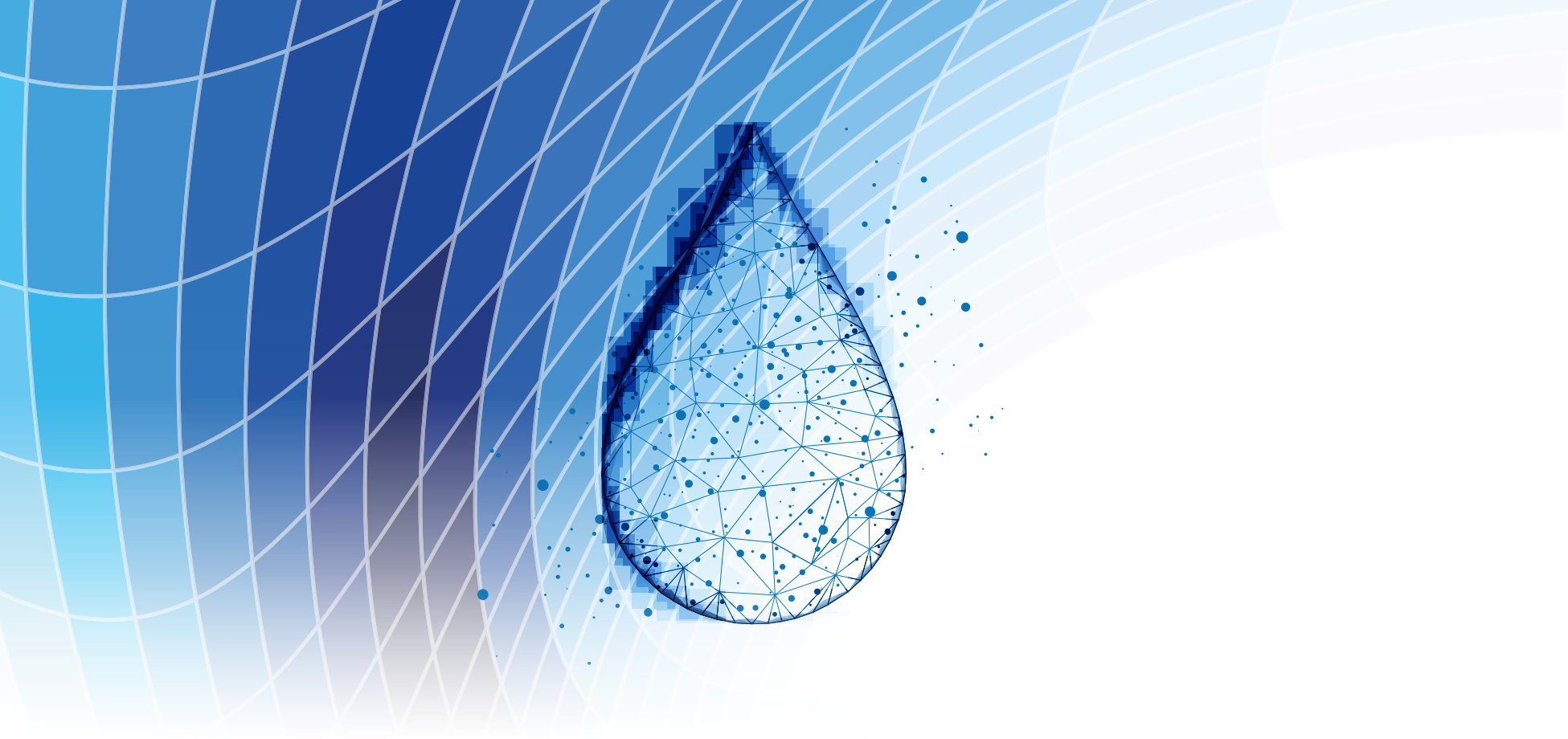
AUTARCON

Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua - CENTA
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Future Intelligence
TELECOM ENGINEERING COMPANY

projar Group

syntea
sayons Nature !



Patrocinado por:

OVIEDO.es
AYUNTAMIENTO

Consorcio de Aguas

Gobierno del
Principado de Asturias