

REPSOL TECHNOLOGY LAB

REUTILIZACIÓN DE AGUAS EN  
REPSOL

Workshop LIFE PHOENIX - A Coruña  
04.11.2021



**REPSOL**



# Esta soy yo...



- Laura Gómez Espina - [gomez.espina.laura@repsol.com](mailto:gomez.espina.laura@repsol.com)
- Científico Senior. Circular Economic Tech.
- Dir. Industrial de Transformación y Deep Tech. Repsol Technology Lab.
- Proyectos de transformación de tratamientos de aguas industriales, reutilización de aguas y tratamiento de efluentes acuosos de nuevos procesos.

# ÍNDICE



1. Marco de MLD y reutilización de aguas.
2. Estrategias de reutilización.
3. Mapa de tecnologías de reutilización.
4. Tendencias tecnológicas en el sector Oil&Gas. Proyectos MLD.
5. Reutilización de agua en Repsol. Downstream
6. Reutilización de aguas de EDARU para usos industriales en REPSOL. Caso Tarragona
7. Conclusiones.



AGUA DULCE  
RECURSO LIMITADO  
(Cambio climático,  
crecimiento demográfico y  
económico)

INDUSTRIA  
NECESITA  
FIABILIDAD DE  
SUMINISTRO

FUENTE DE  
SUMINISTRO:  
REUTILIZACIÓN DE  
AGUA REGENERADA

GESTIÓN DEL AGUA  
DESDE UN ENFOQUE  
CIRCULAR (MLD)

## PROBLEMAS DE UN ENFOQUE DE REUTILIZACIÓN

- Inversión → Para incluir la reutilización en el ciclo de gestión del agua, es necesaria una nueva mentalidad enfocada a la idea de que es necesario elaborar un producto, y por tanto es necesario un proceso, lo que consecuentemente supone un coste de inversión y de explotación.
- Regulación → La reutilización no es una actividad legitimada y en muchos casos está prohibida o altamente legislada, lo que limita las posibilidades de reutilización.
- Bajo retorno de la inversión → coste recurso hídrico como materia prima vs. inversión



AGUA DULCE  
RECURSO LIMITADO  
(Cambio climático,  
crecimiento demográfico y  
económico)

INDUSTRIA  
NECESITA  
FIABILIDAD DE  
SUMINISTRO

FUENTE DE  
SUMINISTRO:  
REUTILIZACIÓN DE  
AGUA REGENERADA

GESTIÓN DEL AGUA  
DESDE UN ENFOQUE  
CIRCULAR (MLD)

## “LUCES LARGAS”

A pesar de todo esto, a futuro, la cuestión no será tanto si la incorporación de regeneración y/o reutilización de agua supone un coste, la cuestión puede llegar a ser si queremos seguir operando. Y si para ello requerimos del uso de agua, será necesario disponer de una fuente fiable distinta del agua fresca.

Por otro lado, la limitación creciente en límites de vertido llevará a que la calidad de reuso pueda ser menos restrictiva (en algunos casos ya lo es) que la de vertido, o incluso que en determinados puntos se pueda llegar a prohibir el vertido y los procesos de gestión de vertido cero sean una obligación.

Sustitución de agua fresca captada para usos industriales en Downstream Repsol, por agua regenerada para dichos usos

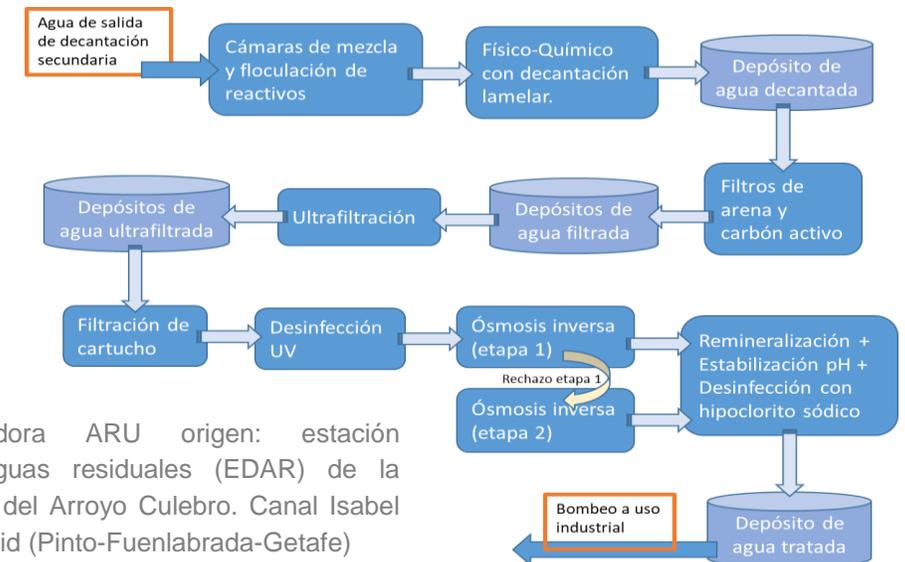
1. Reutilización de agua residual industrial interna (puntos 4 y 5) → mayor complejidad por calidad de aguas.
2. Reutilización de agua residual urbana o industrial externa (punto 6)

### España 1º país europeo en reutilización de ARU



- Disponibilidad potencial de agua residual urbana (ARU) elevada: caudal vertido supera los 14500 Hm<sup>3</sup>/año.
- Reutilización industrial 0,3% del total de caudal reutilizado (que no supera el 5% del total consumido – datos 2018)

### Caso de regeneración de agua residual urbana para uso en industria papelera



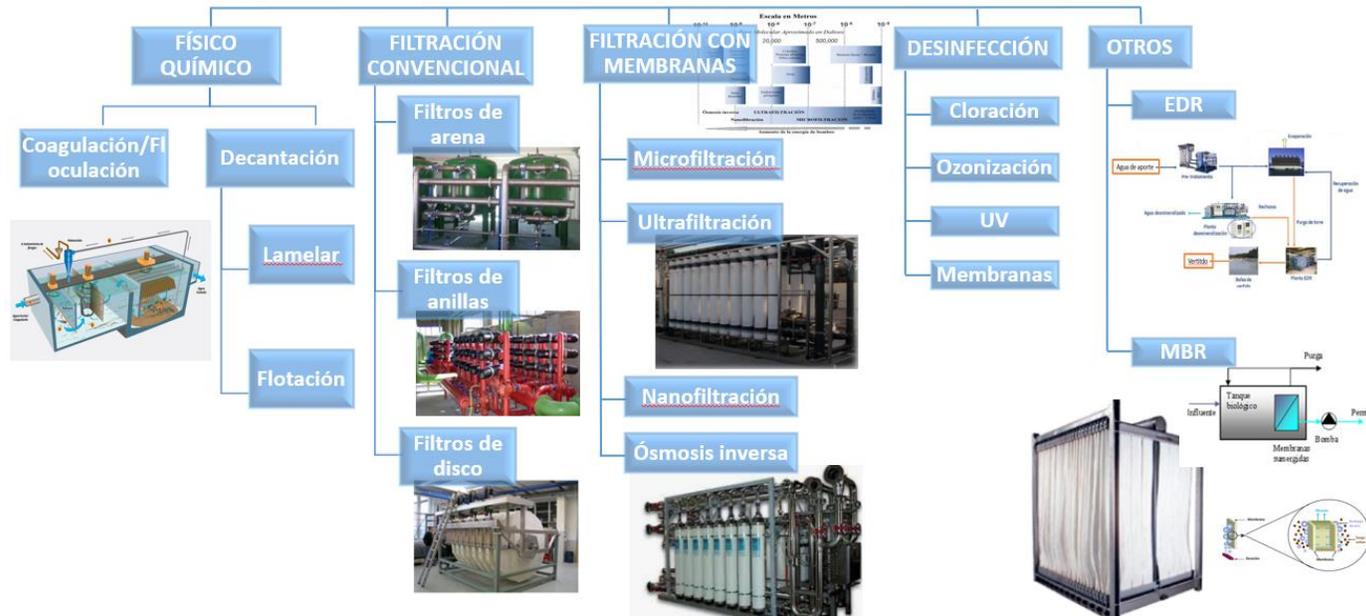
Estación depuradora ARU origen: estación depuradora de aguas residuales (EDAR) de la cuenca media alta del Arroyo Culebro. Canal Isabel II. Ubicada en Madrid (Pinto-Fuenlabrada-Getafe)

Destino industrial: Papelera Holmen Paper

Caudal medio: 12400 m<sup>3</sup>/día

Las tecnologías de afino de aguas residuales (ya sea de ARU o industriales) que permiten alcanzar calidades de reutilización (como agua de refrigeración o agua de calderas) son, en general, tecnologías maduras, principalmente basadas en procesos con membranas.

Amplia evolución y desarrollo en los últimos años para solventar los problemas operativos asociados, mejorar las propiedades mecánicas y la eficiencia de las membranas, minimizar los costes de inversión y explotación y obtener rendimientos de recuperación cada vez más elevados.



Para proyecto de maximización de la reutilización, puede ser necesaria la entrada de tecnologías para tratamiento de rechazos, a fin de garantizar cumplimiento de vertido: evaporación, cristalización....

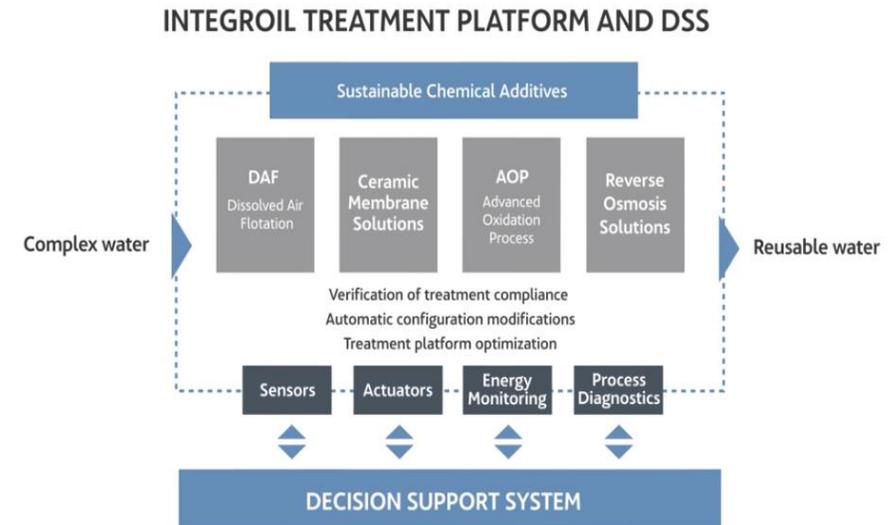
# 4 TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN EL SECTOR OIL&GAS. PROYECTOS MLD\*



La solución tecnológica para maximizar la reutilización interna de aguas residuales industriales optimizando el proceso en base a los distintos usos, dependerá en cada caso de las calidades y caudales del vertido y de las calidades y caudales de usos necesarios.

Existen experiencias a nivel mundial en sector de Oil&Gas, varios proyectos en los que la tendencia es, además de encontrar soluciones tecnológicas a problemáticas concretas (calidad específica de cada agua a regenerar), buscan desarrollar herramientas de optimización del esquema de regeneración y apoyo a la decisión, para reutilizar en distintas etapas en función del uso.

## PROYECTO INTEGROIL



\*MLD Minimum Liquid Discharge

# 4 TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN EL SECTOR OIL&GAS. PROYECTOS MLD



La solución tecnológica para maximizar la reutilización interna de aguas residuales industriales optimizando el proceso en base a los distintos usos, dependerá en cada caso de las calidades y caudales del vertido y de las calidades y caudales de usos necesarios.

Existen experiencias a nivel mundial en sector de Oil&Gas, varios proyectos en los que la tendencia es, además de encontrar soluciones tecnológicas a problemáticas concretas (calidad específica de cada agua a regenerar), buscan desarrollar herramientas de optimización del esquema de regeneración y apoyo a la decisión, para reutilizar en distintas etapas en función del uso.

## PROYECTO REWATCH

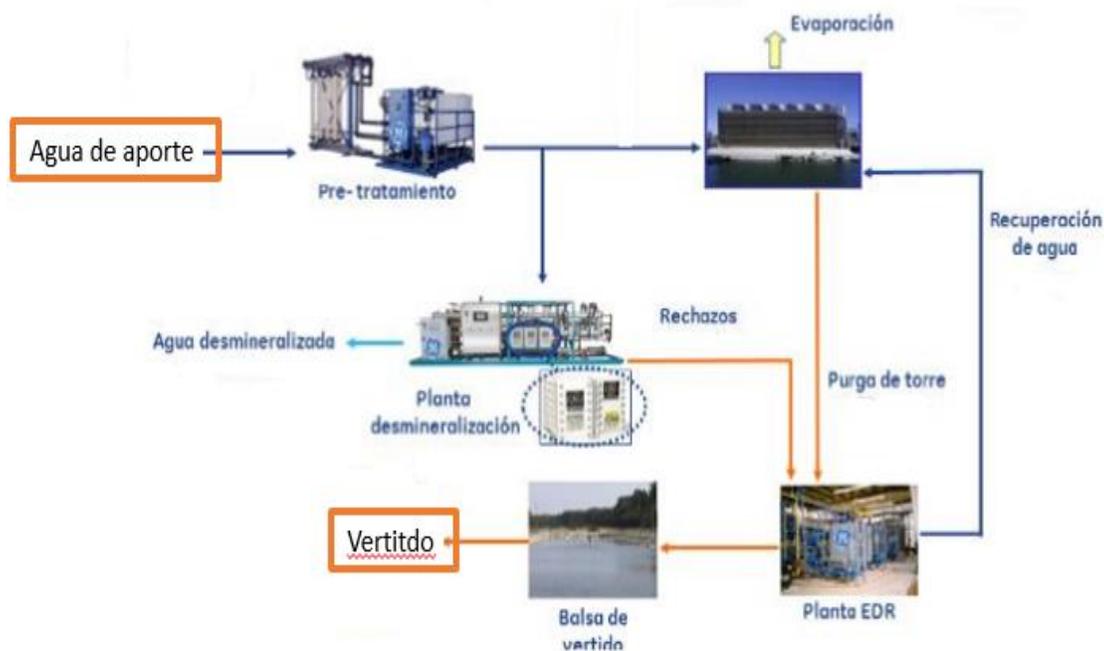


\*MLD Minimum Liquid Discharge

# 4 TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN EL SECTOR OIL&GAS. PROYECTOS MLD



Caso de regeneración de rechazos a vertido para uso como agua de refrigeración



\*MLD Minimum Liquid Discharge

Caso de regeneración interna Refinería de Taneco en Rusia

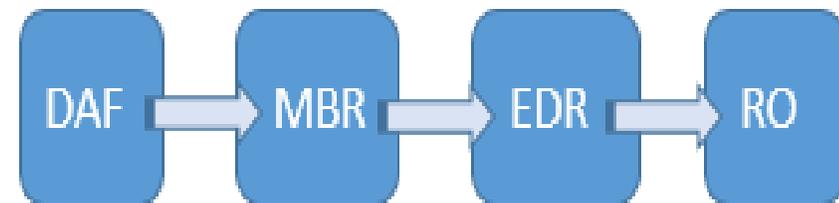
Capacity: 50400 m3/d  
executed in two phases  
Phase 1 is 16800 m3/d  
commissioning June 2012  
Phase 2 is 33600 m3/d  
Commissioning 2014

Configuration

- Phase 1a: MBR I
- Phase 1b: 3 EDR + RO
- Phase 2: MBR II + 2 EDR + RO

Notable Features

- Refinery wastewater reuse - 75-80%
- Reduce of fresh water consumption- 33,5%
- Estimated savings 6,1 MM \$/year



<https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/medio-ambiente/gestion-agua/>

## Gestión del agua

El agua es un recurso esencial para la vida y por eso estamos comprometidos con la gestión eficiente del mismo, la prevención de los riesgos y la minimización de los impactos. Para ello, hacemos una gestión sostenible que fomenta la búsqueda de nuevas soluciones a nivel operacional y garantiza la reducción del consumo, un uso responsable y la preservación de la calidad del medio receptor.

### Principales líneas de acción

La hoja de ruta para una gestión del agua sostenible a 2025 se despliega en acciones concretas. Estas son las cuatro líneas de actuación:



#### Reutilización externa

Fomentamos el uso de fuentes alternativas de agua no procedentes directamente del medio ambiente.



#### Eficiencia en el uso

Trabajamos en la reducción y optimización del consumo del agua en las diferentes actividades que desarrollamos.



#### Reutilización interna

Utilizamos las últimas tecnologías que nos permiten obtener agua depurada de alta calidad para su reutilización en nuestras operaciones.



#### Menor impacto en el vertido

Cumplimos con requisitos externos y estándares internos cada vez más exigentes, con el objetivo de reducir el impacto en el medio natural.

### Mejora de la eficiencia

La eficiencia en el uso del agua en la Refinería de Cartagena nos posiciona como referente europeo del sector, con un ratio de consumo de agua un 26% inferior al promedio del resto de refinerías.



### Reducción del impacto en el vertido

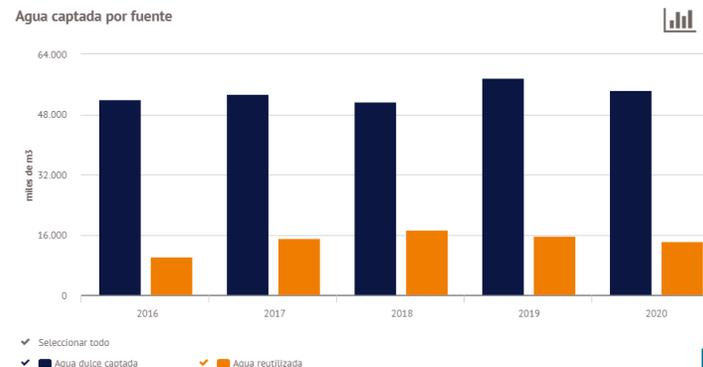
Hemos construido una nueva planta de tratamiento de agua en nuestro campo de producción de gas Margarita con el fin de que podamos disponer de la tecnología necesaria para depurar las aguas y conseguir las especificaciones de calidad para el proceso de inyección, en caso de incremento repentino de los volúmenes de agua de formación producida.



### Reutilización de agua procedente de fuentes alternativas

En el Complejo Industrial de Tarragona utilizamos agua regenerada procedente de la estación depuradora de aguas residuales municipal (EDAR), reduciendo así el uso de agua procedente del medioambiente. En condiciones normales de operación, más del 10% del caudal total de agua captada tiene su origen en la EDAR municipal.

Agua captada por fuente



### Certificado azul en el Bloque 57

Reconocimiento otorgado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el cual se ha obtenido gracias a la medición, reporte y reducción de la huella hídrica y al desarrollo de un proyecto de valor compartido con las comunidades. Gracias a este proyecto, se ha llevado a cabo la restauración ecológica y participativa de plataformas exploratorias, lo que ha logrado recuperar la integridad ecológica del bosque imprescindible para la conservación de los recursos hídricos locales.

### Gestión sostenible del agua

Estamos comprometidos con una estrategia de gestión del agua responsable y sostenible que incluye:

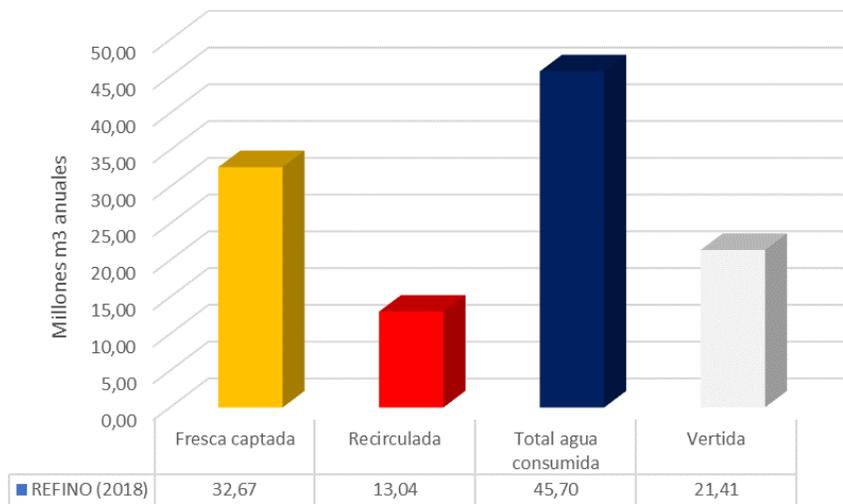
- El análisis de riesgo antes de elegir la ubicación de los pozos de gas para proteger los recursos de agua subterránea antes, durante y después de la perforación.
- El reciclaje del agua producida para que vuelva a ser utilizada en el desarrollo de nuevos pozos.
- El almacenamiento seguro de agua.
- El fomento del transporte del agua mediante tuberías, en lugar de camiones.

Establecemos un diálogo continuo con las comunidades, los propietarios de tierras y los reguladores para abordar inquietudes y compartir nuestros planes de gestión del agua.

# 5 REUTILIZACIÓN DE AGUAS EN REPSOL. DOWNSTREAM.



## REUTILIZACIÓN EN REPSOL - REFINO



REPSOL REFINO	2017	2018	2019	2020
Consumo agua recuperada (Hm <sup>3</sup> )	13,3	13,6	13,8	15,6
Consumo agua bruta (Hm <sup>3</sup> )	34,0	33,3	34,2	33,7
<b>% Recuperada vs. total</b>	<b>28,1%</b>	<b>28,9%</b>	<b>28,8%</b>	<b>31,6%</b>

**El consumo de agua recirculada supuso en 2020 >30% del caudal total de agua consumida en REPSOL Refino.**

### [EM-RM-140a.1] Porcentaje agua reutilizada

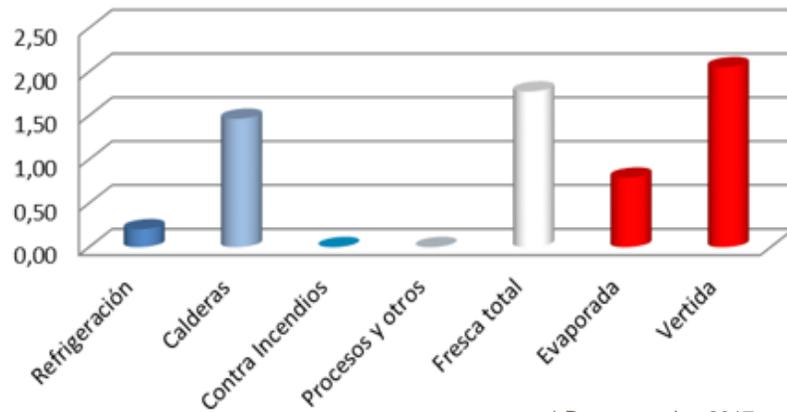
(%) Agua reutilizada / Agua entrada a las operaciones	2020	2019
Refino y Movilidad (RM)	25,8%	27,3%

# 5 REUTILIZACIÓN DE AGUAS EN REPSOL. DOWNSTREAM.



Ejemplo de disponibilidad para reutilización por usos: Coruña.

- Bajo consumo de agua fresca para refrigeración por **utilización de agua reutilizada para cubrir el 100% de la necesidad de agua de refrigeración en operación normal.**
- Margen de reutilización para usos que requieren mayor calidad: agua de calderas.



\* Datos anuales 2017 en millones de m3

Estos porcentajes de reutilización, se alcanzan a través de diferentes **estrategias:**

- **Reutilización directa interna** de aguas (previo a tratamiento de las mismas) en usos que requieren menor calidad (ej: agua a desaladores, agua de enfriamiento o corte en determinados procesos...).
- **Reutilización interna tras tratamiento**
- **Reutilización externa** (agua regenerada de estación depuradora de aguas residuales urbanas - EDARU)

La capacidad diferencial de reutilización se basa, en general, en incorporar tratamientos terciarios (int. o ext.) que permiten:

- En los casos en los que es necesario, afinar la calidad de vertido para garantizar cumplimiento de límites de vertido (BREF).
- La incorporación de parte o la totalidad del agua tratada en estos terciarios al agua fresca de aporte, alcanzando en el mix una calidad adecuada para determinados usos:
  - Fundamentalmente contraincendios, planta y circuitos de refrigeración
  - La posibilidad de incorporación al mix de agua de aporte a usos más nobles como el agua de calderas, depende tanto de la calidad del agua regenerada, como del proceso existente en el complejo para tratamiento de aguas de aporte (ej: existencia o no de osmosis inversa - OI) y, en consecuencia, de la calidad del agua fresca asociada a cada entorno local.

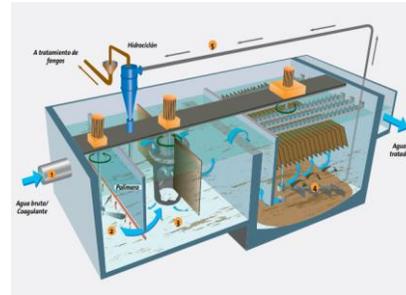
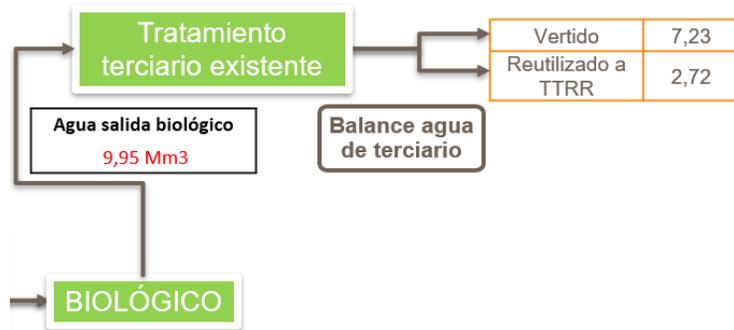
Las estrategias de reutilización interna, no solo dependen de la calidad necesaria para cada uso en cada complejo, también es función de la configuración del ciclo del agua industrial correspondiente, que a su vez depende de la calidad del agua fresca de aporte, la pluviosidad, las exigencias de vertido, la configuración de las líneas de tratamiento de aguas residuales, los procesos específicos existentes en el complejo, las disponibilidades de fuentes de agua alternativas en cada entorno local... Por ello, **las estrategias de regeneración y reutilización son específicas de cada centro y su entorno local.**

# 5 REUTILIZACIÓN DE AGUAS EN REPSOL. DOWNSTREAM.



## ➤ Puertollano → ACTIFLO Veolia

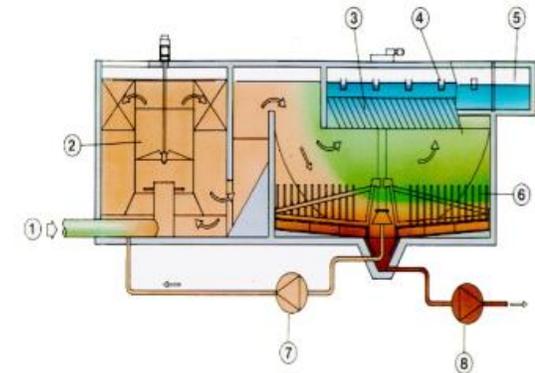
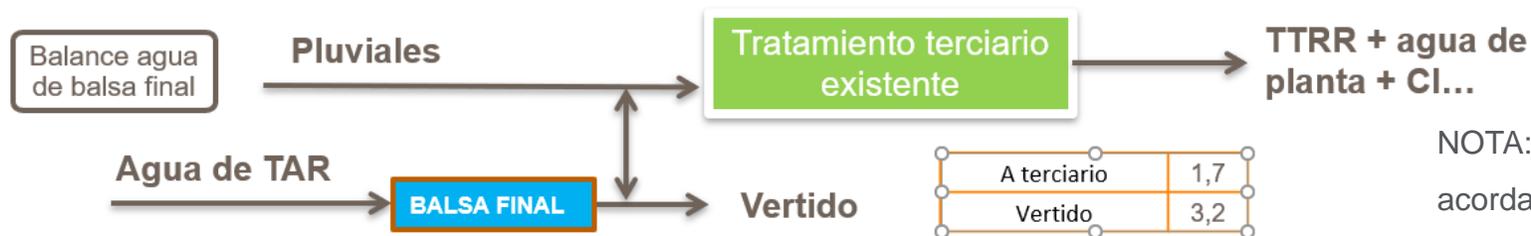
**Objetivo:** afino de calidad de vertido (SST y DQO) y permitir el aumento del % de reutilización.



En el caso de Puertollano, el agua regenerada se reutiliza en uso refrigeración (% limitado en el mix por turbidez)

## ➤ Coruña → decantación lamelar Densadeg de Ondeo Degremont

**Objetivo:** reutilización del 100% del agua tratada en el terciario para cubrir el 100% de agua de planta y torres de refrigeración (TTRR) en operación normal.



NOTA: configuración prevista tras modificaciones acordadas con Administración.

# 5 REUTILIZACIÓN DE AGUAS EN REPSOL. DOWNSTREAM.



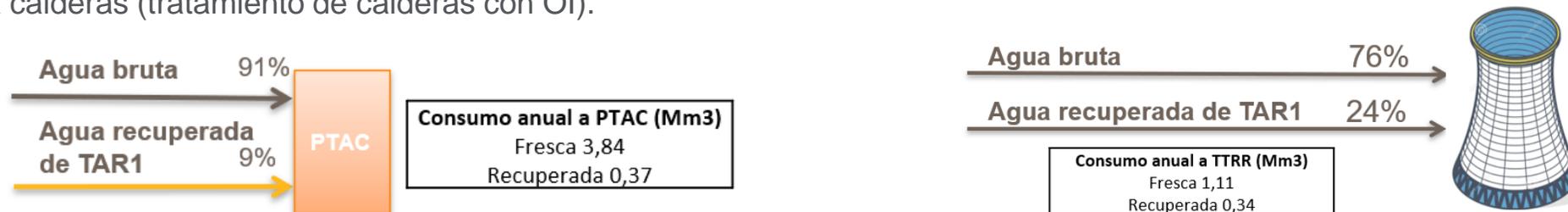
- **Petronor** → Decantación lamelar + filtro con arena en una de las dos líneas de tratamiento de aguas residuales

**Objetivo:** reutilización del agua tratada en el terciario para cubrir el 100% de agua de planta en operación normal y un % del agua a TTRR.

Balance agua de planta			Balance agua refrigeración		
<b>Consumo anual (Mm3)</b> 0,53	Agua bruta	0,09	<b>Consumo anual (Mm3)</b> 4,44	Agua bruta	3,6
	Agua de terciario	0,44		Agua de terciario	0,84

- **Cartagena** → recupera directamente parte del agua tratada en una de sus dos líneas de tratamiento de aguas (aportes a cada línea segregados en base a la calidad de los distintos tipo de influentes)

**Objetivo:** línea de agua recuperada cubre fundamentalmente usoi de planta, pero también se incorpora un porcentaje a TTRR y a calderas (tratamiento de calderas con OI).





- **Tarragona** → participación del Centro Industrial de Tarragona, ubicado en una zona históricamente de escasez de agua, en un proyecto para la reutilización de agua proveniente de las depuradoras urbanas de los municipios de Tarragona y Vilaseca. Este proyecto, en funcionamiento desde 2012, consiste en un tratamiento terciario de las aguas depuradas para su consumo en las industrias del Camp de Tarragona, reduciendo así la captación de agua de fuentes de origen primario, como serían el río Ebro o el río Gaia.



Repsol impulsó desde su origen el proyecto y es el principal participante del mismo, consumiendo el 40% del total de agua tratada.

**CONVENI DE COL·LABORACIÓ ENTRE EL DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT I HABITATGE, L'AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA, L'ASSOCIACIÓ EMPRESARIAL QUÍMICA DE TARRAGONA I AGUAS INDUSTRIALES DE TARRAGONA, S.A. EN RELACIÓ A LA CESSIÓ PER A LA SEVA EXPLOTACIÓ D'INSTAL·LACIONS PER AL TRACTAMENT I REUTILITZACIÓ D'AIGÜES AL CAMP DE TARRAGONA.**

La inversión inicial de la planta, que alcanzará los 43,3 Mi.€, ha sido financiada en su mayor parte por fondos europeos y el resto por la Generalitat.

AITASA le corresponde construir la red de distribución en baja del agua regenerada, con una inversión de 5,2 Mi.€, que será financiada con un crédito a un plazo de 10 años.



Paràmetre	Valor màxim de sortida requerit	Valor requerit d'entrada
Amoni	0.8 mg/l	60 mg NH <sub>4</sub> /l
Orto-Fosfats	3 mg/l	10 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l
DBO <sub>5</sub>	4 mg/l	55 mg O <sub>2</sub> /l
TOC	15 mg/l	50 mg C/l
DQO	20 mg/l	200 mg/l
TSS	5 mg/l	100 mg/l
Conductivitat	2000 uS/cm	3.100 $\mu$ S/cm (9°C) 3.500 $\mu$ S/cm (26°C)
Clorurs no inox/inox	<350/<175 mg/l	525 mg Cl/l
Sulfats	300 mg/l	350 mg SO <sub>4</sub> /l
Duresa Ca <sup>2</sup>	350 mg Ca/l	400 mg Ca/l
Alcalinitat M	200 mg/l	547 mg HCO <sub>3</sub> /l
Nemàtods Intestinals	<1 ou/10 l	100 ou/10 l
E Coli	Absència UFC/100 ml	6.5 ulog NMP / 100 ml
Legionella spp	Absència UFC/l	2.000 UFC/l
Turbidesa	1 NTU	42 NTU

- Calidad de agua regenerada según convenio con AITASA (calidad de agua osmotizada)
- Asignación de agua regenerada por empresas de la AEQT → 6,8 Hm<sup>3</sup> de producción total de terciario de AITASA, de lo que a Repsol le corresponde una cuota de 3,2 Hm<sup>3</sup> (anuales)

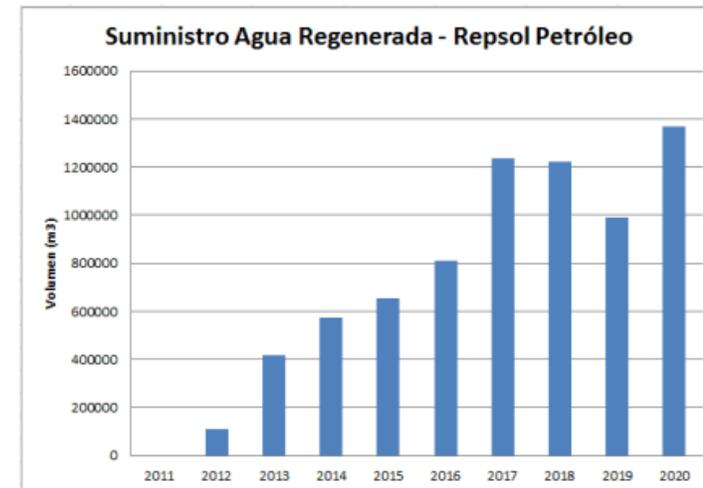


**Objetivo:** maximizar el consumo de agua regenerada de AITASA (asumir la totalidad del agua suministrada) priorizando el uso en calderas para aprovechar la calidad de agua osmotizada con la que se recibe el agua regenerada.

**Condiciones de contorno:** Aplicación farma en Química limita el uso de agua regenerada en calderas.

**Estrategia:** Se prioriza el caudal a Refino para uso en calderas. El caudal restante se pasa a Química para uso en circuito de refrigeración (torre OPSM / uso debe ser parcial, conjuntamente con el agua bruta de CAT (mínimo 10%) por metalurgia de equipos).

<b>QUIMICA</b>	2018	2019	2020	promedio
Consumo agua regenerada (Hm <sup>3</sup> /a)	0,7	0,8	0,8	0,8
Consumo agua bruta (Hm <sup>3</sup> /a)	6,2	6,9	6,5	6,5
<b>% Recuperada vs. total</b>	<b>10,3</b>	<b>10,3</b>	<b>10,9</b>	<b>10,5</b>
<b>REFINERÍA</b>	2018	2019	2020	promedio
Consumo agua regenerada (Hm <sup>3</sup> /a)	1,2	1,0	1,4	1,2
Consumo agua bruta (Hm <sup>3</sup> /a)	9,0	9,1	9,4	9,1
<b>% Recuperada vs. total</b>	<b>12,0</b>	<b>9,8</b>	<b>12,8</b>	<b>11,5</b>



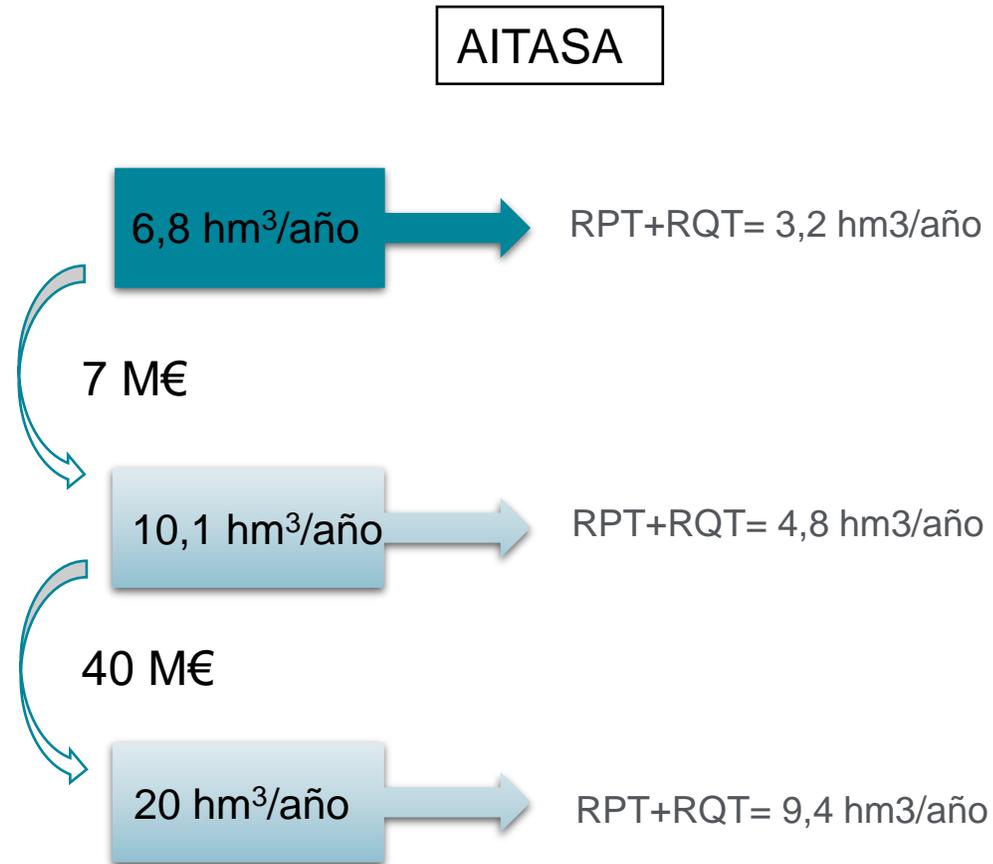
**El agua regenerada externa no es la única fuente de reutilización de agua en el C.I. de Tarragona, pero por sí sola en 2020 supuso alrededor de un 11% del consumo total de agua de Química y en torno a un 13% del de Refino. Además, por el momento no se ha detectado ninguna limitación para poder recibir un caudal mayor en caso de disponibilidad.**

**Coste:**

- Agua bruta: 0,67 €/m<sup>3</sup>
- Agua EDAR: 1,41 €/m<sup>3</sup>

**Otros condicionantes:**

Recuperar agua a partir de efluentes propios, supone reducir caudal de vertido a costa de empeorar la calidad del mismo. Este hecho puede generar un mayor coste de inversión para la adecuación del vertido al nuevo BREF.

**Proyectos externos a tener en cuenta de cara a la estrategia futura:****T. TERCARIO  
CONJUNTO AEQT**

Tras PEM

↓

 Evaluar inversión para reutilización

Participa RPT,  
no participa RQT



**AGUA DULCE  
RECURSO LIMITADO**  
(Cambio climático,  
crecimiento demográfico y  
económico)

**INDUSTRIA  
NECESITA  
FIABILIDAD DE  
SUMINISTRO**

**FUENTE DE  
SUMINISTRO:  
REUTILIZACIÓN DE  
AGUA REGENERADA**

**GESTIÓN DEL AGUA  
DESDE UN ENFOQUE  
CIRCULAR (MLD)**



- Disponibilidad potencial de agua residual urbana (ARU) elevada: caudal vertido supera los 14500 hm<sup>3</sup>/año.

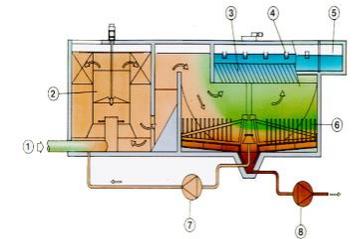
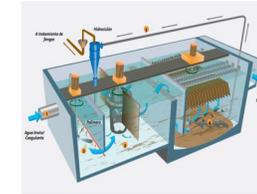
### Estrategias reutilización:

- **Reutilización directa interna** de aguas (previo a tratamiento de las mismas) en usos que requieren menor calidad
- **Reutilización interna tras tratamiento** → Trat. Terciario.
- **Reutilización externa (agua regenerada de EDARU).**

**El consumo de agua recirculada supuso en 2020 >30% del caudal total de agua consumida en REPSOL Refino.**

**Las estrategias de reutilización han de ser específicas de cada centro y su entorno local.**

**Importancia de  
tratamientos  
terciarios**



**Proyectos de regeneración en curso: Ultrafiltración en tratamiento de agua de calderas en Cartagena.**

**Reutilización externa Tarragona:** Aunque el agua regenerada externa no es la única fuente de reutilización de agua en el CI de Tarragona, por sí sola en 2020 supuso alrededor de un 11% del consumo total de agua de Química y en torno a un 13% del de Refino.

**PARA CREER EN EL AGUA  
REGENERADA HAY QUE  
JUZGARLA POR SU  
CALIDAD, NO POR SU  
PASADO**



**REPSOL**

Technology Lab

from ideation to real business

#RepsolTechLab

# TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN EL SECTOR OIL&GAS. PROYECTOS MLD



EMPRESAS	TECNOLOGÍAS	CAPACIDADES Y REFERENCIAS
SUEZ	MBR	Experiencia muy extensa en proyectos de ampliación de procesos de tratamiento de aguas residuales con objetivo de MLD en el sector del Oil&Gas. Principalmente MBR Listado de referencias disponible (entregable)
	EDR	
	Ósmosis Inversa	
	Ultrafiltración	
ACCIONA AGUAS	Membranas (UF)	Capacidad de innovación tecnológica (centro tecnológico y plantas piloto)
	Oxidación avanzada	Capacidad de tratamiento de corrientes complejas. Proyectos MLD: Integroil
	Osmosis Inversa	
	Electrodialisis	
SOIL	Filtración	
	Ultrafiltración	
	Ósmosis Inversa	
	Intercambio iónico	
	Desinfección	
	MBR	
	MPCR. Osmosis de disco	
	Destilación	
	Cristalización	
DOW	Ultrafiltración	Gran capacidad de pilotaje (dispositivos modulares), laboratorio e innovación tecnológica Participación en proyectos de reutilización industrial externa (planta ARU Tarragona)
	Ósmosis Inversa	Listado de referencias disponible (entregable)

## Ej. Referencias SUEZ

Location	Startup	Size (m3/d)	Application
OJSC Novokuibyshevsk Refinery, Russia	2016	60.200	ZW MBR (R)
Taneco Refinery, Russia	2015	50.300	ZW MBR + EDR + RO (R)
CCRL, Canada	2015	6.500	ZW MBR + HERO (R)
CJSC Antipinsky Refinery, Russia	2013	9.000	ZW MBR (R)
BAPCO, Bahraine	2013	24.000	ZW MBR (R)
Petrobras REPAR, Brazil	2012	250	EDR (R)
Petrobras RNEST, Brazil	2012	500	EDR (R)
Bina Refinery, India	2011	9.100	ZW MBR (R)
HPCL Mittal Refinery, India	2010	12.000	ZW MBR + RO (R)
HPCL Refinery, India	2010	7.200	ZW MBR (R)
Petrobras REVAP, Brazil	2010	7.200	ZW MBR (R)