

# Tratamiento de aguas residuales mediante un sistema de percolación híbrido

**M. Lloréns, A.B. Pérez-Marín, M.I. Aguilar, J.F. Ortuño, V.F. Meseguer, J. Sáez**

Dpto. Ingeniería Química. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. 30071 Murcia.

llorens@um.es

## Resumen

Un sistema de percolación híbrido consta de varios lechos filtrantes en serie a través de los cuales se hace pasar el agua residual a tratar. El agua se introduce a través de una red de goteros percolando lentamente a través del lecho filtrante. Estos lechos filtrantes pueden combinarse horizontal o verticalmente. Puesto que en muchas ocasiones la superficie que se necesita para la instalación de una depuradora es un obstáculo importante para que se pueda llevar a cabo la obra, la distribución vertical puede ser una solución cuando hay poca disponibilidad de superficie, además de que presenta unos menores costes de construcción y de mantenimiento y unas menores necesidades de energía.

Esta tecnología de depuración se ha probado a escala piloto con aguas residuales urbanas, con el efluente generado en una gasolinera y con aguas residuales procedentes de la industria conservera. En el tratamiento de aguas residuales urbanas, el efluente cumple los requisitos de la Directiva 91/271/CEE, obteniéndose unos rendimientos de eliminación de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST superiores al 95%, 84% y 80% respectivamente. En cuanto al tratamiento del agua residual generada en la gasolinera, los resultados permiten afirmar que esta alternativa es viable y que con un post-tratamiento adecuado se podría reutilizar para el lavado de vehículos. Finalmente, a la vista de los resultados obtenidos al aplicar esta tecnología al efluente de dos empresas de conservas vegetales de la Región de Murcia (procesado de melocotón y pera por un lado y alcachofa por otro), se puede concluir que el sistema de percolación híbrido es adecuado para el tratamiento de los efluentes de industrias conserveras siempre que se complemente con un adecuado pretratamiento, debiendo ajustarse el número de etapas de tratamiento a las características del agua a tratar.

**Palabras Clave:** aguas residuales, aplicación subsuperficial, lechos filtrantes, sistema percolación híbrido

## Introducción

Frente a los tratamientos secundarios de tipo biológico, denominados genéricamente “*tratamientos convencionales*”, destacan las *tecnologías no convencionales*, que presentan, entre otras, las siguientes ventajas (Libralato et al., 2012): bajos costes de construcción y mantenimiento, bajo consumo de energía, operación sencilla (no se necesita mano de obra especializada), elevada eficacia, elevado nivel de inercia frente a fluctuaciones en la carga orgánica e hidráulica y baja producción de fangos.

Entre las tecnologías no convencionales se incluye *el sistema de percolación híbrido*. Esta tecnología consiste en varios lechos filtrantes en serie a través de los cuales se hace pasar el agua residual a tratar. El agua residual se introduce a través de una red de goteros, percolando lentamente a través del lecho filtrante. Este sistema de alimentación evita que el lecho se sature de agua permitiendo que el sistema funcione en condiciones aerobias (Pérez-Marín et al., 2009; Lloréns et al., 2011, 2015).

El lecho filtrante está constituido por un material poroso (grava, arlita, etc....) al cual se adhieren los microorganismos formando una biopelícula. El número de lechos filtrantes va a depender de la carga orgánica del agua residual a tratar.

Para aguas residuales urbanas es suficiente con cuatro etapas de tratamiento. Cuanto mayor sea la carga orgánica mayor será el número de etapas de tratamiento.

Los lechos filtrantes pueden combinarse horizontal o verticalmente. Puesto que en muchas ocasiones la superficie que se necesita para la instalación de una depuradora es un obstáculo importante para que se pueda llevar a cabo la obra, la distribución vertical puede ser una solución cuando hay poca disponibilidad de superficie, además de que presenta unos menores costes de construcción y de mantenimiento y unas menores necesidades de energía.

En la distribución vertical los lechos filtrantes están colocados uno sobre otro. El agua pretratada entra a la primera etapa de tratamiento a través de los goteros colocados sobre la superficie del lecho superior y desciende por gravedad a través del medio filtrante. El efluente de cada lecho pasa al siguiente lecho por gravedad. Entre cada dos etapas de tratamiento hay una zona vacía que favorece la oxigenación. El efluente del último lecho se envía a un decantador donde se separa el agua ya tratada de la biomasa desprendida del lecho.

La especial distribución del agua, gota a gota, hace que los lechos no estén saturados de agua, lo que permite una aireación pasiva. Además el sistema de percolación híbrido puede funcionar de forma continua sin problemas de colmatación de los lechos (Pérez-Marín et al., 2009, Lloréns et al., 2011). La superficie necesaria es aproximadamente 0.1 m<sup>2</sup>/habitante equivalente

En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación a escala piloto de un sistema de percolación híbrido con distribución vertical de los lechos filtrantes a: un agua residual urbana, al efluente generado en una gasolinera y al agua residual procedente de la industria conservera.

## Materiales y Métodos

La planta piloto utilizada para el tratamiento del agua residual urbana y la de la gasolinera es la misma. En primer lugar se hizo el estudio en la gasolinera y posteriormente se trasladó la planta piloto al Campus de Espinardo de la Universidad de Murcia. La figura 1 muestra un esquema de la planta piloto, compuesta de cuatro lechos filtrantes rellenos de arlita.

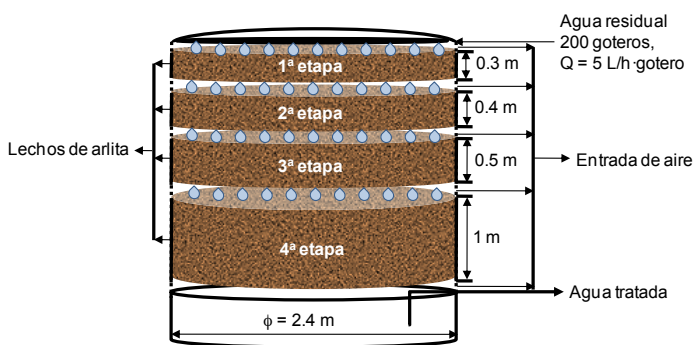


Figura 1.- Esquema de la planta piloto

En la gasolinera, el agua residual procedente de los aseos de la gasolinera y del restaurante, así como del lavado de vehículos, las aguas pluviales y los vertidos accidentales de carburante, es sometida a un pretratamiento en un separador de hidrocarburos, un decantador y dos filtros de anillas de 125  $\mu\text{m}$ . El agua pretratada se envía a la planta piloto.

El pretratamiento del agua que recibe la planta piloto ubicada en la Universidad de Murcia consiste en una reja de desbaste de 3 cm, tamiz rotatorio de 0.25 mm, tanque de homogeneización, decantación primaria y filtros de anillas de 125  $\mu\text{m}$ .

Para el estudio del tratamiento de los efluentes de industria conservera se construyeron dos plantas piloto de base cuadrada, una con cinco fases de tratamiento (procesado de melocotón y pera) y otra con seis fases (procesado de alcachofa). En ambas plantas los lechos filtrantes están colocados uno sobre otro, su superficie es de 1 m<sup>2</sup> y el caudal tratado es 80 L/h. Cada una de las fases de tratamiento contiene un relleno de arlita de 50 cm de espesor, y entre cada dos fases hay una separación de unos pocos centímetros cuya misión es permitir la entrada del oxígeno atmosférico para que la depuración se produzca en condiciones aerobias. Sobre la arlita de la primera fase de tratamiento están colocados 20 goteros de 4 L/h cada uno.

El efluente procedente del procesado de melocotón y pera ha sido sometido a un pretratamiento que consta de: desbaste de gruesos, tamiz rotatorio 0.8 mm, flotación con adición de floculante, homogeneización y ajuste de pH con ácido fosfórico. El efluente procedente del procesado de alcachofa sólo ha pasado por un tamiz rotario de 0.5 mm. El agua residual pretratada pasa a través de un filtro de anillas de 100  $\mu\text{m}$  y a continuación es distribuida a través de los goteros colocados sobre la superficie del primer lecho, fluyendo por gravedad a través de las fases de tratamiento. El efluente de la última fase constituye el agua depurada.

Para el seguimiento de las plantas piloto se tomaron muestras a la entrada de cada planta (EN) y a la salida de cada una de las etapas de tratamiento (SF). Se determinaron los siguientes parámetros: oxígeno disuelto (OD), pH, sólidos en suspensión totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), nitrógeno total Kjeldhal (NTK) y fósforo total (PT).

## Resultados y Discusión

La figura 2 muestra la evolución del oxígeno disuelto, SST y DQO de la planta piloto del Campus de la Universidad de Murcia. Se puede ver cómo aumenta la concentración de oxígeno a lo largo de las etapas de tratamiento (S1F a S4F) debido a la difusión de forma natural del oxígeno atmosférico a la zona de depuración, consecuencia tanto del gradiente de concentración como de la demanda ejercida por la materia orgánica. También se puede observar la disminución progresiva de SST y DQO, debido tanto a la degradación de la materia orgánica como a la retención de materia particulada en el interior de los lechos.

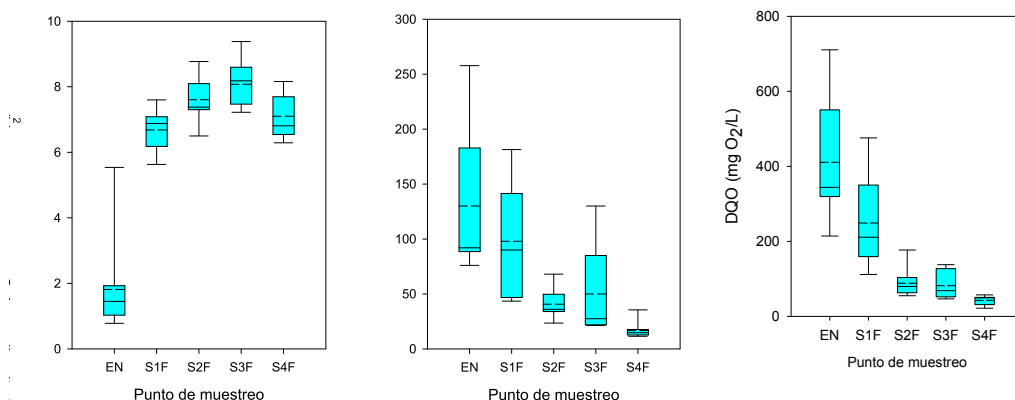


Figura 2.- Evolución del oxígeno disuelto, SST y DQO a lo largo del tratamiento

EL NTK presenta una evolución similar y el fuerte descenso de este parámetro puede atribuirse principalmente a la nitrificación biológica. La reducción del PT es sensiblemente inferior al resto de los parámetros y es debida a la retención de materia particulada en el lecho así como al consumo por los microorganismos responsables del proceso de depuración.

La evolución de los parámetros estudiados es similar para todos los efluentes estudiados.

La tabla 1 muestra la caracterización del influente y del efluente de las plantas piloto instaladas en el Campus de la Universidad de Murcia y en una estación de servicio, así como los rendimientos de eliminación de los parámetros estudiados. El efluente de la EDAR del Campus de Espinardo reúne los requisitos establecidos por la Directiva 91/271/CEE sobre tratamiento de aguas residuales urbanas y el de la planta piloto de la gasolinera, con un post-tratamiento adecuado, se podría reutilizar para el lavado de vehículos.

**Tabla 1.- Características del influente, efluente y rendimientos de eliminación**

Parámetro	EDAR Campus Espinardo			Gasolinera		
	Influente	Efluente	% eliminación	Influente	Efluente	% eliminación
OD (mg O <sub>2</sub> /L)	0.78-5.54	6.29-8.16		0.1-2.75	6.08-9.98	
pH	7.13-7.69	6.60-7.25		6.53-7.54	7.2-8.27	
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	214-710	22-57	84.2-93.9	139-585	32-95	46.3-86.8
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	130-490	2-9	95.4-99.2	115-350	3-15	87.0-98.3
SST (mg/L)	76-258	11.5-35.5	79.8-94.3	39.5-88.0	16.6-56.0	20.7-74.8
NTK (mg N/L)	26.4-122.8	0.5-9.8	87.2-99.0	4.5-34.0	0.4-3.4	77.6-95.0
PT (mg P/L)	4.2-11.1	5.1-9.3	3.13-24.32	3.3-8.4	1.7-5.3	6.7-48.5

La tabla 2 muestra la caracterización del influente y del efluente de las plantas piloto instaladas en dos industrias conserveras, así como los rendimientos de eliminación de los parámetros estudiados. Si se compara con los valores máximos instantáneos de los parámetros de contaminación del anexo III del Decreto 16/1999, de 22 de abril, sobre vertidos de aguas residuales industriales al alcantarillado (BORM nº 97 de 29/4/99), se puede ver que el efluente de la planta que trata el agua residual procedente del procesado de melocotón y pera cumple los requisitos establecidos en dicho Decreto, pero el efluente de la otra planta no. Ello es debido a la peor calidad del influente por un insuficiente pretratamiento; sin embargo se puede comprobar que los rendimientos de eliminación son elevados.

**Tabla 2.- Características del influente, efluente y rendimientos de eliminación**

Parámetro	Melocotón y pera			Alcachofa		
	Influente	Efluente	% eliminación	Influente	Efluente	% eliminación
OD (mg O <sub>2</sub> /L)	2.37-4.35	9.90-10.7		0.25-1.56	2.64-4.57	
pH	4.76-7.80	7.71-8.97		3.87-4.95	4.92-7.48	
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	2978-4302	298-660	77.8-92.6	3185-8100	1450-2352	53.3-80.2
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	1639-2420	40-343	79.1-94.4	2100-4300	680-1823	44.0-83.7
SST (mg/L)	270-430	45-210	45.9-87.5	478-765	140-344	45.8-79.1
NTK (mg N/L)	18.7-33.0	7.0-15.3	31.4-62.6	92.0-126.0	24.0-41.0	67.5-79.1
PT (mg P/L)	71.7-97.9	25.4-34.6	61.6-64.7	16.6-29.1	6.7-20.3	30.2-75.4

**Nota:** Valores máximos instantáneos del anexo III Decreto 16/1999: pH: 5.5-9.5; DQO: 1100 mg O<sub>2</sub>/L, DBO<sub>5</sub>: 650 mg O<sub>2</sub>/L, SST: 500 mg/L, NTK: 50 mg/L

## Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos, esta tecnología puede considerarse adecuada para el tratamiento de aguas residuales urbanas, de efluentes de estaciones de servicio, así como de los efluentes de industrias conserveras estudiados, siempre que se complemente con un adecuado pretratamiento. El número de fases de la planta se debe ajustar a las características del agua a tratar.

## Referencias

1. Libralato G., Ghirardini A.V. and Avezzù F. (2012). To centralize or decentralize: an overview of the most recent trends in wastewater treatment management. *Journal of Environmental Management*, 94, 61-68.
2. Lloréns M., Pérez-Marín A.B., Aguilar M.I., Sáez J., Ortuño J.F. and Meseguer V.F. (2011). Nitrogen transformation in two subsurface infiltration systems at pilot scale. *Ecological Engineering*, 37(5), 736-743.
3. Lloréns M., Pérez-Marín A.B., Sáez J., Aguilar M.I., Ortuño J.F., Meseguer V.F. and Ruiz J.A. (2015). Sewage treatment with a hybrid constructed soil filter. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, 13(2), 161-168.
4. Pérez-Marín A.B., Lloréns M., Aguilar M.I., Sáez J., Ortuño J.F., Meseguer V.F. and López-Cabanes A. (2009). An innovative technology for treating wastewater generated at the University of Murcia, *Desalination and Water Treatment* 4, 69-75.