

Eficacia de las tecnologías de reducción de olores en la red de alcantarillado de Sídney (Australia)

Efficiency of the odor abatement technologies in the sewer system of Sydney (Australia)

A.D. Dorado^{a,b*} y R. Stuetz^b

^aDepartment of Mining Engineering and Natural Resources, Universitat Politècnica de Catalunya, Bases de Manresa 61-73, 08240 Manresa, Spain

^bUNSW Water Research Centre, School of Civil and Environmental Engineering, University of New South Wales, NSW 2052, Australia

*Corresponding author e-mail: dorado@emrn.upc.edu

Resumen/Abstract

Durante un periodo de 6 meses el grupo de investigación de contaminantes gaseosos y olores de la Universidad Politécnica de Cataluña y Autónoma de Barcelona han colaborado en un proyecto desarrollado en la Universidad de New South Wales en Sídney (Australia) dirigido por el Dr. Richard Stuetz. El proyecto tiene como objetivo principal evaluar las tecnologías de reducción de olores procedentes de la red de alcantarillado de la ciudad de Sídney. Parte de este proyecto, con un presupuesto total de 20 millones de dólares, plantea un estudio para valorar la efectividad de torres de adsorción, biofiltros y biofiltros percoladores mediante el análisis sistemático de muestras gaseosas llevadas a laboratorio y analizadas por cromatografía de gases con espectrometría de masas y análisis olfatométricos. En este tiempo se analizó los datos recogidos durante los meses de enero a junio (de verano a otoño) en 10 instalaciones distintas con aguas de origen industrial, domésticas o mixtas. Durante los meses de verano con una frecuencia semanal, y quincenal posteriormente. Un amplio rango de compuestos orgánicos volátiles fue identificado en las muestras (935 compuestos) apareciendo 585 de ellos en más de una ocasión. Se calculó la eficacia de eliminación para cada compuesto en cada unidad a partir de 4570 comparaciones en las que aparecieron compuestos aromáticos, alcanos y alquenos, halogenados, terpenos, éteres, alcoholes y policíclicos. El análisis individual de cada compuesto permite determinar que tecnología es más adecuada en relación a la composición del corriente a tratar. Entre las tecnologías de reducción de olores estudiadas, las técnicas biológicas muestran una mayor eficacia de eliminación de los principales grupos de compuestos orgánicos volátiles que se encuentran en las emisiones procedentes de la red de alcantarillado.

During a period of six months the research group of contaminant gaseous and odors from the Universitat Politècnica de Catalunya and the Autònoma de Barcelona have collaborated on a common project at the University of New South Wales in Sydney (Australia) led by Dr. Richard Stuetz. The main objective of the project is to evaluate the technologies to reduce odors from wastewater in the city of Sydney. Part of this project, with a total budget of 20 million dollars, studies the effectiveness of adsorption towers, biofilters and biofilter trickling through the systematic analysis of gas samples taken to laboratory and analyzed by gas chromatography and mass spectrometry and olfactometry analysis. During this period (from January to June), on a

weekly basis in summer and fortnightly thereafter, 10 different facilities with water from industrial, domestic or mixed origin were analyzed. A wide range of organic volatile compounds were identified in samples (935 compounds), 585 out them appearing in more than one occasion. Efficiencies were calculated for each compound in each unit from 4570 comparisons in which appeared aromatics, alkanes and alkenes, halogenated, terpenes, ethers, alcohols and polyaromatics. The individual analysis of each compound lead to determine which technology is most appropriate in relation to the composition of the treated stream.

Palabra clave: biofiltro, adsorción, carbón activado, alcantarillado, eficacia, Australia, COVs

Keyword: biofilter, adsorption, activated carbon, sewage, efficiency, Australia, VOCs

1. Introducción

La gestión de las emisiones olorosas de las redes de alcantarillado se ha vuelto más importante en los últimos 10-20 años, principalmente debido al aumento del número de denuncias y los fallos registrados en los sistemas de reducción de olores (Gostelow et al 2001; Lebrero et al 2011). La creciente presión sobre la ocupación de terrenos cercanos a los puntos de ventilación del alcantarillado y estaciones de bombeo exige la necesidad de asegurar el buen funcionamiento de los sistemas de tratamiento.

Varias tecnologías han sido aplicadas en la reducción de olores y compuestos orgánicos volátiles. Los sistemas de adsorción se han utilizado tradicionalmente como un método rentable, simple y seguro para controlar olores, ya sea como tratamiento primario y/o en la etapa de refinamiento en reducción de olores. En el caso de Australia, Sivret y Stuetz (2012) revelaron en una encuesta realizada en junio de 2009 para 204 procesos de reducción de olores operando en 187 lugares diferentes que los procesos basados en el sistemas de adsorción son claramente dominantes (76,5%), seguido de los procesos biológicos (21,1%). Entre los procesos biológicos, los sistemas tipo biofiltro representan el 62,8% y los biofiltros percoladores el 32,6%.

Aunque los procesos de adsorción han sido utilizados durante mucho tiempo algunas desventajas se han puesto de manifiesto en el tratamiento de gases, como el efecto negativo de la humedad, los costes de operación, de adquisición de material y de sustitución del mismo (Dorado et al. 2011, Estrada et al. 2012). La mayoría de estudios centrados en carbones activados para mezcla de gases han sido realizados a escala laboratorio bajo condiciones muy controladas (Dorado et al. 2012). El pequeño número de estudios a escala industrial limitan el seguimiento en términos de carbono total (detección mediante PID) sin evaluar el destino de los compuestos presentes en la mezcla durante la operación (Martínez-Soria et al. 2009).

La alternativa a los procesos de adsorción son los sistemas de depuración biológica, sobradamente conocidos y utilizados para el tratamiento de aguas residuales, donde han demostrado ser muy eficaces, ambientalmente respetuosos y económicamente viables. Para el tratamiento de gases, estos sistemas son relativamente nuevos y están poco desarrollados. A diferencia de los procesos fisicoquímicos, los métodos biológicos no requieren reactivos químicos ni sistemas de regeneración de los absorbentes o adsorbentes. De esta manera, los sistemas pueden

ser de menor complejidad, requerir menos control y generar menos corrientes de subproductos para ser tratados.

En el presente estudio, un programa de muestreo de 6 meses se realizó en 7 filtros de carbón activado, 2 biofiltros convencionales y un biofiltro percolador que tratan las emisiones olorosas de las redes de alcantarillado de Sídney (Australia). El objetivo del estudio fue evaluar la eficacia de eliminación en los procesos de tratamiento para cada uno de los compuestos orgánicos volátiles presentes en las emisiones de la red de alcantarillado.

2. Material y Métodos

El programa de monitorización se llevó a cabo entre enero y junio de 2011. Las muestras de aire se recogieron por duplicado mediante tubos de adsorción Tenax TA (Markes International, UK) con una velocidad de flujo de 100 ml/min durante 20 minutos (volumen de muestreo 2L). Las muestras se desadsorbieron térmicamente (Markes International, UK) acoplado con un muestreador automático (Markes International, UK). Una trampa fría (U-T11 GPC, Markes International, UK) se utilizó para recoger la muestra antes de la inyección de muestra en el GC. El análisis de las muestras se realizó con un cromatógrafo de gases acoplado a un detector espectrómetro de masas (GC 7890N y 5975MSD, Agilent Technologies, EE.UU.). Una DB-VRX (30 m 0,25 mm 1,4 μ m) columna (Agilent Technologies, EE.UU.) se utilizó en el GC para la separación de compuesto, con helio como gas portador (velocidad de flujo de 1,8 ml/min). La temperatura de la columna se llevó a cabo inicialmente a 50 ° C durante 2 minutos, luego se elevó a una velocidad de 15 ° C / min a 220 ° C, y después se mantuvo durante 3 minutos. El espectrómetro de masas se hizo funcionar en modo de barrido continuo (35-550m/z). La identificación inicial de los COVs se basó en la coincidencia de los espectros de masa adquiridos con las bases de datos de ChemStation (NIST02 y Wiley275).

3. Resultados y Discusión

Las principales propiedades de las instalaciones monitorizadas se encuentran en la Tabla 1. Las unidades de control de olores están rellenas con distinta clase de materiales lo que permite comparar si existen diferencias entre cada uno de ellos. La principal diferencia entre los carbones activados (AC-1/7) es la sustancia química utilizada como impregnación. El apartado de dosificación hace referencia a si el corriente ha recibido algún tratamiento químico previo.

Tabla 1. Principales propiedades de las unidades de control de olores

| Lugar | AC-1 | AC-2 | AC-3 | AC-4 | AC-5 |
|---------------------|-------------------|--------|-------------------|------------|-------------------|
| Año instalado | 2003 | 2008 | 2003 | 2004 | 2003 |
| Material de relleno | GC IPH | NaMnO4 | Norit ROZ3 | Norit ROZ3 | DMD KHD460 |
| Cambio de material | abr-11 | mar-08 | jun-08 | may-09 | jun-10 |
| Carácter dominante | mezcla | mezcla | mezcla | mezcla | mezcla |
| Dosificación | FeCl ₂ | - | FeCl ₂ | - | FeCl ₂ |

| Lugar | AC-6 | AC-7 | BF-1 | BF-2 | BTF-1 |
|---------------|------------|------------|-------------|----------|---------|
| Año instalado | 2003 | 2003 | 2006 | 2009 | 2010 |
| Material de | Norit ROZ3 | Norit ROZ3 | Lecho doble | Material | LQ-1240 |

| | | | | | |
|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|
| relleno | | | | orgánico | |
| Cambio de material | may-08 | Des-10 | ene-06 | ene-10 | ene-10 |
| Carácter dominante | mezcla | mezcla | doméstico | mezcla | doméstico |
| Dosificación | FeCl ₂ | FeCl ₂ | Mg(OH) ₂ & FeCl ₂ | Mg(OH) ₂ | Mg(OH) ₂ & FeCl ₂ |

Un total de 254 muestras fueron recogidas entre enero y junio (2011). Entre los distintos compuestos que podemos encontrar en las emisiones procedentes de alcantarillado, Iranpour et al. (2005) destaca que el diseño y operación de plantas de tratamiento de olores debe basarse en la eliminación de COV como el parámetro limitante, ya que sus eficiencias de eliminación son en general inferiores que para el H₂S.

Una amplia gama de compuestos orgánicos volátiles se identificaron en las muestras (935 compuestos, con 585 que aparece en más de una muestra). Un total de 4570 comparaciones fueron realizadas entre la entrada y la salida de las unidades de control de olores. Los distintos compuestos detectados en el proceso de seguimiento de la red fueron clasificados en familias obteniendo la composición detallada en la Tabla 2.

Tabla 2. Presencia de compuestos en las emisiones tratadas en las UCO.

| Familia química | Presencia (%) |
|-----------------|---------------|
| Aromáticos | 39,60% |
| Alifáticos | 18.51% |
| Halogenados | 24.2% |
| Terpenos | 13.7% |
| Éteres | 2.29 |
| Policíclicos | 1.66% |
| Alcoholes | 0.04% |

El cálculo de las eficacias de eliminación permite determinar que compuestos se eliminan con mayor eficacia en cada una de las unidades de control de olores. Teniendo en cuenta los 20 compuestos eliminados con mayor eficacia y frecuencia se detectaron 107 compuestos diferentes, siendo eliminados el 65% de ellos en más de una UCO. Entre los compuestos que aparecen con mayor frecuencia en esta clasificación se encuentran el eucaliptol, d-limoneno, 1,2,3,5-tetrametilbenceno (isodureno). En general no se observa una relación directa entre el tipo de material utilizado y las EE registras en el seguimiento. Una relación más directa si se muestra entre las eficacias de eliminación y el año del último cambio de material (Tabla 1). Como se recoge en el estudio de Sivret et al. (2012) los tiempos tan elevados de cambio de material se deben a que éstos se realizan en base a las quejas recibidas. Aunque los suministradores de carbones activados no especifican la vida del carbón se estima que los tiempos no deberían ser superiores a 6 meses (Estrada et al. 2012).

La figura 1 muestra los resultados obtenidos en el seguimiento de las eficacias de eliminación de los distintos compuestos detectados en las emisiones procedentes de la red de alcantarillado clasificados en las 3 familias predominantes: aromáticos, terpenos y compuestos clorados. En esta figura se pone de manifiesto que los resultados obtenidos en las distintas unidades son similares en cuánto a la reducción

de compuestos terpenos (alrededor del 70-75%) pero significativamente diferentes para los compuestos aromáticos y en mayor grado para los compuestos clorados. En este sentido la eficacia de eliminación de los compuestos clorados en los carbones activados se presenta con un valor negativo (-22,64%), lo que indica que en el periodo de estudio (6 meses) el carbón activado estuvo desadsorbiendo compuestos de esta familia que anteriormente había adsorbido. Para los compuestos aromáticos el carbón activado también presenta los valores mínimos (24,66%). Comparando las técnicas biológicas, en todos los casos se obtuvieron eficacias de eliminación mayores en los biofiltros convencionales que en los biofiltros percoladores. En este caso la baja solubilidad de los compuestos orgánicos presentes pueden explicar las diferencias de comportamiento entre ambos procesos biológicos.

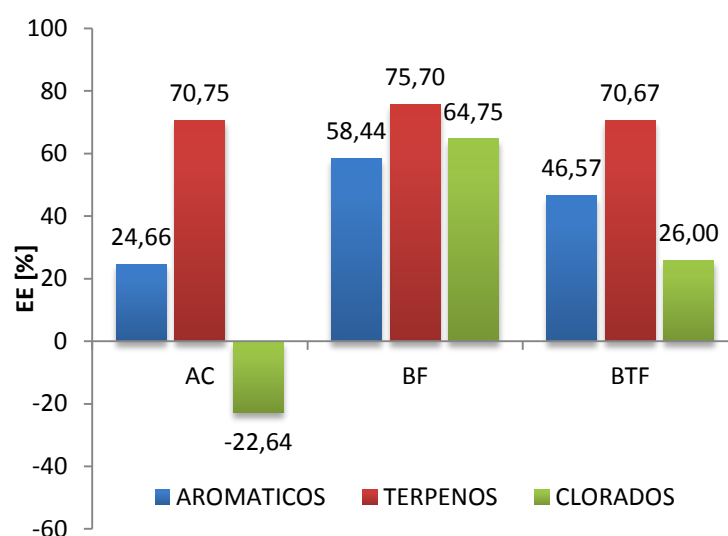


Fig. 1. Eficacias de eliminación (EE) de las UCO para los distintos grupos de compuestos.

Con el presente estudio, las ventajas de los procesos biológicos se ven destacadas ya que se pone de manifiesto que estas tecnologías permiten obtener una elevada eliminación para los compuestos más problemáticos en relación a la molestia que pueden ocasionar por su olor. Comparando los resultados obtenidos con las técnicas convencionales, los procesos biotecnológicos han mostrado un grado mayor de eliminación para los principales compuestos presentes en las emisiones de la red de aguas residuales. De este modo, aunque el carbón activado presenta un buen rendimiento en términos globales, cuando la composición individual de los compuestos se controla a lo largo del tiempo, se observa como la desadsorción de algunos compuestos olorosos se lleva a cabo. Las técnicas biológicas (biofiltros y biofiltros percoladores), tratando corrientes de la misma composición, muestran una mayor eficacia de eliminación para los principales grupos de compuestos encontrados en las emisiones procedentes de la red de alcantarillado.

4. Conclusiones

Los sistemas de carbón activado se han utilizado tradicionalmente como una técnica de reducción rentable y simple para controlar las emisiones olorosas. El seguimiento de 7 filtros de carbón activado, 2 biofiltros y un biofiltro percolador durante más de 6 meses muestra que aunque no existen diferencias significativas

entre los distintas técnicas en cuanto a la eliminación de terpenos, la eliminación de compuestos aromáticos y clorados es significativamente inferior en el caso de los lechos de carbón activado que en los procesos biológicos. El presente estudio evidencia que las posibles competencias entre los compuestos que forman parte de la mezcla pueden dar lugar a la desadsorción de compuestos que previamente habían estado adsorbidos en los lechos de carbón activado. Un estudio más exhaustivo es necesario para detallar las causas y los mecanismos que dan lugar a estos procesos. También es necesario ampliar el estudio analizando el comportamiento de las unidades en relación a la eliminación de sulfuro de hidrógeno y otros compuestos volátiles de azufre, al mismo tiempo que se cuantifica la concentración de los principales compuestos. La metodología utilizada en el presente estudio permite evitar una evaluación pobre de las unidades de control de olores y en última instancia elegir el sistema de tratamiento más eficiente para cada situación.

Agradecimientos

Los autores agradecen el soporte económico del Gobierno Español mediante el Programa Nacional de Movilidad de Recursos Humanos del Plan Nacional de I-D+i 2008-2011.

Referencias

- Dorado, A.D., Lafuente, J., Gabriel, D., Gamisans, X. Interaction between sorption and biodegradation in a biofilter packed with activated carbon. 2012. *Water Sci. Technol.* 66, 1743-50.
- Dorado, A.D., Lafuente, J., Gabriel, D., Gamisans, X. The role of water in the performance of biofilters: Parameterization of pressure drop and sorption capacities for common packing materials. 2010. *J. Hazard. Mater.* 180, 693-702.
- Estrada, J.M., Kraakman, N.J.R., Lebrero, R., Muñoz, R. A sensitivity analysis of process design parameters, commodity prices and robustness on the economics of odour abatement technologies. 2012. *Biotechnol. Adv.* 2012. In press.
- Gostelow, P., Parsons, S.A., Stuetz, R.M. 2001. Odour measurements for sewage treatment works. *Water Res.* 35 (3), 579-597.
- Iranpour, R., Coxa, H.H.J., Deshusses, M.A., Schroeder, E.D. Literature review of air pollution control biofilters and biotrickling filters for odor and volatile organic compound removal. 2005. *Environ. Prog.* 24, 254-267.
- Lebrero, R., Rodriguez, E., Garcia-Encina, P.A. Muñoz, R. A comparative assessment of biofiltration and activated sludge diffusion for odour abatement. 2011. *J. Hazard. Mater.* 190, 622-630.
- Martinez-Soria, V., Gabaldon, C., Penya-Roja, J.M., Palauj, J., Alvarez-Hornos, F.J. Sempere, F., Soriano, C. Performance of a Pilot-Scale Biotrickling Filter in Controlling the Volatile Organic Compound Emissions in a Furniture Manufacturing Facility. 2009. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 59, 998-1006.

Sivret, E., Stuetz, R.M. Sewer odour abatement monitoring - an Australian survey. 2012. Water Sci. Technol. 66, 1716-21.