

Estudio diagnóstico de olores en procesos industriales y de depuración de agua mediante la combinación: olfatometría – simulación dinámica – análisis de compuestos.

M. Calzada^{1*}, E. Campos¹, D. Zarzo¹, P. Terrero¹, E. Ortiz², J.A. Garcia³, B. Calderón³, A. Fullana³ y D. Prats³

¹SADYT. Molina de Segura, 8. 30007. Murcia.

²KHALacant Innova. Carretera de Alicante, Km 4. 03690. San Vicente del Raspeig.

³Instituto del Agua y de las Ciencias Medioambientales. Universidad de Alicante. San Vicente del Raspeig. 03690. Alicante.

*macalzada@sacyr.com

Palabras clave: Molestia, edad del aire, espectrometría, asociación, mejoras

Resumen

Muchas industrias generan fuertes emisiones de olores a lo largo de su proceso productivo. El carácter subjetivo del olor junto a las dificultades en su diagnóstico y adecuada solución, convierten este estudio en una herramienta efectiva para el éxito.

El estudio se ha desarrollado en la Fábrica Helados Alacant y su EDARi, como parte de un proyecto de investigación, sobre tecnologías altamente eficientes para el tratamiento de olores, en cuya primera fase se ha realizado esta experiencia diagnóstica de la problemática.

Los resultados obtenidos nos han permitido: identificar y caracterizar olfatométricamente las zonas de conflicto, definir las actuaciones de mejoras más adecuadas para un correcto funcionamiento de los sistemas de captación - ventilación - renovación de aire y determinar los compuestos causantes de la molestia para una mejor selección del sistema de desodorización adecuado.

Todo ello gracias a la exitosa asociación de 3 criterios de evaluación aplicados de forma simultánea: el criterio olfatométrico para la “identificación de la molestia”, el criterio de simulación dinámica para la “visualización de su comportamiento en el espacio” y el criterio de análisis de estructuras para una “mejor eliminación de compuestos causales”.

1. Introducción

En la actualidad se tiene una mayor conciencia social del problema que pueden representar los olores. (BOE, 2013). El hecho de que muchas industrias, durante sus procesos productivos, generen fuertes emisiones de estos olores contaminantes hace que sea necesaria la mejora y perfeccionamiento de las técnicas de desodorización en cuanto a rendimiento y efectividad.

La búsqueda de estos objetivos pasa necesariamente por la realización de un estudio diagnóstico previo que sea lo más exigente, explícito e integrador posible. La combinación de criterios de análisis para una mejor identificación de las áreas de conflicto y la correcta evaluación o diseño óptimos de los sistemas de desodorización asociados es nuestra propuesta (Brown y Fletcher, 2005; Muñoz et al., 2010; Gutiérrez et al., 2015).

Este estudio se ha desarrollado como parte de un proyecto de investigación sobre el desarrollo de técnicas altamente eficientes para la eliminación de olores. La investigación se desarrolla en la Fábrica de Helados Alacant y su EDARi. (Calzada et al., 2012; Calzada et al., 2014).

2. Materiales y métodos

Para la correcta implementación del estudio, en el interior de las instalaciones se han seleccionado y numerado diferentes puntos con diferente grado de emisión de olor y representatividad de los procesos.

Las técnicas de evaluación aplicadas de forma simultánea fueron: olfatometría de campo mediante Nasal Ranger®, simulación dinámica mediante software CFD (Computational Fluid Dynamics) y análisis estructural de compuestos mediante cromatografía de gases con captación discontinua, activa y pasiva.

2.1 Olfatometría de campo

La metodología de medición de olores en inmisión basada en olfatometría dinámica de campo cumple con los criterios de la Directiva Europea IPPC respecto a las mejores técnicas disponibles (AENOR, 2004). El olfatómetro de campo Nasal Ranger® es un instrumento portátil que permite crear una serie calibrada de diluciones discretas mediante la mezcla del olor ambiental con aire libre de olor (filtro de carbón activo) (Cid-Montañez et al., 2008; Cid-Montañez, 2014; Nasal Ranger® 2015).

La olfatometría de campo define cada nivel discreto de dilución como el cociente “Dilución hasta el Umbral” (D/T), el cual determina la dilución necesaria para que el olor ambiental no se detecte (perciba).

$$\frac{D}{T} = \frac{\text{Volumen de aire filtrado}}{\text{Volumen de aire oloroso}}$$

Las mediciones subjetivas individuales con el Nasal Ranger® pueden ser promediadas posteriormente en diferentes bases temporales y/o espaciales y normalizarse respecto a la definición de uo_E/m^3 . Para calcular los promedios temporales de los controles y los percentiles, todas las lecturas D/T individuales deben transformarse a log10 con el fin de que la varianza de los datos sea uniforme (la escala de medida en D/T no es lineal).

Luego se realiza la operación inversa y se obtiene el valor promedio D/T corregido respecto a UO_E (40 ppbv n-butanol) aplicando la correspondiente corrección según cada usuario.

2.2 Simulación dinámica

La eficacia de los sistema de ventilación tiene un papel fundamental en la renovación del aire y su verificación requiere de herramientas capaces de predecir el comportamiento del aire o los contaminantes, en el interior de los edificios para mejor entendimiento y gestión (Brown y Fletcher, 2005; Cid-Montañez, 2012).

En el estudio contamos con la colaboración de LABAQUA (LABAQUA, 2014) para realizar las medidas de presiones necesarias y posterior simulación mediante el software CFD-OpenFOAM versión 2.2.2, que permite evaluar y cuantificar aspectos tan importantes como: renovación de aire en el interior de la instalación, eficacia del sistema de extracción, patrones de flujo de aire, dispersión de contaminantes, perfiles de temperaturas, etc.

El software utiliza las ecuaciones de conservación de la masa, conservación de momento y conservación de la energía para cálculos iterativos de balances globales, a partir de las condiciones de contorno definidas por el usuario.

2.3 Análisis estructural de compuestos

Debido a la característica de “emisión difusa” de nuestras fuentes de estudio se ha optado por la realización de muestreos discontinuos mediante captación activa y pasiva con análisis por cromatografía de gases (Gallego et al., 2011; Gallego et al., 2012).

Los sistemas de captación activos obtienen muestras representativas de un momento o situación concreta (varios minutos), en cambio la captación pasiva (varios días) y por ello puede proporcionar información más representativa de la generación de olores. Tras realizar experimentaciones previas con diferentes captadores activos y pasivos para seleccionar el método más efectivo, se utilizaron captadores pasivos tipo Radiello[®], adsorción en resina Tenax[®] con bombeo para la captación activa.

El método de análisis químico empleado fue cromatografía de gases con espectrometría de masas (GC/MS) y programa informático MSD ChemStation (Kleeberg et al., 2005).

3. Resultados y discusión

Con el Nasal Ranger[®] se realizaron dentro de la EDARi, un total de 70 controles y 140 lecturas en los diferentes puntos de análisis como parte de las mediciones aleatorias de contraste respecto al estudio olfatométrico del proyecto previo (Calzada et al., 2012).

En fábrica se realizaron un total de 127 controles y 762 lecturas en los diferentes puntos de análisis. Con los resultados obtenidos se han conformado los mapas de olores, de los cuales destacamos en la figura 1, aquellas zonas más representativas en cuanto a intensidad de olor (sobre todo 1. pretratamiento EDARi con $62 \text{ uo}_E/\text{m}^3$ y 4. residuos en fábrica con $55 \text{ uo}_E/\text{m}^3$), consideradas ambas como áreas críticas de análisis.

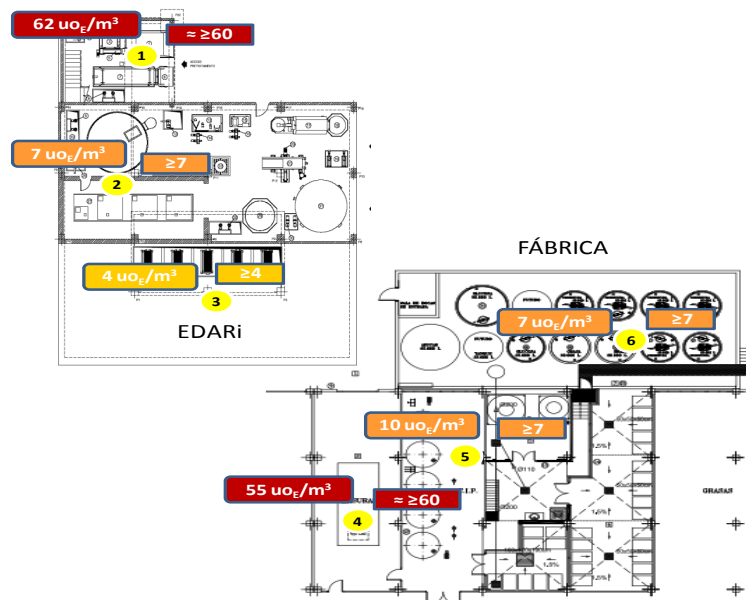


Figura. 1 Mapa de inmisión de olores, período mayo – septiembre 2014, Fábrica Helados Alacant. Zonas en EDARi: 1. Pretratamiento - 2. Reactor Biológico - 3. MBR. Zonas en fábrica: 4. Sala de residuos - 5. Sala CIP – 6. Salida de ventilación.

Para la evaluación de los sistemas de ventilación mediante la técnica CFD se seleccionaron las zonas de análisis en consonancia con las zonas olfatométricas (LABAQUA, 2014).

En la sala de pretratamiento la malla computacional resultante fue de 2.6×10^6 celdas con estrategia de mallado híbrida (celdas prismáticas en las zonas de geometría más regular y celdas tetraédricas ó poliédricas para geometría compleja) (*Figura. 2*).

También se realizó el mallado correspondiente a la sala de residuos, la sala CIP y la nave principal de la EDARi.

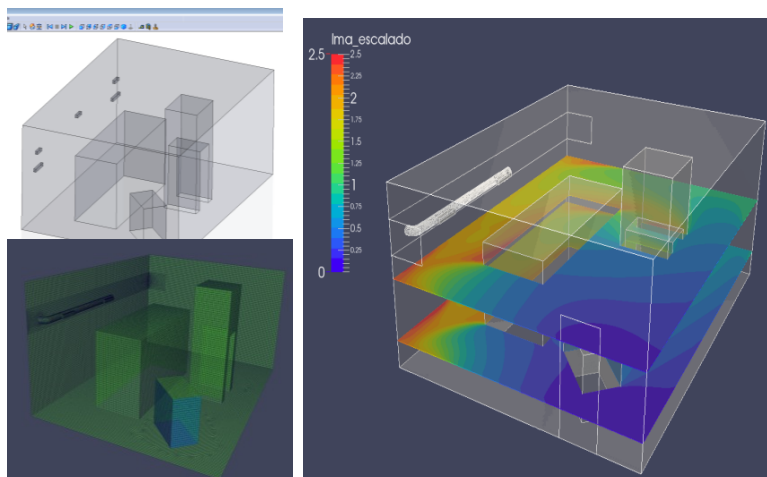


Figura. 2. Geometría, mallado y edad del aire (s) escalada o adimensional en planos horizontales. Sala de pretratamiento, período mayo – septiembre 2014, Fábrica Helados Alacant.

Los resultados obtenidos para la edad del aire y la edad del aire adimensional indicaron que existían, en la sala de pretratamiento, zonas de estancamiento bajo los conductos de retorno (*Figura. 2*).

Esto es debido al efecto de bloqueo que realizan los equipos de proceso voluminosos (Cid-Montañez, 2012). Debido a las ineficiencias descritas, la edad media local de aire interior fue de 846 s, siendo el tiempo mínimo de reemplazo de 789 s, por lo que existía una dispersión excesiva en la edad del aire interior.

Esto afectaba la eficiencia de ventilación y favorecía la acumulación de malos olores, por lo cual se propusieron medidas de corrección y mejora. Por su parte en la sala de residuos no existía sistema de ventilación alguno, por lo que se propuso un diseño de impulsión/extracción con caudal equivalente a 8 renovaciones/h, además del sellado de holguras (evitar las transferencias de olor).

Para el análisis de los compuestos con captadores pasivos Radiello[®], se realizó un tratamiento estadístico y una selección de los compuestos mayoritarios en cada una de las zonas de estudio (Zarra et al., 2008), los muestreos con captadores activos Tenax[®] realizados como complemento dieron resultados similares.

En concordancia con los otros criterios de evaluación, las zonas de pretratamiento y de sala de residuos fueron las que registraron las más altas concentraciones de compuestos volátiles, coincidiendo con los puntos olfatométricos críticos y de deficiente eficacia de ventilación, ver (Tabla 1 y

Figura. 3). Esta caracterización permitirá realizar una mejor evaluación efectiva de la solución de desodorización que será más apropiada para cada caso.

Tabla 1. Parámetros analizados en los diferentes materiales considerados

Compuestos	Pretratamiento ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sala basura ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Propanol	----	2
Butanona	----	2
Acetato de Etilo	84	169
Butanol	----	3
Triclorometano	95	----
Dimetildisulfuro	1	----
Tolueno	16	34
Etilbenceno	3	3
o-Xileno	9	8
Limoneno	1717	180

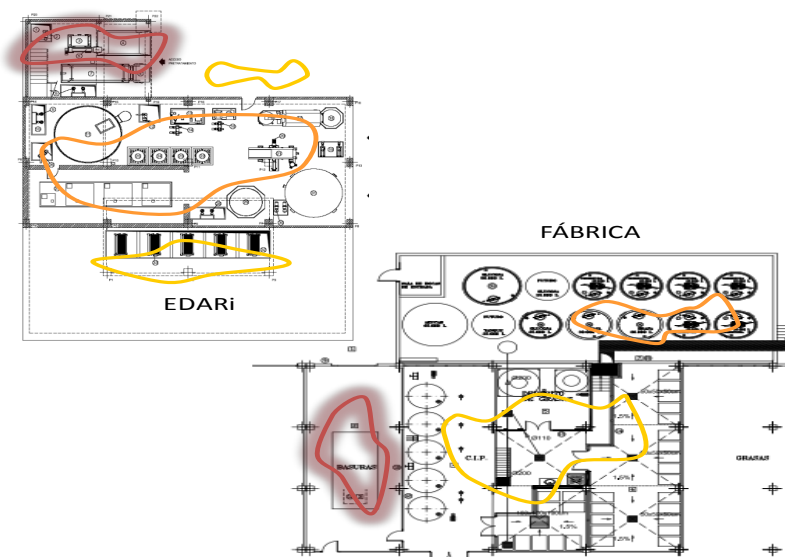


Figura. 3 Zonas diferenciadas según distribución y abundancia de compuestos registrados (rojo para las zonas críticas de pretratamiento y sala de basuras), período mayo – septiembre 2014, Fábrica Helados Alacant.

4. Conclusiones

Los resultados de este estudio de olores permiten concluir que existe una relación directa entre tres criterios de evaluación, el criterio olfatométrico para la “identificación de la molestia”, el criterio de simulación dinámica para la “visualización de su comportamiento en el espacio” y el criterio de análisis de estructuras para una “mejor eliminación de compuestos causales”, y cada uno ellos aportan, desde su perspectiva, un componente vital para el diagnóstico exitoso.

Todavía existe suficiente recorrido para conseguir un desarrollo tecnológico de máxima garantía que permita la eliminación, casi por completo, de los olores en nuestros procesos industriales. El diagnóstico de olores mediante la combinación: “olfatometría – simulación dinámica y análisis de compuesto” no solamente permite la identificación olfativa y de estructura de composición, sino que conjuntamente nos aporta la medida visual necesaria para estimar la influencia que las infraestructuras, equipos y dispositivos de ventilación ejercen, todo ello a favor de un mejor diagnóstico y corrección.

El proyecto OLORES del que se deriva este estudio, constituye todo un reto en ese acercamiento a la excelencia y aprovechará este resultado diagnóstico para proponer, en una segunda etapa (que se está llevando a cabo en estos momentos hasta diciembre de 2015) el desarrollo de soluciones tecnológicas más eficientes, competitivas y respetuosas con el medio ambiente.

5. Bibliografía

- AENOR. 2004. UNE-EN 13725. Calidad del aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometríadinámica. www.aenor.es
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0047521> (Fecha de consulta 29/05/2015)
- BOE. 2013. *Boletín Oficial del Estado Español - Evaluación Ambiental*. (J. E. Español, Editor) Retrieved. www.boe.es <http://www.boe.es/boe/dias/2013/12/11/pdfs/BOE-A-2013-12913.pdf> (fecha de consulta 26/05/2015)
- Brown, G. y Fletcher, D. 2005. CFD Prediction of Odour Dispersion and Plume Visibility for Alumina Refinery Calciner Stacks. *Process Safety and Environmental Protection*. 83, 231 - 241.
- Calzada, M., Campos, E., Zarzo, D., Garcias, J., Calderón, B., Fullana, A. y Prats, D. 2014. www.aguasresiduales.info.
<http://www.aguasresiduales.info/revista/articulos?categoria=Eliminaci%C3%B3n+de+Olores> (fecha de consulta 26/05/2015)
- Calzada, M., Campos, E., Zarzo, D., Ruiz, M. y Prats, D. 2012. Research study on the measurement and characterisation of odours at WWTPs. *Protocol of procedure. Water Info Enviro*. 77, 81 - 84.
- Cid-Montañez, J. 2014. El Perfil meteo-fido: una nueva herramienta para la discriminación entre fuentes de olores y la verificación de quejas. Congreso Nacional de Medio Ambiente CONAMA 2014. www.conama.org
<http://www.conama2014.conama.org/web/index.php> (fecha de consulta 28/05/2015)
- Cid-Montañez, J. F. 2012. Uso de Modelos de Dinámica Computacional de Fluidos (DCF) para optimizar sistemas de ventilación en naves industriales. www.olores.org
http://www.olores.org/index.php?option=com_content&view=article&id=191:computational-fluid-dynamic-cfd-models-to-tune-air-changes-per-hour-ach-&catid=80:content&Itemid=422&lang=es (fecha de consulta 28/05/2015)
- Cid-Montañez, J., Jobar, R. y Tomás, R. 2008. Effectiveness of field olfactometry and neighbor control to reduce odor annoyance from biosolids and MSW composting. *Proceedings WEF/ A&WMA Odors and Air Emissions Conference*. Arizona, USA: Phoenix. 6-9 abril 2008 p. 331-344.
- Gallego, E., Roca, F. C., Perales, F., J. y Guardino, X. 2011. Comparative study of the adsorption performance of an active multi-sorbent bed tube (Carbotrap, Carbopack X, Carboxen 569) and a Radiello® diffusive sampler for the analysis of VOCs. *Talanta*. 85 (1), 662 - 672.
- Gallego, E., Roca, F. J., Perales, J. F., Sánchez, G. y Esplugas, P. 2012. Characterization and determination of the odorous charge in the indoor air of a waste treatment facility through the evaluation of volatile organic compounds (VOCs) using TD-GC/MS. *Waste Management*. 32 (12), 2469 - 2481.
- Gutiérrez, M., Martín, M., Pagans, E., Vera, L., García-Olmo, J. y Chica, A. 2015. Dynamic olfactometry and GC-TOFMS to monitor the efficiency of an industrial biofilter. *Science of The Total Environment*. 512 - 513, 572 - 581.
- Kleeberg, K., Liu, Y., Jans, M., Schlegelmilch, M., Streese, J. y Stegmann R. 2005. Development of a simple and sensitive method for the characterization of odorous waste gas emissions by means of solid-phase microextraction (SPME) and GC-MS/olfactometry. Hamburg, Germany: Hamburg University.
- LABAQUA 2014. (s.f.). Servicios Ambientales - Modelización y CFD LABAQUA. www.labaqua.com
<http://www.labaqua.com/servicios/emission-inmission-studiesprojects/> (fecha de consulta 20/05/2015)
- Muñoz, R., Sivret, E., Parcsi, G., Lebrero, R., Wang, X., Suffet, I. H. y Stuetz, R.I. 2010. Monitoring techniques for odour abatement assessment. *Water Research*. 44 (18), 5129 - 5149.
- Nasal Ranger® 2015. (n.d.). *Socioingeniería, SL*. Retrieved. www.malosolores.org
<http://www.malosolores.org/pdf/manual-operacion-nasal-ranger.pdf> (fecha de consulta 28/05/2015)
- Zarra, T., Naddeo, V., Belgiorno, V., Reiser, M. y Kranert, M. 2008. Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment. *Water Science & Technology*. 58.1, 89 - 94.

6. Agradecimientos

Los autores, SADYT y KHAI, agradecen al Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI Ministerio de Economía y Competitividad), y al Mecanismo Financiero del Espacio Económico Europeo (EEA Grants), Programa de Ciencia y Tecnología en Medio Ambiente y Cambio Climático el apoyo económico para la realización de este proyecto (IDI 20140125).

Agradecen también la colaboración del Instituto del Agua y las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante, y al Departamento de Diagnóstico y Control de Olores de LABAQUA.