



Malos olores en aire interior y exteriores: olfatometría dinámica de campo

Autor: José Francisco Cid Montañés

Institución: Socioingeniería S.L.

Resumen

La olfatometría dinámica de campo con el Nasal Ranger™ se inicia en USA en 2003 y en España en 2004, casi en paralelo a la norma europea UNE 13725 y representa un cambio fundamental en la medición de olores (estado del arte de la técnica) ya que significa aplicar la Directiva IPPC 1996 con la Mejor Tecnología Disponible sin implicar un Coste Excesivo (BATNEEC). La olfatometría dinámica de campo es la única metodología que permite distinguir entre los conceptos de detección de olores y molestia de olores, es decir, que si una actividad provoca puntualmente algún episodio de olor con el Nasal Ranger™ se puede evaluar cuantitativamente si constituye una molestia midiendo en inmisión su frecuencia, su intensidad y su duración teniendo en cuenta el grado ofensivo de cada tipo de mal olor identificado. Muchas administraciones ambientales en España exigen aplicar la UNE 13725 y la modelización posterior para evaluar el impacto odorífero de actividades existentes que huelen mucho o para las que existen quejas registradas pero no se puede documentar que ha sido efectivo ya que no se cuantifica el impacto real actual. El Departamento de Sostenibilidad y Territorio, la Agencia Catalana del Agua y la Agencia de Residuos de Cataluña reconocen esta metodología para medir olores en emisión. La Generalitat Valenciana recomienda esta metodología en diversas guías técnicas para evaluar el impacto odorífero de las explotaciones ganaderas pero también se ha utilizado exitosamente en diversos peritajes judiciales tanto en aire ambiente como en aire interior. La Comunidad de Madrid autoriza oficialmente su utilización para la obtención de AAI. En Murcia ha servido de base para peritajes judiciales que han generado jurisprudencia condenando por inactividad a un Ayuntamiento. En España, existe actualmente un parque total de 39 unidades repartido por Aragón, Canarias, Cataluña, Euskadi, Comunidad de Madrid, Andalucía, Murcia, Baleares y Comunidad Valenciana. Hasta la fecha, SOCIOENGINYERIA, S.L. ha certificado 105 usuarios del Nasal Ranger™ que han obtenido en promedio un coeficiente de variación del 25,2% para aire ambiente y del 28,9% para aire interior para las mediciones olfatométricas simultáneas con un inspector de olores. El coeficiente de variación promedio obtenido por dos técnicos de SOCIOENGINYERIA, S.L. durante 29 controles horarios simultáneos para diez tipos de olores diferentes en el período 2006-2011 ha sido del 16% (9,5% para olor a pan quemado-63% para olor fétido de grasas animales).

En la comunicación se aportarán las estadísticas globales de la implantación de la olfatometría dinámica de campo en España y se explicarán diversos casos prácticos que la UNE 13725 no puede resolver.

Palabras claves: malos olores, olfatometría dinámica de campo, Nasal Ranger™, impacto odorífero, molestia, detección, inmisión, coeficiente de variación, UNE 13725, IPPC, peritajes judiciales, jurisprudencia.

1. Introducción

En relación a los requisitos de muchos estudios de impacto odorífero en España, especialmente para los exigidos en las Autorizaciones Ambientales Integradas (AAI), se explicitan los argumentos científico-técnicos y socioambientales que demuestran la validez de las mediciones de olor en inmisión mediante la olfatometría dinámica de campo. Los objetivos de este trabajo son informar del avance del estado de la técnica en la medición directa de olores ambientales allá donde se produce la afectación o molestia y justificar que la olfatometría dinámica de campo cumple con los criterios de la Directiva IPPC 1996, traspuesta en la Ley 6/2002, respecto a la Mejores Tecnologías Disponibles que no impliquen un coste excesivo (BATNEEC).

La olfatometría dinámica de campo con el Nasal Ranger™ se inicia en Minnesota (USA) en 2003 y en España en 2004, casi en paralelo a la norma UNE 13725 (2004). Esta nueva metodología permite distinguir entre los conceptos de detección de olores y molestia de olores, es decir, que si una actividad provoca puntualmente algún episodio de olor se puede evaluar cuantitativamente si constituye una molestia midiendo en inmisión la frecuencia, la intensidad y la duración para cada tipo de mal olor identificado y considerando también su carácter ofensivo.

2. Metodologías sensoriales de medición de olores

La olfatometría dinámica consiste en diluir aire con olor con aire limpio, ya sea en el laboratorio o en el campo. Para determinar los niveles de olor en el entorno de las actividades existen a día de hoy dos opciones principales: a) calcular puntualmente los factores de emisión de los focos de la actividad y modelizar posteriormente la dispersión que se espera para obtener las estimaciones de las medias horarias y las correspondientes isodoras y b) medir realmente en inmisión con el olfatómetro de campo Nasal Ranger™ a cualquier distancia de la actividad y obtener los promedios horarios y mapas de olores reales para cada tipo de olor identificado.

En el primer caso, cada consultor utiliza subjetivamente el modelo matemático que más le conviene dado que no existe ninguna normalización al respecto y menos en la norma UNE 13725 que ni lo menciona. Además, en muchos estudios no se realiza la toma de muestras en diferentes períodos del día (mínimo de tres muestras para el promedio diario) que exige la propia UNE 13725. En el segundo caso, 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 uoE/m^3 dado que la equivalencia entre D/T y uoE/m^3 se produce cuando el usuario del Nasal Ranger™ presenta un umbral de detección al n-butanol de 40 ppbv

2.1 Ambigüedades y carencias de la UNE 13725

Los estudios de emisiones de olores permiten identificar los focos con más olor de la actividad generalmente en base a la toma de muestras de un día concreto lo cual no implica que sea representativa del funcionamiento diario ni anual. La olfatometría dinámica de laboratorio con la UNE 13725 cuantifica las emisiones de las fuentes de olor pero no las inmisiones y los resultados se utilizan para modelizar lo que se espera que suceda cuando el olor del foco se dispersa a favor de viento (predicción). Las mediciones de olores en el intervalo 2-15 uoE/m^3 son imposibles de realizar con la UNE 13725 dado que el límite de detección se sitúa en torno a las 20-30 uoE/m^3 (en el mejor de los laboratorios). Sin embargo, los criterios de valoración del impacto odorífero en España fijan valores como 3, 5, 7, 10 y 15 uoE/m^3 en inmisión, que sí pueden medirse con la olfatometría de campo.

La mayoría de estudios que aplican la UNE 13725 deben disponer como mínimo de un panel de cuatro personas, aunque la norma recomienda ocho. En el laboratorio, el cálculo de la concentración de olor (umbral de detección del 50% del panel) se basa en una interpolación entre el primer nivel detectado y el último no detectado por dos personas, exactamente las mismas que realizan mediciones simultáneas con la olfatometría de campo: inspector certificado y técnico cualificado, en muchos de los trabajos de impacto odorífero en zonas sensibles.

Con los factores de emisión se calcula la probabilidad de que el percentil 98 de los promedios horarios no supere unas uo_E/m^3 determinadas, es decir, son estimaciones teóricas y no mediciones reales. Además, la serie de datos meteorológicos del emplazamiento, necesaria y crítica para la correcta simulación, debería ser como mínimo de dos-cinco años. Desafortunadamente, la práctica habitual es la de utilizar la estación meteorológica más cercana aunque no sea representativa (a varios km o a diferentes cotas) por lo que las estimaciones de los niveles de olor en inmisión pueden o no ser válidas. Por ejemplo, si la modelización estima que a 500 m no se pasará de 3 uo_E/m^3 más del 2% del tiempo (175 h/año) y hay quejas verificadas a 1.500 m ¿Qué ocurre entonces?

Los modelos de dispersión de olores han avanzado en precisión y capacidad de cálculo pero para las actividades existentes sus limitaciones continúan invariables:

- la modelización no está recomendada en situaciones en las que existen registros fiables de quejas por molestia de olores de la comunidad afectada y por tanto, no debe usarse para argumentar lo contrario
- la variabilidad en los factores de emisión de olores puede no quedar correctamente caracterizada con mediciones individuales al azar
- la ausencia de datos meteorológicos representativos de las condiciones locales del emplazamiento implica matrices de dispersión poco realistas
- las estimaciones de los modelos son sólo un indicador de los efectos potenciales adversos y deben utilizarse con otras herramientas para evaluarlos ya que la intensidad del olor no varía linealmente con la concentración
- cuando existen una o dos fuentes de olor, los modelos utilizan el factor de emisión máximo de cada fuente pero para fuentes múltiples esta aproximación resulta conservadora y puede producir resultados irreales
- los factores de corrección pico-promedio que se aplican para considerar las variaciones a corto plazo en relación a los resultados de los modelos (promedios horarios) son inciertos cuando no arbitrarios
- los promedios horarios obtenidos mediante la modelización no deben interpretarse como un criterio de cumplimiento/incumplimiento porque asumen que los factores de emisión, los promedios horarios y la dirección del viento son constantes pero éstos en realidad varían dentro del período horario
- la discrepancia entre las quejas de olores registradas y las estimaciones de los modelos es muy probablemente debida al patrón de comportamiento de los receptores afectados
- la geometría particular de las diversas fuentes de olor y la existencia de efectos del terreno y de la circulación de las corrientes de aire complicados (efecto lavado) no siempre pueden parametrizarse adecuadamente
- la modelización no es capaz de predecir correctamente a menos de 100-200 m de la fuente y por tanto, no puede probar la presencia/ausencia de un impacto odorífero en los receptores sensibles más cercanos

2.2 Mediciones reales de olores en inmisión

Para medir olores en inmisión se utiliza el olfatómetro de campo Nasal Ranger™ (NR), desarrollado por la empresa americana St. Croix Sensory, Inc. (Minnesota, USA) en 2002. Este nuevo instrumento permite medir los olores ambientales a tiempo real y se basa en el concepto de “dilución hasta el umbral de detección” (D/T), el cual determina la dilución necesaria para que el olor ambiental disminuya hasta el nivel del umbral de detección de cada usuario (Figura 1).



Figura 1. Diagrama de los componentes principales del Nasal Ranger™

El Nasal Ranger™ posee autonomía de funcionamiento (batería) y dos configuraciones básicas de su rueda de selección D/T: a) $\geq 2, \geq 4, \geq 7, \geq 15, \geq 30, \geq 60$ D/T (Estándar) y b) $\geq 3, \geq 5, \geq 7, \geq 15, \geq 30, \geq 60$ D/T (España) aunque se puede adaptar a otras necesidades. Tomando como referencia la escala española, si por ejemplo, se realiza una lectura de ≥ 5 D/T, la concentración de olor es ≥ 5 D/T pero < 7 D/T. Asimismo, si la lectura da < 3 D/T, es decir, por debajo del límite de detección, existen dos posibilidades: a) que el nivel de olor se encuentre entre 1 y 3 D/T y por tanto se note un olor ambiental muy ligero que no se puede cuantificar y b) que no existan olores detectables.

La calibración del Nasal Ranger se realiza fijando el flujo a través del Nasal Ranger™ en 18 l/min (intervalo 16-20 l/min) y midiendo el flujo a través de cada orificio de la rueda de selección D/T. Para cada orificio se fija un valor de menos del 5% de diferencia respecto a la referencia. Todas las unidades del Nasal Ranger™ presentan una desviación menor del 1% para todos los orificios respecto a la referencia y la calibración dura varios años. El método de determinación del umbral de detección de olor D/T del Nasal Ranger™ es el SI/NO y la velocidad de aspiración se puede regular entre 16-20 l/min cumpliendo la UNE 13725. En la posición blanco la respiración puede ser más suave y para las posiciones D/T sólo se necesitan dos inhalaciones a 16-20 l/min.

La UNE 13725 no especifica ni la instrumentación ni los protocolos de medición de la olfatometría de campo. Sin embargo, el Nasal Ranger™ se ha construido de acuerdo con las especificaciones de la misma para los materiales dado que el cuerpo principal, la rueda de selección D/T y la máscara nasal son de Teflón. Además, su calibración y la de los usuarios, siguen las indicaciones la UNE 13725 (www.nasalranger.com/espanol). El Centro Español de Metrología ha emitido también el correspondiente dictamen de validez en España (Febrero 2010). Para utilizar con fiabilidad el olfatómetro de campo es imprescindible la calibración de los usuarios del Nasal Ranger™. Por ejemplo, si un usuario presenta un umbral de detección al n-butanol de 50 ppb_v cumple el intervalo de sensibilidad de la norma UNE 13725 (20-80 ppb_v n-butanol para los panelistas) y muy cercano a la definición de unidad de olor europea (40 ppb_v=1 uo_E/m³), por lo que las mediciones D/T se pueden expresar en uo_E/m³ mediante el factor de ajuste olfativo 50/40.

La olfatometría dinámica de campo permite distinguir entre los conceptos de detección de olores y molestia de olores, es decir, que si una actividad provoca puntualmente algún episodio de olor se puede evaluar cuantitativamente si constituye una molestia midiendo en inmisión la frecuencia, la intensidad, la duración y el grado ofensivo de cada tipo de mal olor identificado con el Nasal Ranger™. Dado que los promedios horarios de inmisión en los receptores son reales y no simulaciones, si la actividad no molesta olfativamente aunque se detecte olor, obtiene una certificación de conformidad de olores.

La metodología propia de la olfatometría de campo consiste en realizar un elevado número de mediciones de olor (D/T) en condiciones diferentes (períodos del día, días de la semana, etc.) para poder aumentar la representatividad de las conclusiones sobre el impacto odorífero y disponer del peso de la evidencia. Los estudios olfatométricos de campo permiten determinar la longitud y amplitud de las plumas de malos olores desde la fuente y realizar mediciones simultáneas en el mismo punto o en diferentes puntos de control a cualquier distancia y cualquier sector de la dirección del viento. La sucesión de percepciones de olor durante períodos de 30-60 minutos en puntos fijos permiten confirmar también el régimen de emisión de las actividades (continuo-discontinuo) desde los receptores afectados sin necesidad de entrar en las actividades previo aviso.

Previamente a cualquier lectura olfatométrica D/T es obligatorio limpiar la nariz del usuario durante 20-30 segundos mediante las posiciones blanco del Nasal Ranger™. Se considera que una medición es rápida cuando consta de dos lecturas olfatométricas D/T

separadas por 1 minuto mientras que se considera múltiple cuando se realizan diversas mediciones rápidas a lo largo de un período de control prefijado en un punto de control fijo. En este último caso es habitual realizar seis mediciones separadas por cinco minutos entre ellas para períodos semihorarios y doce mediciones separadas por cinco minutos para períodos horarios. Las lecturas D/T dobles o mediciones se utilizan normalmente para asegurar la objetividad y representatividad de las mismas en condiciones reales (variabilidad de la dirección y velocidad del viento y/o carácter discontinuo de las emisiones de ciertas fuentes). Así pueden realizarse diferentes tipos de controles: a) mediciones rápidas individuales en diferentes puntos de control, b) mediciones múltiples individuales en un punto de control, c) mediciones múltiples simultáneas (dos o más técnicos) en un punto de control y d) mediciones múltiples simultáneas (dos o más técnicos) en puntos de control diferentes.

Para calcular los promedios de las mediciones olfatométricas (D/T) deben transformarse a log₁₀ todas las lecturas D/T individuales con el fin de que la varianza de los datos sea uniforme (la escala de medida en D/T no es lineal). La coherencia olfativa de los técnicos de olores se evalúa en cada estudio mediante mediciones simultáneas lo que permite detectar las de mayor incertidumbre.

2.3 Relaciones meteorología-molestia olfativa

La utilización conjunta y simultánea del olfatómetro de campo y de una estación meteorológica portátil *in situ* permite verificar instantáneamente la procedencia de cada episodio de malos olores y determinar numéricamente la representatividad de cada control olfatométrico según la frecuencia predominante de las direcciones del viento de impacto desde la fuente. Además, ello permite discriminar objetivamente entre diferentes fuentes de contaminación odorífera actuando simultáneamente sobre un receptor y comprobar la veracidad de las quejas si es necesario con la ayuda de otras variables meteorológicas como la velocidad del viento y la presión atmosférica.

2.4. Situación actual en España

Muchas administraciones ambientales en España exigen para evaluar el impacto de nuevas actividades o de la expansión de las existentes, la toma de muestras en los focos con la UNE 13725 y la modelización posterior, debiendo demostrar que no existe un impacto odorífero adicional. Sin embargo, para las actividades existentes que huelen mucho o para las que existen quejas registradas no es aplicable ya que no cuantifica el impacto actual porque con la toma de muestras en los focos se puede investigar como se puede reducir el nivel de olor global y su impacto pero no se puede documentar que ha sido efectivo. Por ello, los requerimientos de las Autorizaciones Ambientales Integradas y de las licencias administrativas del tipo: “...se fija como valor límite el percentil 98 de 5 uo_E/m^3 de acuerdo con la norma UNE 13725...” son incorrectos ya que la propia norma especifica claramente su alcance de aplicación el cual no incluye la modelización.

El Departamento de Sostenibilidad y Territorio, la Agencia Catalana del Agua y la Agencia de Residuos de Cataluña reconocen a la olfatometría de campo para medir olores en inmisión. La Generalitat Valenciana la recomienda en diversas guías técnicas para evaluar el impacto odorífero de las explotaciones ganaderas pero también se ha utilizado exitosamente en diversos peritajes judiciales tanto en aire ambiente como en aire interior. La Comunidad de Madrid autoriza oficialmente su utilización para la verificación de la eficacia de las medidas correctoras de las Autorizaciones Ambientales Integradas. En Murcia ha servido de base para peritajes judiciales que han generado jurisprudencia condenando por inactividad a un Ayuntamiento. El documento final del GT-3 Grupo de Trabajo sobre Contaminación Odorífera de CONAMA 10 (Diciembre 2010) la incorpora también como metodología emergente así como la Additional Guidance for H4 Odour Management (Marzo 2011) de la UK Environmental Agency que constituye la referencia a nivel europeo y donde se recogen las ventajas y desventajas del olfatómetro de campo Nasal Ranger™:

“Este instrumento permite evaluar la concentración de olor en aire ambiente. El usuario respira aire filtrado mientras ajusta manualmente la cantidad de aire con olor hasta que el olor es apenas detectable. El resultado es una medición de la concentración de olor en diluciones hasta el umbral (D/T). Su mayor utilidad radica en proporcionar la evidencia cuantitativa de la magnitud de la contaminación olfativa”.

“Este instrumento está sujeto a las siguientes limitaciones: sensibilidad olfativa del usuario, adaptación a corto plazo, necesidad de estar presente físicamente durante los episodios de olor, requiere de un buen manejo del instrumento, rápidas fluctuaciones de olor durante el tiempo que se necesita para la medición y usuarios distraídos por lo que sucede alrededor que a veces pueden no detectar incluso olores fuertes”.

“A pesar de ello, si se usa apropiadamente por usuarios competentes técnicamente, la metodología proporciona resultados más objetivos que tienden a subestimar la exposición real, por lo que los resultados deben interpretarse como que el nivel de concentración de olor real es como mínimo el proporcionado por el Nasal Ranger™”.

3. Valoración cuantitativa del impacto odorífero

Dado que en España no existe ninguna legislación o normativa que regule la contaminación odorífera en inmisión, para valorar el impacto se utilizan las referencias más actuales agrupadas en dos categorías de valoración: mediciones olfatométricas (D/T) y promedios olfatométricos temporales (percentiles).

3.1. Mediciones olfatométricas con el Nasal Ranger

Protocolo FIDO:

La primera propuesta de evaluación cuantitativa se basa en la relación intensidad de la molestia-concentración de olor local, denominada protocolo Frecuencia-Intensidad-Duración-Ofensividad (FIDO) y en la que se consideran la frecuencia, la intensidad y la duración de los episodios de olor así como el carácter/tipo de olor (Figura 2; Tabla 1).



Figura 2. Pirámide FIDO de la molestia olfativa

El protocolo original del Departamento de Calidad Ambiental de Texas ha sido adaptado a partir de las mediciones de los vecinos afectados con el Nasal Ranger™ obtenidas en el programa de seguimiento multianual 2005-presente en un barrio de Manresa rodeado por cinco fuentes de malos olores: EDAR, vertedero RSU, compostaje lodos, compostaje FORM y fundición de hierro (Cid Montañés et al. 2008)

Tabla 1. Clasificación de diferentes tipos de olores que provocan quejas en el entorno

MUY OFENSIVOS	OFENSIVOS	DESAGRADABLES	NO DESAGRADABLES
SECADO SANGRE	BASURA VERTEDERO	LODOS DIGERIDOS	CETONAS, ESTERES,ALCOHOLES
LODOS PRIMARIOS SIN TRATAR	BALSAS ANAERÒBIAS GRANJAS ANIMALES	LODOS TRATADOS QUÍMICAMENTE	PERFUMES
LODOS PRIMARIOS NO DIGERIDOS	CONCENTRADOS LÍQUIDOS PAPELERAS	GRANJAS ANIMALES	VINOS
PESCADO PODRIDO	TRATAMIENTO BASURA	LODOS SECUNDARIOS	PANADERIAS
ANIMAL EN DESCOMPOSICIÓN	TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES	PINTURAS DE BASE ACUOSA	PREPARACIÓN COMIDA
PROCESOS EN MATADEROS	GOMA/PLASTICO/RUEDA QUEMADOS	ESTIRENO	TORREFACCIÓN CAFÉ NORMAL
PROCESOS AGUAS RESIDUALES	COMPOSTAJE	GASOLINA, DIESEL	ESPECIAS
BIOGAS VERTEDEROS	DESCOMPOSICIÓN EN SILOS	BITUMEN	HIERBA CORTADA
LIXIVIADOS VERTEDEROS	GRASAS LUBRIFICANTES	SISTEMAS SÉPTICOS	PAJA
GRASAS RANCIAS	ÁCIDOS ORGÁNICOS	CAFÉ/COMIDA QUEMADOS	
PROCESOS CUERO/PIEL	ALDEHIDOS	BASURA DOMÉSTICA QUEMADA	
ACROLEINA	ACRILATOS	AMONIACO	
SULFURO DE HIDRÓGENO	ASFALTO	COLORO	
	PINTURAS DE BASE ACEITOSA	MADERA QUEMADA	

Por ejemplo, los olores a lixiviados o biogás se clasifican como muy ofensivos por lo que para que un episodio de olor se considere inaceptable al nivel de ≥ 7 D/T o superior en algún receptor residencial debe durar más de un minuto semanalmente, diez minutos mensualmente o una hora trimestralmente (Figura 3).

**TABLA FIDO
MALOS OLORES EN AIRE AMBIENTE**



MUY OFENSIVOS

		FRECUENCIA				
		Puntual	Trimestral	Mensual	Semanal	Diaria
DURACIÓN	1 minuto	NA	NA	≥15-≥60	≥7	≥5
	10 minutos	NA	≥15-≥60	≥7	≥5	≥3
	1 hora	≥15-≥60	≥7	≥5	≥3	<3
	4 horas	≥7	≥5	≥3	<3	<3
	+ 12 horas	≥5	≥3	<3	<3	<3

OFENSIVOS

		FRECUENCIA				
		Puntual	Trimestral	Mensual	Semanal	Diaria
DURACIÓN	1 minuto	NA	NA	NA	≥15-≥60	≥7
	10 minutos	NA	NA	≥15-≥60	≥7	≥5
	1 hora	NA	≥15-≥60	≥7	≥5	≥3
	4 horas	≥15-≥60	≥7	≥5	≥3	<3
	+ 12 horas	≥7	≥5	≥3	<3	<3

DESAGRADABLES

		FRECUENCIA				
		Puntual	Trimestral	Mensual	Semanal	Diaria
DURACIÓN	1 minuto	NA	NA	NA	NA	≥15-≥60
	10 minutos	NA	NA	NA	≥15-≥60	≥7
	1 hora	NA	NA	≥15-≥60	≥7	≥5
	4 horas	NA	≥15-≥60	≥7	≥5	≥3
	+ 12 horas	≥15-≥60	≥7	≥5	≥3	<3

NO DESAGRADABLES

		FRECUENCIA				
		Puntual	Trimestral	Mensual	Semanal	Diaria
DURACIÓN	1 minuto	NA	NA	NA	NA	NA
	10 minutos	NA	NA	NA	NA	NA
	1 hora	NA	NA	NA	NA	≥15-≥60
	4 horas	NA	NA	NA	≥15-≥60	≥7
	+ 12 horas	NA	NA	≥15-≥60	≥7	≥5

RELACIÓN D/T-INTENSIDAD DE LA MOLESTIA

D/T NASAL RANGER	NA	No Aplicable	INTENSIDAD DIARIOS OLOR	
	≥15-≥60	Muy Fuerte		5
	≥7	Fuerte		4
	≥5	Moderado		3
	≥3	Ligero		2
<3	Muy Ligero	1		

Figura 3. Protocolo FIDO para la evaluación de episodios de olores molestos

Valores límite existentes en normativas y legislaciones americanas:

La mayoría de valores límite para la contaminación odorífera en Estados Unidos se basan en mediciones olfatómicas directas en el perímetro de las actividades o en los receptores residenciales más cercanos. La norma más utilizada para determinar si una actividad incumple la ley es que dos mediciones de olor separadas 15 minutos entre sí en un período de una hora superen ≥ 7 D/T. Este criterio sin embargo es muy estricto puesto que si la medición se realiza en el perímetro, ello no implica que exista molestia en el receptor afectado dado que no se evalúan la frecuencia y la duración del episodio de olor en un período razonablemente objetivo.

3.2. Promedios olfatómicos con el Nasal Ranger™ (percentiles)

Los valores guía/límite de contaminación odorífera más utilizados en Europa establecen como criterio de superación el percentil 98 anual de los promedios horarios (máximo de 175 horas al año o 2% del tiempo). La referencia principal es la Horizontal Guidance for Odour-H4 de la IPPC (Inglaterra, Irlanda y Escocia) donde el criterio de inmisión para actividades con basura putrescible por ejemplo es de $1,5 \text{ uo}_E/\text{m}^3$ como percentil 98 anual de los promedios horarios. Igualmente utilizada es la Netherlands Emission Guidelines for Air (Holanda) donde por ejemplo, la concentración máxima en inmisión para zonas habitadas de plantas de compostaje de residuos sólidos urbanos nuevas o en proyecto es de $1,5 \text{ uo}_E/\text{m}^3$ y de $3,0 \text{ uo}_E/\text{m}^3$ para plantas en funcionamiento, ambas como percentil 98 anual de los promedios horarios. Finalmente, existe un intento frustrado en España con el borrador del anteproyecto de ley sobre contaminación odorífera en Cataluña que fijaba por ejemplo, como valor objetivo de inmisión en las zonas residenciales del área de afectación para las actividades de gestión y tratamiento de residuos $3 \text{ uo}_E/\text{m}^3$ como percentil 98 anual de los promedios horarios.

4. Casos prácticos

En este apartado se ilustran brevemente los rasgos principales de diversos casos reales de aplicación de la olfatometría de campo en el período 2006-2012.

4.1 Verificación Olfatómica Exprés (VOE) de una sentencia judicial

Una sentencia judicial previa obligaba a un Ayuntamiento de la Comunidad de Murcia a impedir que una planta de láminas asfálticas continuara contaminando su entorno residencial más cercano y a continuar pagando una compensación económica a una familia que abandonó su residencia. Un informe municipal sin ninguna medición de olor a asfalto afirmaba que ya no existía el problema, sin embargo la Figura 4 muestra que la molestia continuaba siendo inaceptable y la nueva sentencia después de este peritaje rápido fue de nuevo condenatoria.



Figura 4. Mapa de promedios olfatómicos horarios entorno planta de asfalto

4.2 Peritaje afectación malos olores en vivienda particular

A consecuencia de las reformas realizadas en el piso superior al afectado, diversos tipos de malos olores invadieron la vivienda hasta el punto de hacerla inhabitable (Figura 5). Dado que no se ha querido reconocer el problema, el procedimiento está en vía judicial y cuenta con el Certificado de No Conformidad de Olores en Aire Interior (CENCOIN) emitido por Socioingeniería, S.L.



Punto de control	13/12/11 23:25-23:55	14/12/11 00:10-00:40	14/12/11 09:30-10:15	27/12/11 16:00-16:30	27/12/11 16:30-17:00	27/12/11 17:00-17:30
Salón		≥7/≥7	≥7/≥7	≥7/≥7		≥7/≥7 ≥5/≥3 ≥3/≥3 ≥5/≥3 ≥3/≥5 ≥3/≥5
Aseo			≥7/≥7	<3/≥3		
Pasillo		≥5/≥7	≥7/≥7	≥5/≥5		
Cocina		≥3/≥3	≥3/≥5	≥3/≥3		
Estudio		≥3/≥3	≥3/≥7	≥3/≥3		
Dormitorio		≥5/≥5	≥7/≥3 /≥5	<3/≥3		
Baño	≥5/≥7 ≥5/≥7 ≥7/≥7 ≥5/≥7 ≥5/≥7 ≥7/≥7	≥3/≥3	≥5/≥5	<3/≥3	<3/<3 ≥3/≥3 <3/<3 ≥3/≥3 <3/<3 <3/<3	

olores identificados: fecal-húmedo, fecal-shunt, mohoso-fecal, químico-sintético, goma quemada, fétido

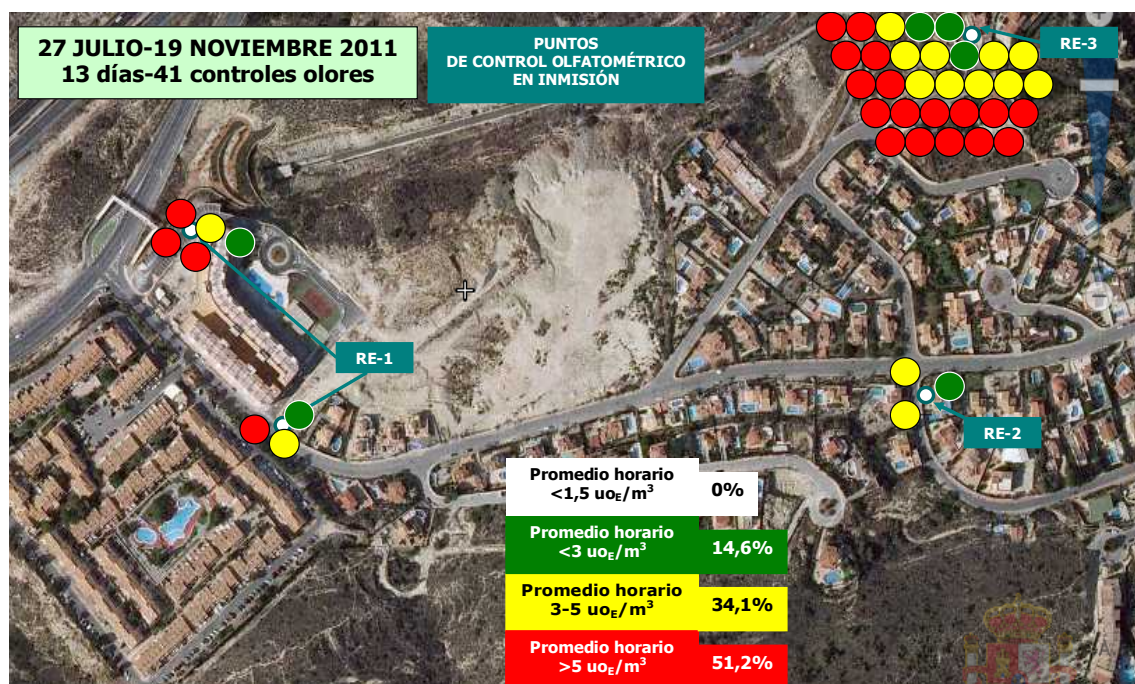
. Promedios de olor (uo_E/m³) según período del día

Punto de control	Mañana	Tarde	Noche
azotea	2,5	1,6	12,8
vivienda	6,6	3,6	5,3
baño		1,8	7,8
salón		5,1	

Figura 5. Controles olfatométricos para peritaje en vivienda particular

4.3 Verificación del incumplimiento de una Autorización Ambiental

Diversos informes olfatométricos realizados mediante la UNE 13725 indicaban que la Planta de Tratamiento Integral de Residuos de 240.000 t/año cumplía con las condiciones de su Autorización Ambiental que establecía respecto a los olores lo siguiente: “Cuando el órgano competente, y ante denuncias evidentes, lo considere necesario, podrá requerir al titular de la explotación la realización de una evaluación de la molestia por los olores que genera, mediante la medición de las unidades de olor, de acuerdo con la norma UNE-EN 13725, u otra norma acreditada, limitándoles, en las zonas residenciales de afección, el percentil 98 de las medias horarias a lo largo de un año, a $5 \text{ uo}_E/\text{m}^3$ (unidades de olor europeas)” Sin embargo, las quejas reiteradas desde el inicio de la actividad de los vecinos afectados a 2 km de distancia se vieron confirmadas con las diversas campañas olfatométricas realizadas con el Nasal Ranger™ por dos técnicos cualificados (Figura 6).



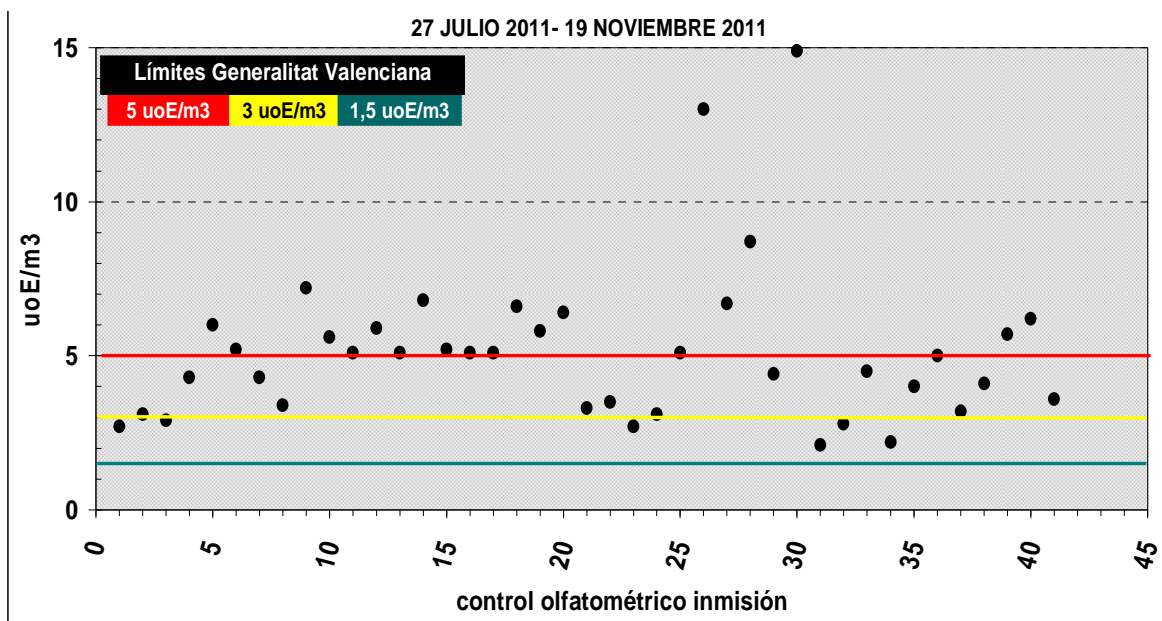
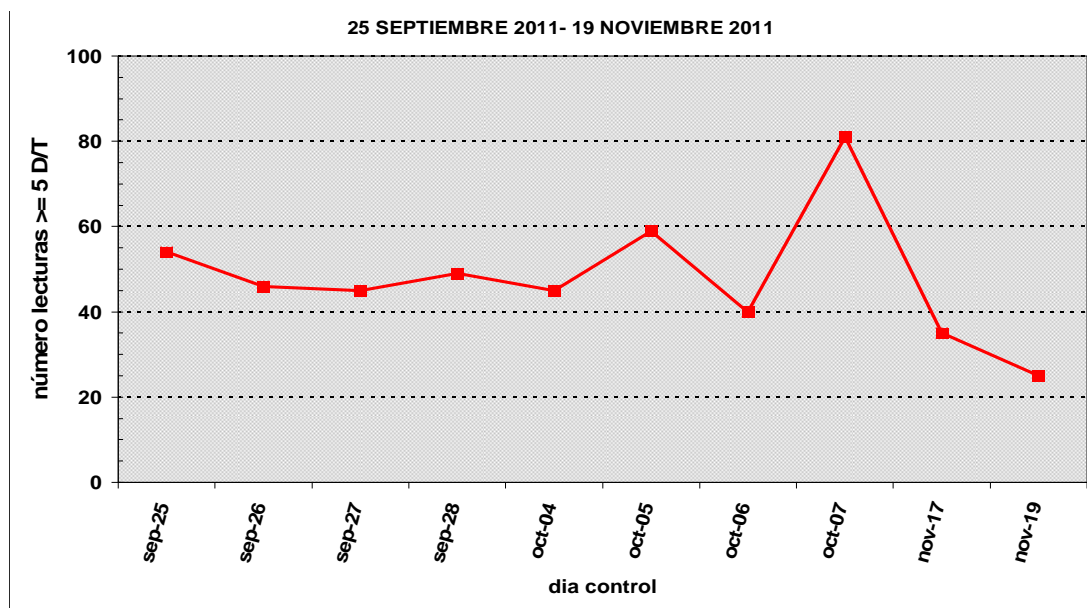


Figura 6. Mapa de los controles olfatométricos (superior) y secuencia temporal (inferior)

Si se tiene en cuenta que el percentil 98 equivale al 2% del tiempo como máximo, los valores obtenidos exceden muy significativamente los valores límite de cualquier referencia mundial: el 100% de las medias horarias superan el valor de 1,5 uoE/m³, el 85,3 % de las medias horarias están entre 3 uoE/m³ y 5 uoE/m³ y finalmente el 51,2 % de las medias horarias superan el valor de 5 uoE/m³.

Si los resultados de los 13 días de control, se extrapolan a base anual y se asumen como el mínimo, se comprueba que se exceden ampliamente las 175 horas al año y por tanto, se incumplen ampliamente las condiciones de la Autorización Ambiental: 1.179 horas al año superarían el valor de 1,5 uoE/m³, 983 horas al año estarían entre 3 uoE/m³ y 5 uoE/m³ y 590 horas al año superarían el valor de 5 uoE/m³

Dado que el percentil 98 en base diaria equivale a 36 minutos, el 69,2% de los trece días de control lo superan significativamente puesto que el número de lecturas de olor (D/T) que superan diariamente el umbral de ≥ 5 D/T va de 36 a 81.



Sin embargo, lo más sorprendente y a la vez interesante científicamente es la correlación existente entre los promedios olfatómétricos diarios y los índices de molestia de olores (IMO) diarios registrados por los vecinos afectados de forma independiente (Figura 7).

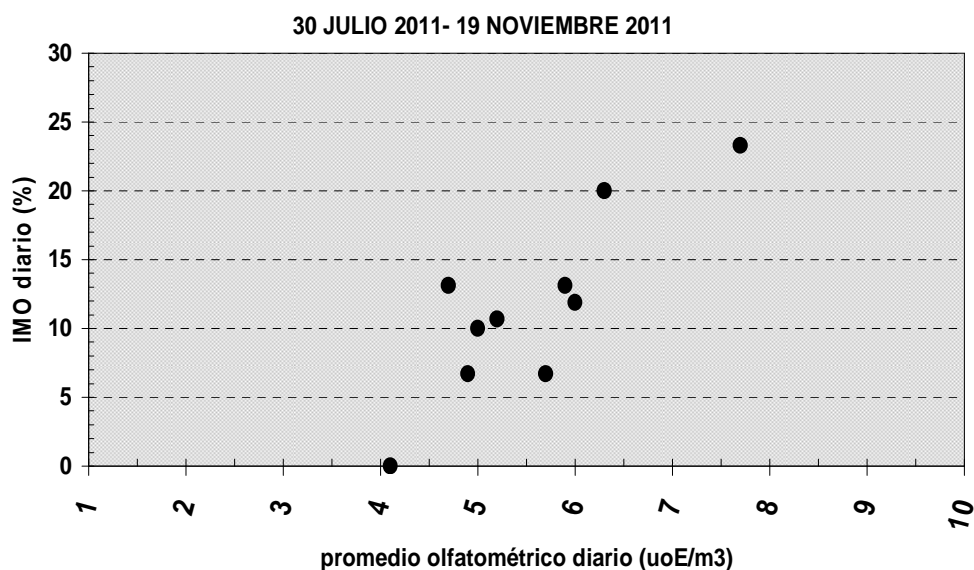


Figura 7. Correlación mediciones olfatómétricas-diarios de olores

4.4 Composición real de los residuos dentro de una actividad

Un vertedero de residuos inertes tiene un pleito establecido con un Ayuntamiento sobre la composición real de los residuos depositados en él, además de un largo registro de quejas de los vecinos en su entorno residencial. La materia orgánica no estaba permitida en la licencia ambiental original pero los gestores solicitaron una adecuación finalmente concedida para depositar residuos no especiales. La utilización conjunta y simultánea del

olfatómetro de campo y de una estación meteorológica portátil *in situ* han permitido determinar la representatividad de cada control olfatométrico según la frecuencia predominante de las direcciones del viento de impacto y verificar la presencia masiva de materia orgánica en diferentes condiciones meteorológicas (Figura 8).

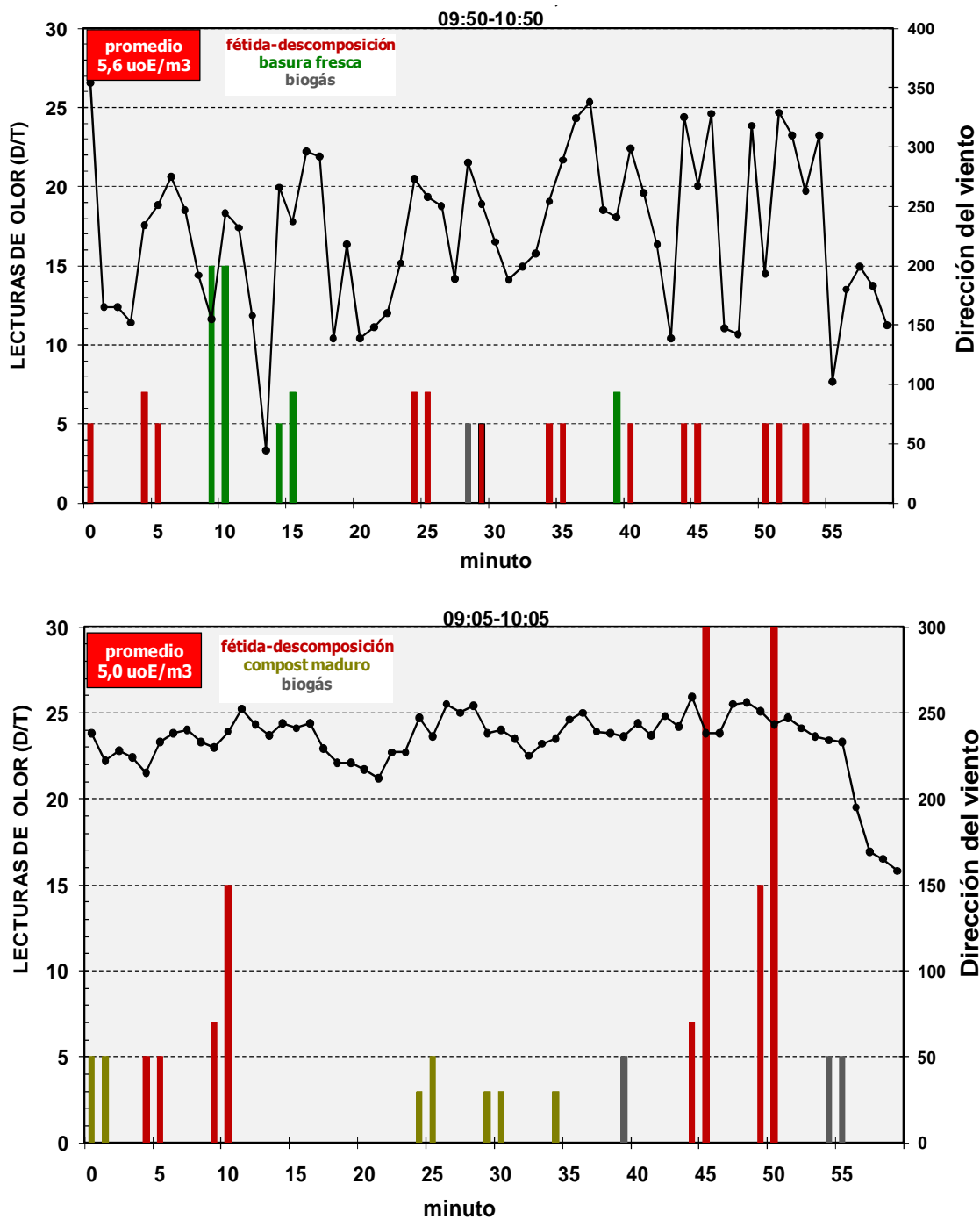


Figura 8. Perfiles horarios olfatométricos-meteorológicos en el entorno de un vertedero

4.5 Ordenanza de olores

Gracias a la experiencia adquirida por Socioingeniería, S.L. con la olfatometría de campo en el período 2005-2012 y debido también a las limitaciones y deficiencias constatadas en la aplicación de la UNE 13725 para evaluar olores en inmisión de las actividades existentes, se ha elaborado una ordenanza para un Ayuntamiento que tiene una problemática particular con dos vertederos importantes en su término municipal.

Art X1. Instalaciones y actividades susceptibles de causar molestias por olor

Las instalaciones y actividades existentes dentro del término municipal que afecten a la calidad de vida de la población, la preservación de la naturaleza ó la conservación del patrimonio ambiental, serán controladas por parte de los servicios técnicos municipales mediante la olfatometría de campo y el registro simultáneo de las condiciones de dispersión de la pluma odorífera desde el foco de olor hacia la zona residencial potencialmente afectada

Art X2. Metodología para determinar los valores de inmisión de olores generados por una actividad

Para actividades existentes se medirán los valores de inmisión de olores con los protocolos de olfatometría dinámica de campo utilizando el Nasal Ranger™ u otro instrumento calibrado similar por entidad independiente con capacidad técnica justificada

Para nuevas actividades se medirán las emisiones de olor en los focos acorde con la norma UNE 13725 o se obtendrá una estimación mediante la aplicación de factores de emisión y se simulará la dispersión para obtener los valores de inmisión mediante modelos matemáticos contrastados por entidad acreditada

Art X3. Criterio de compatibilidad

Una actividad es compatible con su entorno si los valores de inmisión de olores medidos son inferiores a¹:

-1,5 uo_E/m³ como percentil 98 anual de los promedios horarios (175 horas al año) para olores ofensivos y muy ofensivos

-3 uo_E/m³ como percentil 98 anual de los promedios horarios (175 horas al año) para olores desagradables

-5 uo_E/m³ como percentil 98 anual de los promedios horarios (175 horas al año) para olores no desagradables

¹ Valores límite de la IPPC H4 Additional Technical Guidance (2011) y de la Netherlands Emission Guidelines for Air (2008)

Para las actividades existentes la extrapolación en base diaria, semanal, mensual o trimestral es igualmente válida, es decir, que estos valores límite no pueden superarse más de 36 minutos al día, 3,5 horas a la semana, 14,5 horas al mes o 44 horas al trimestre (2% del tiempo). Deberá adjuntarse el registro simultáneo de las condiciones meteorológicas in situ (dirección y velocidad del viento como mínimo) que confirmen la representatividad de los promedios temporales respecto al origen del olor.

Art X4. Verificaciones olfatómicas urgentes

Ante situaciones de episodios de olores muy molestos asociados a un importante número de quejas se medirán los valores de inmisión de olores conforme al Art X2 y para la valoración rápida de la gravedad de la molestia y del incumplimiento de la licencia de apertura se aplicará el siguiente criterio de incompatibilidad:

-Tres mediciones de olor en inmisión separadas 15 minutos entre sí durante un período de una hora superan $\geq 15 \text{ uo}_E/\text{m}^3$ en el perímetro de la actividad o $\geq 7 \text{ uo}_E/\text{m}^3$ en alguna zona residencial, debiéndose acompañar del registro simultáneo de las condiciones meteorológicas in situ (dirección y velocidad del viento como mínimo) que confirmen la representatividad de los promedios temporales respecto al origen del olor.

5. Bases para una norma española de olfatómetría de campo

Socioingeniería, S.L. ha elaborado las bases científicas para una futura norma española basada en la olfatómetría de campo. Los datos estadísticos corresponden tanto a los seminarios de formación y entrenamiento con el Nasal Ranger™ como a los diversos estudios olfatómétricos realizados con varios técnicos.

5.1 Sensibilidad olfativa al n-butanol (calibración)

En las Figuras 9 y 10 se muestran los resultados obtenidos en la calibración olfativa con n-butanol de 147 personas individuales. El intervalo aceptable en todas ellas es 20-80 ppb equivalentes de n-butanol.

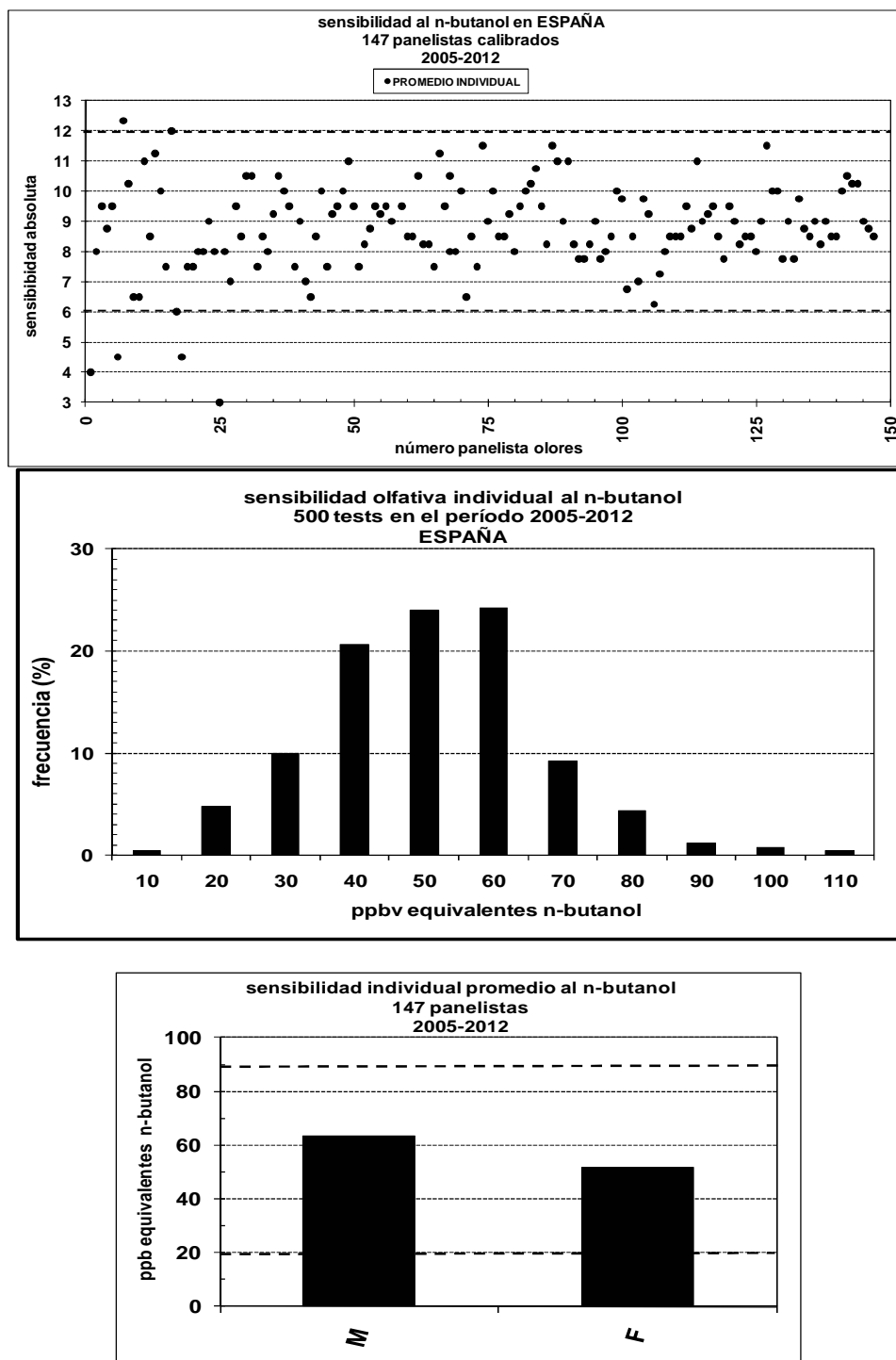
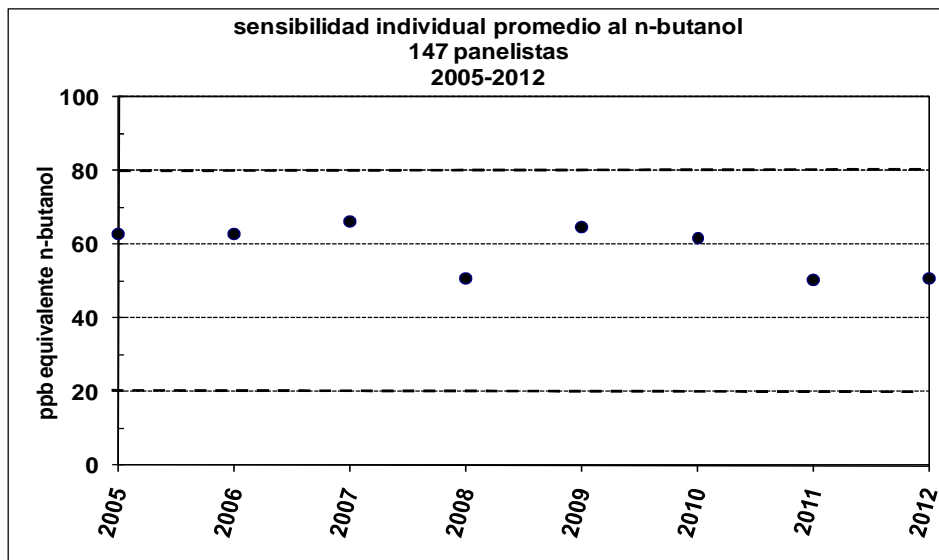
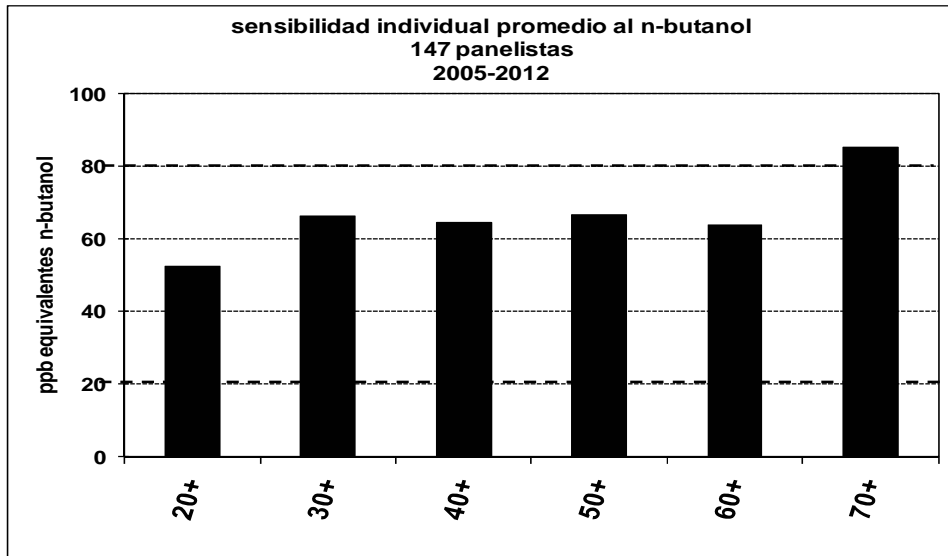


Figura 9. Estadísticas de las calibraciones olfativas-I



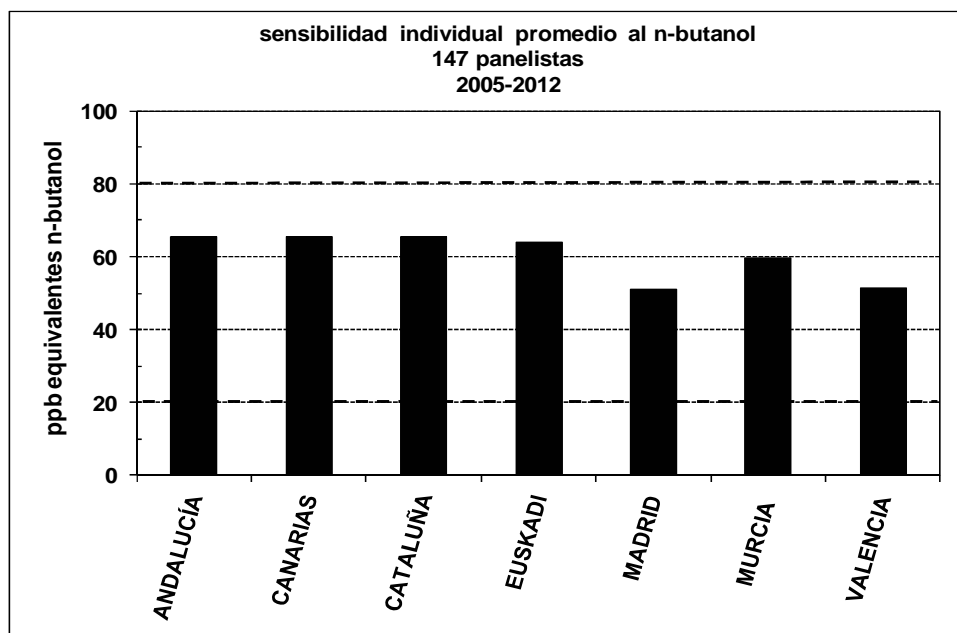
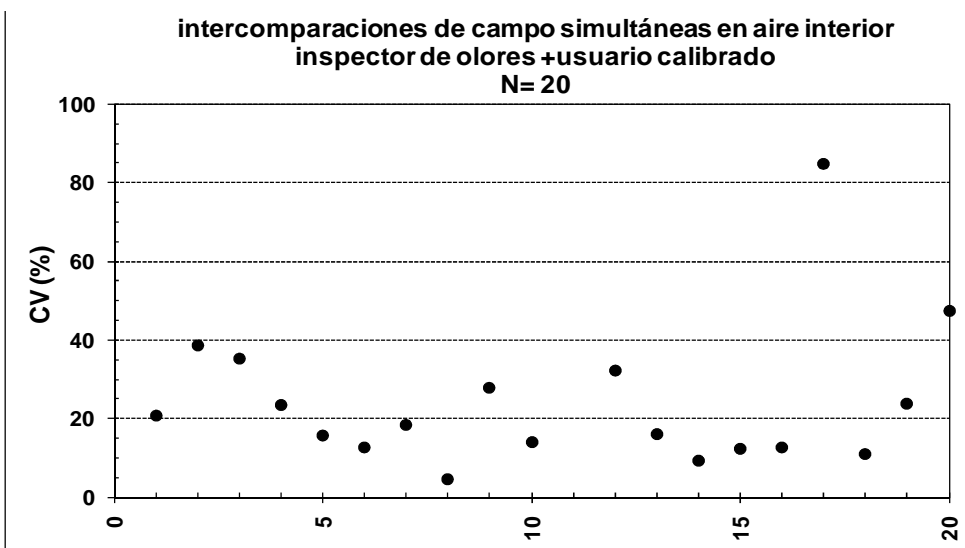
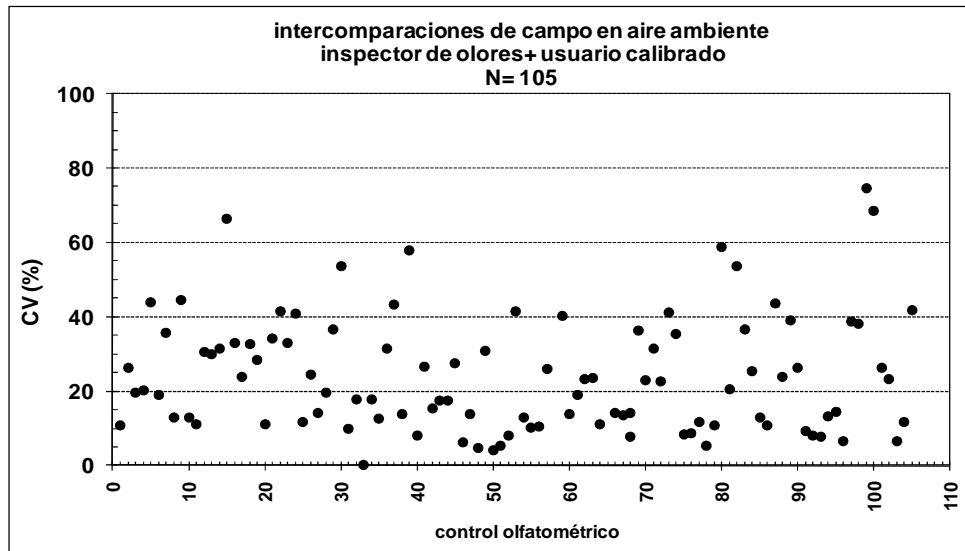


Figura 10. Estadísticas de las calibraciones olfativas-II

5.2 Intercomparaciones de campo (intercalibración)

En las gráficas siguientes se muestran los coeficientes de variación (CV) obtenidos en las intercomparaciones de campo para el período 2007-2012.



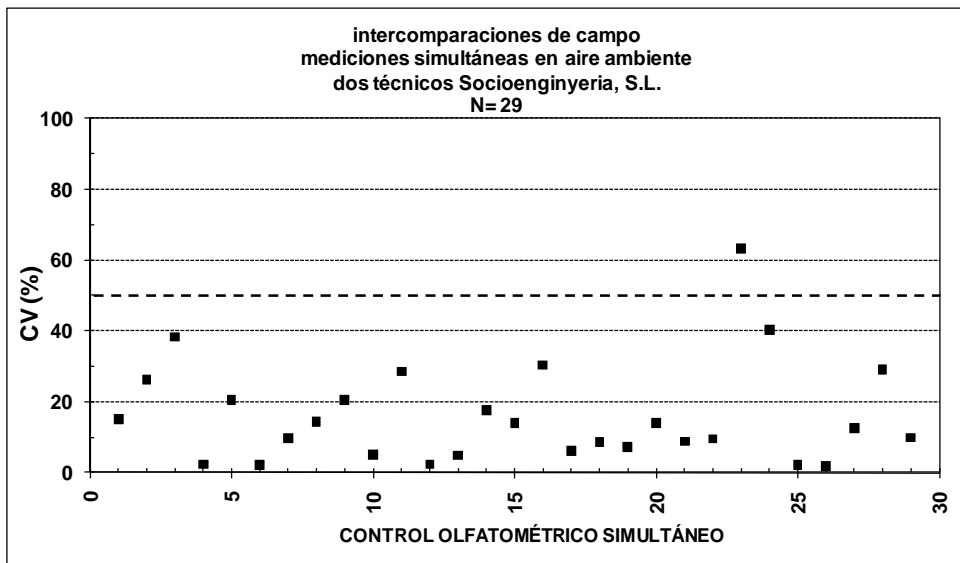


Figura 11. Estadísticas de las intercalibraciones de campo-I

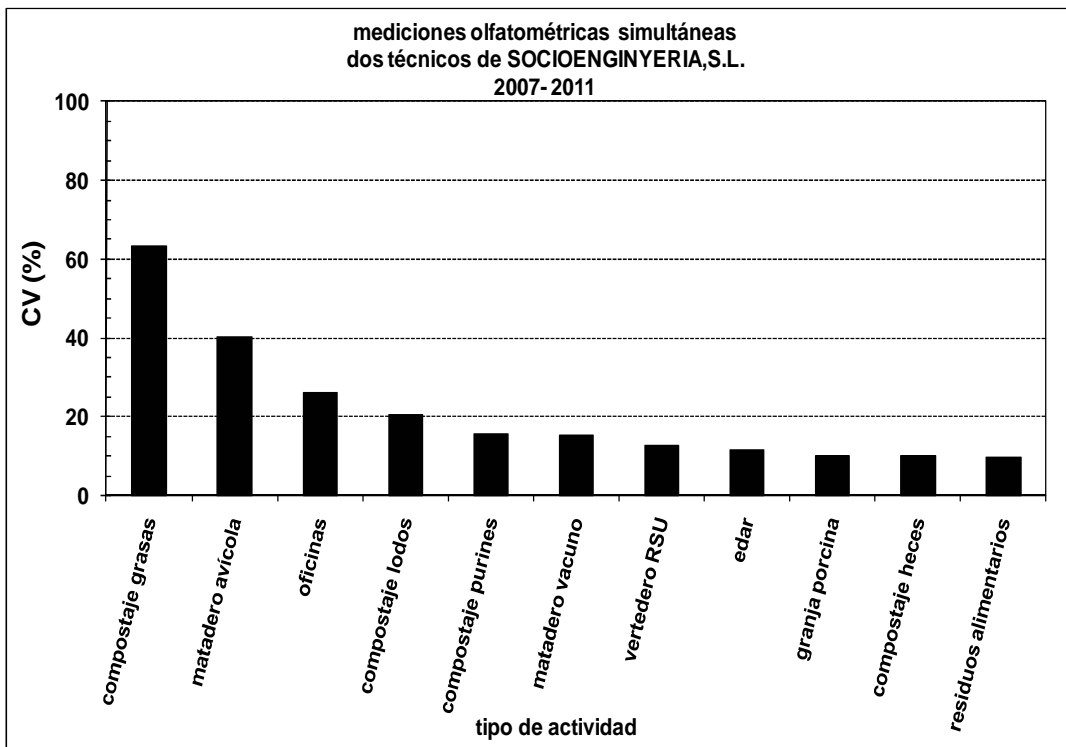


Figura 12. Estadísticas de las intercalibraciones de campo-II

6. Conclusiones

Dado que no existe ley de olores en España pero sí jurisprudencia al respecto, entendemos que con la olfatometría de campo, la metodología más avanzada del mundo en la medición de olores en inmisión, se obtiene el peso de la evidencia necesario para justificar numéricamente cualquier estudio, expediente, autorización, queja o inspección.

Además, los protocolos de campo utilizados permiten medir simultáneamente diferentes tipos de olores y asignarlos a sus fuentes respectivas con la ayuda del registro simultáneo de las condiciones meteorológicas en el emplazamiento (frecuencia de impacto desde la fuente de olor).

Los estudios de olores en inmisión mediante la olfatometría de campo son plenamente válidos técnica y científicamente y constituyen la Mejor Tecnología Disponible (MTD) que no implica un coste excesivo (BATNEEC) para:

- a) la evaluación del impacto odorífero real en el entorno de las actividades existentes
- b) la verificación de las quejas por malos olores en aire ambiente y en aire interior

Esta metodología permite distinguir cuantitativamente los conceptos: detección/molestia de olores, a diferencia de la UNE 13725.

En España, el parque de unidades del Nasal Ranger™ se reparte por las C.A. de Andalucía, Aragón, Baleares, Canarias, Cataluña, Euskadi, Madrid, Murcia y Valencia pero ya se aplica satisfactoriamente en 40 países y 42 estados USA. Hasta la fecha, Socioingeniería, S.L. ha emitido 91 certificaciones de olores para 64 clientes con 16 tipos de actividades distintas, en base a los estudios de impacto odorífero con la olfatometría de campo (www.malosolores.org).

7. Referencias

AENOR (2004). UNE-EN 13725. Calidad del aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica (2004).

Calzada, M., Campos, E. y D. Zarzo (2012). Investigación sobre la medida y caracterización de olor en estaciones depuradoras de aguas residuales. Protocolo de actuaciones. InfoEnviro Water 77, Septiembre 2012, pp 81-84.

Centro de Tecnologías Limpias (2008). Guía técnica para la gestión de las emisiones odoríferas generadas por las explotaciones ganaderas intensivas. UPV-Generalitat Valenciana, Paterna (Valencia).

Centro de Tecnologías Limpias (2010). Guía de tecnologías limpias en el ámbito de los olores. Xarxa Ambiental-Generalitat Valenciana ITENE, Paterna (Valencia).

Cid Montañés, J.F. (2002). Control ambiental y social de los olores en vertederos. MAPFRE Seguridad 88, pp 31-39.

Cid Montañés, J.F. y F. Mocholí (2008). Afectación socioambiental por olores en el compostaje en túneles de lodos EDAR. Tecnología del Agua 294, pp 75-79.

Cid Montañés, J.F., Jorba, R. y R. Tomàs, (2008). Effectiveness of field olfactometry and neighbour control to reduce odor annoyance from biosolids and municipal solid waste composting. Proceedings WFE/A&MA Odors and Air Emissions Conference Phoenix (Arizona), pp 331-344.

Cid Montañés, J.F. (2009). Inspección Técnica de Olores y afectación en el entorno de una actividad de producción de láminas asfálticas en San Pedro del Pinatar (Murcia). Informe PINATAR 1/2009 de SOCIOENGINYERIA, S.L, 113 pp.

Cid Montañés, J.F. (2012). Verificación de la existencia de malos olores en el entorno residencial de Asfaltos del Sureste, S.A. en San Pedro del Pinatar (Murcia). Informe SANPEDRODELPINATAR 1/2012, 20 pp.

Cid Montañés, J.F. (2012). Evaluación de la contaminación olfativa de la Planta de Tratamiento de Residuos Les Canyades en la zona norte de El Campello (Alicante). Informe CAMPE-OLFA 1/2012 de SOCIOENGINYERIA, S.L., 93 pp.

Cid Montañés, J.F. (2012). Investigación del origen de los malos olores y otros compuestos tóxicos en una vivienda de Valencia. Informe OLFA 1/2012 de SOCIOENGINYERIA, S.L., 26 pp.

Marqués, I. y N. Canut (2010). La gestión de los malos olores en las aplicaciones de deyecciones ganaderas. II Congreso Deyecciones Ganaderas-Sección 1. Ganadería y Medio Ambiente, pp 15-22.

Texas Commission on Environmental Quality (2007). Odor complaint investigation procedures.

Úbeda, Y. (2008). Jornada de aplicación de la ofatometría al control y solución de la problemática de los malos olores. UPV, Valencia.

Úbeda-Sánchez, Y., Cambra-López, M, Calvet, S. y A. Torres (2008). Malos olores en la producción porcina: técnicas de medición y control. Anaporc, pp 50-61.

Úbeda, Y., Ferrer, M., Sanchis, E., Calvet, S., Nicolás, J. y P.A. López (2010). Evaluation of odor impact from a landfill area and a waste treatment facility through the application of two approaches of a Gaussian dispersion model. International Congress on Environmental Modelling, Ottawa (Canadá), 10 pp.