

# Calidad de aire interior: compuestos orgánicos volátiles, olores y confort

*Indoor air quality: volatile organic compounds, odours and comfort.  
Qualité de l'air intérieur: composés organiques volatiles, odeurs et confort.*

## Redactores:

Eva Gallego Piñol  
*Doctora en Ciencias Ambientales*

Xavier Roca Mussons  
*Doctor en Ingeniería Industrial*

LABORATORI DEL CENTRE DE MEDI AMBIENT.  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (UPC).  
BARCELONATECH.

M<sup>a</sup> Gràcia Rosell Farràs  
*Ingeniero Técnico Químico*

Xavier Guardino Solà  
*Doctor en Ciencias Químicas*

Enrique Gadea Carrera  
*Licenciado en Ciencias Químicas*

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

*Esta Nota Técnica revisa las NTPs dedicadas a la calidad de aire en ambientes interiores. En ella se consideran las diferentes fuentes y tipos de contaminación por compuestos orgánicos volátiles en edificios y se presentan las metodologías para determinar los olores y el confort, y las bases para la evaluación de la calidad del aire interior.*

Vigencia	Actualizada por NTP	Observaciones
VÁLIDA		

## 1. INTRODUCCIÓN

La calidad de un aire interior (CAI) viene determinada por el nivel de contaminación existente en ese ambiente concreto, principalmente debido a la presencia de gases y vapores orgánicos e inorgánicos (compuestos orgánicos volátiles (COV), ozono, monóxido de carbono, formaldehído, radón, etc.), aerosoles respirables (polvo, fibras, humos, etc.) y bioaerosoles (microorganismos y subproductos). Aparte de estos aspectos, la determinación de la calidad de un aire interior también tiene en cuenta las condiciones termohigrométricas, las corrientes de aire y el ruido molesto en ese espacio.

Actualmente, las personas pasan entre el 80 y el 90% de su tiempo en ambientes interiores. La exposición a bajas concentraciones de las sustancias que se encuentran en estos ambientes, como por ejemplo los contaminantes químicos, puede provocar irritación, picor, quemazón, molestia (dolor de cabeza, mareos, fatiga, náuseas), así como producir efectos perjudiciales sobre la salud a largo plazo. Dentro de los contaminantes químicos, los COV son de especial relevancia, ya que entre 50 y 300 COV pueden estar presentes en ambientes interiores no industriales, siendo responsables en gran medida de los olores/malos olores percibidos por los ocupantes y de la sensación de desconfort. En la práctica, estos efectos pueden provocar una disminución del rendimiento laboral, y cuando los síntomas llegan a afectar a más del 20% de los ocupantes de un edificio, se habla del "Síndrome del Edificio Enfermo" (SEE) (Véase NTP 289, NTP 290 y NTP 380). El SEE es el nombre que se da al conjunto de síntomas diversos que presentan, predominantemente, los individuos en

estos edificios y que no van en general acompañados de ninguna lesión orgánica o signo físico. Las causas son difíciles de identificar dado que en muchos casos tienen un origen multifactorial. Las fuentes de COV en ambientes interiores son variadas, pudiendo destacar las emisiones de estos compuestos a partir de materiales de construcción/decoración, productos de limpieza, humo de tabaco y actividades internas o externas. (Tabla 1). Por otra parte, una ventilación inadecuada aumenta la sensación de desconfort. Por todo ello, la evaluación de la CAI y su control es un aspecto notable a tener en cuenta.

## 2. EFECTOS DE LOS COV SOBRE LA SALUD

Los COV han sido menos estudiados que otros contaminantes y la asociación de sus concentraciones en ambientes interiores con posibles efectos negativos sobre la salud humana son todavía limitadas. Los estudios realizados demuestran que gran parte de los COV presentes habitualmente en un aire interior son irritantes de membranas mucosas, ojos, piel, y parte de ellos son sospechosos o comprobados CMR (cancerígenos, mutagénicos y/o tóxicos de la reproducción). Así mismo, se debe tener en cuenta que bajas concentraciones de COV, las cuales generan reacciones adversas en segmentos de población diana (por ejemplo, asmáticos o personas afectadas por sensibilidad química múltiple), pueden ser toleradas por la población general.

Por otra parte, numerosos COV pueden estimular sensaciones olfativas, ocasionando molestia y desconfort en los individuos. Los olores pueden afectar el estado de

ánimo de las personas y suscitar efectos psicológicos y fisiológicos en el organismo. Para establecer la CAI de un edificio, por lo tanto, se tiene que tener en cuenta tanto la composición química del aire cómo su impacto odorífero en las personas que lo respiran. El aire respirado, a parte de no representar ningún peligro para la salud, ha de resultar fresco y agradable, aspectos directamente relacionados con la presencia/ausencia de olores en el ambiente interior y la ventilación del edificio.

Se puede evaluar la contaminación del aire interior mediante su comparación con los olores emitidos por una persona estándar (bioefluentes). Un olf se define como la contaminación emitida por un adulto medio que trabaja en una oficina o en un entorno no industrial similar, sedentario, que está en un ambiente de confort térmico, y que tiene un estándar higiénico equivalente a 0,7 baños/día. La concentración de los contaminantes en el aire interior, sin embargo, dependerá de la fuente de contaminación y de la dilución ocasionada por la ventilación. Se describe el decipol como la contaminación causada por una persona estándar (1 olf) con una tasa de ventilación de 10 l/s de aire no contaminado. 1 decipol = 0,1 olf/(l/s) (Véase NTP 358 y NTP 343).

Por otro lado, la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en ambientes interiores puede usarse, si no hay otras fuentes contaminantes distintas del ser humano, como marcador de la carga odorífera en el ambiente debida a la presencia de sus ocupantes. El CO<sub>2</sub> emitido por la respiración humana es un indicador de otros productos del metabolismo humano también emitidos al exhalar (alcoholes, aldehídos, aerosoles biológicos, agua, etc.). (Véase NTP 549).

### 3. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE COV EN EL AIRE INTERIOR

La CAI en un edificio es función de una serie de parámetros que incluyen la calidad del aire exterior, el diseño del sistema de ventilación, las condiciones de trabajo, las emisiones internas de compuestos contaminantes y el número de ocupantes. (Véase NTP 243).

El aire exterior que entra en el edificio a través del sistema de renovación de aire o por infiltración está muy influenciado por la situación del edificio respecto al entorno (zonas de tráfico intenso, garajes, vertederos, actividades agrícolas o industriales). En las últimas décadas, pero, la entrada de aire a través de filtraciones ha disminuido

considerablemente debido a las mejoras incorporadas en edificios para aumentar su aislamiento con el fin de reducir el consumo de energía y poder mantener temperaturas confortables.

Los sistemas de renovación de aire pueden ser también focos de emisión de COV y partículas, básicamente debido al crecimiento microbiano y de hongos en los filtros de los conductos de ventilación. La legionelosis es el ejemplo más conocido en este sentido (Véase NTP 538, NTP 691 y NTP 692).

Los materiales de construcción (pinturas, adhesivos, placas de techo, recubrimientos de suelos), muebles y decoración de un edificio pueden emitir COV. En función de las características físicas del material y del modo de aplicación, es posible diferenciar entre emisiones procedentes de productos húmedos (pinturas, disolventes, barnices, masillas, etc.), productos secos (madera, textiles, recubrimientos para suelos, etc.), materiales captadores (madera, papel, textiles) y productos de mantenimiento del edificio (materiales de conservación, productos de limpieza). (Véase NTP 521). Un porcentaje importante de las quejas, relacionadas con la baja calidad del aire interior y con los olores, están correlacionadas con nuevas edificaciones o con el uso de materiales de construcción debido a reformas. Generalmente, las concentraciones de COV vinculadas a los materiales de construcción disminuyen de forma relevante con el tiempo transcurrido desde la realización y/o reforma de los edificios.

Las actividades profesionales desarrolladas en los edificios, cómo por ejemplo en oficinas, también son una carga importante de COV al ambiente interior. Ordenadores, monitores, impresoras y fotocopiadoras son fuentes de estos compuestos.

### 4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE INTERIOR

Muchos problemas asociados a la CAI son multifactoriales, y la selección del procedimiento concreto a seguir dependerá del tipo de edificio a estudiar. La investigación se debe iniciar con una inspección inicial del edificio, seguida de la de las instalaciones del sistema de ventilación, calefacción y aire acondicionado (VCAA). Con la información inicial obtenida, se deberán plantear hipótesis sobre las causas de la baja CAI. Finalmente se efectuarán las mediciones, comprobaciones y correcciones oportunas. (Véase NTP 431).

Aire exterior	Materiales de construcción	Productos de consumo	Actividades
Industrias	Maderas	Pinturas, barnices y ceras	Humo de tabaco
Tráfico	Espumas	Plásticos	Climatización
Garajes adyacentes	Recubrimientos de paredes	Disolventes	Cocinar
Plantas de producción de energía	Recubrimientos de techos	Alfombras y moquetas	Limpiar
Refinerías	Recubrimientos de suelos	Fibras textiles	Manualidades
Incineradoras	Productos de sellado	Pesticidas	Actividades profesionales
Plantas de tratamiento de residuos	Papeles de pared y colas de empapelado	Repelentes de insectos	
	Masillas	Productos de limpieza	
		Cosméticos	
		Ambientadores	
		Antipollas	
		Muebles	

Tabla 1. Fuentes de COV más frecuentes en el aire interior de los edificios

**FORMULARIO DE OLORES-LABORATORI DEL CENTRE DE MEDI AMBIENT (UPC)**

MES CÓDIGO  
(a rellenar por la UPC)

Nombre y apellidos \_\_\_\_\_ Dirección \_\_\_\_\_ núm. \_\_\_ piso \_\_\_ pta. \_\_\_

DNI \_\_\_\_\_ Tel \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_ e-mail \_\_\_\_\_

HORAS	00:00 -		08:00		16:00		24:00																	
DÍA	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								
31																								

Figura 1. Formulario de olores/molestia

**Primera fase: inspección inicial del edificio y del sistema de ventilación**

Debe revisarse toda la información existente relacionada con el edificio: planos, modificaciones realizadas, sistema de VCAA, incidencias registradas por los usuarios del edificio, etc. La elaboración de un registro de episodios de olores y/o molestia puede ser una herramienta muy útil para poder acotar los períodos en los cuales suelen producirse. En la figura 1 se puede observar el formulario de olores utilizado por el Laboratori del Centre de Medi Ambient-UPC.

El formulario debe llenarse con valores numéricos del 1 al 5 dependiendo de la intensidad del olor percibido. En la figura 2, se incluyen las instrucciones para su cumplimentación que se entregarán junto con el formulario para el estudio de olores/molestia del edificio.

Posteriormente, debe hacerse una concienzuda revisión del sistema de VCAA para descartar posibles fallos de diseño, construcción, operación y/o mantenimiento, ya que este último puede causar emisiones de contaminantes desde el sistema, como por ejemplo, el crecimiento microbiano en los filtros que puede generar COV. Una primera inspección visual nos permitirá determinar la presencia de moho, humedades, filtraciones de agua, polvo y partículas en el sistema. Las tomas de entrada del aire fresco, las conducciones, los puntos de expulsión del aire de retorno, los *fan coils*, las torres de refrigeración y los filtros tienen que ser evaluados y determinar su estado de limpieza para asegurar que el aire exterior que alimenta el sistema no se contamina durante el proceso de distribución de éste a las salas a climatizar.

Hacer un registro de los diferentes productos químicos utilizados o que se han utilizado recientemente en el

**INSTRUCCIONES PARA EL RELLENADO DEL FORMULARIO DE OLOR**

Es imprescindible leer atentamente las instrucciones para rellenar el formulario correctamente.

La escala de valoración es de 1 a 5 con la correspondencia siguiente:

- 1: Ningún olor;
- 2: Intensidad ligera de olor;
- 3: Intensidad apreciable de olor;
- 4: Olor fuerte;
- 5: Olor muy fuerte.

Es aconsejable que tres veces al día (dentro de las tres franjas horarias: 0-8 horas, 8-16 horas y de 16 a 24 horas) utilicen la nariz, concientes de que su ayuda nos servirá para mejorar la calidad del aire de su edificio.

Por ejemplo, en el ámbito laboral:

Al llegar al lugar de trabajo, oler y preguntarse: ¿Noto olor? NO. ¿Qué día es? Hoy es día 5. ¿Qué hora es? Las 8:30 de la mañana. En este supuesto, marque un 1 en la casilla 5/08-09.

Al volver al trabajo al mediodía después de comer, plantéárselo otra vez. Si son las tres y media de la tarde y se percibe un olor muy fuerte, marcar un 5 en la casilla del día 5 de la franja horaria 15-16.

Si el episodio de olor se prolongara durante un tiempo considerable, puede anotar el rango de molestia del episodio en las casillas del formulario correspondientes a las horas que sean necesarias, desde que se empieza a percibir el olor hasta que deja de olerse.

Figura 2. Instrucciones para el rellenado de un formulario de olor

edificio (productos de limpieza, pesticidas y herbicidas, desinfectantes, productos químicos usados en actividades específicas) y de los focos de combustión existentes (cocinas, calefacciones, etc.), es un aspecto muy relevante a tener en cuenta.

Al finalizar la primera fase se debe disponer de suficiente información para establecer unas conclusiones iniciales y tomar acciones inmediatamente. En muchos casos, un diagnóstico adecuado permitirá una rápida y fácil solución del problema.

### Segunda fase: evaluación de la CAI

En caso de que las posibles soluciones no fueran evidentes, para confirmar o rechazar alguna de las hipótesis de trabajo emitidas se tendrán que evaluar una serie de parámetros indicadores de la CAI, cómo por ejemplo la temperatura, la humedad relativa, la velocidad y el caudal del aire y las concentraciones ambientales de CO<sub>2</sub> (Tabla 2). Las mediciones deben efectuarse a lo largo de toda la jornada laboral. En el caso de temperatura, humedad relativa y CO<sub>2</sub>, los medidores en continuo nos pueden ser muy útiles. El resto de parámetros es recomendable que se midan al inicio, a la mitad y al finalizar la jornada laboral. Estas mediciones aportan información sobre el buen funcionamiento del VCAA.

Se debe tener en cuenta que la temperatura idónea de confort va a depender del tipo de trabajo o actividad a desarrollar en el ambiente interior, así como de la vestimenta de cada individuo. Por otro lado, la sensación de incomodidad térmica puede ser producida por un calentamiento o enfriamiento no deseado de una parte del cuerpo. Las corrientes de aire, las superficies o suelos fríos o calientes y la diferencia en vertical de la temperatura del aire pueden causar este disconfort. Por ejemplo, una diferencia superior a 3°C entre la cabeza y los tobillos provocada por un suelo demasiado frío o demasiado caliente, va a producir insatisfacción a un porcentaje importante de los ocupantes de la sala (Véase NTP 779).

### Tercera fase: determinación de compuestos específicos y evaluación de olores

Con la primera inspección inicial y con la evaluación de la CAI, muchos problemas se pueden haber solucionado a partir de actuaciones concretas. En caso negativo, con-

vendrá confirmar alguna hipótesis realizando el análisis de COV específicos y la evaluación de los olores en el aire interior.

### Evaluación cualitativa y cuantitativa de los COV

Es recomendable dividir el proceso de muestreo en tres fases: una primera fase de toma de muestras durante 24 horas; una segunda fase de toma de muestras integrada durante períodos de episodios de olor/molestia; y finalmente, una tercera fase de toma de muestras en horario laboral, por ejemplo de 8 a 17 horas. Es imprescindible que el muestreo se realice simultáneamente tanto en las zonas afectadas, como en otras zonas del edificio no afectadas (zonas de control) y en el aire exterior. Con estos datos se podrán determinar diferencias cualitativas y cuantitativas entre los diferentes ambientes.

La primera fase de control de 24 horas nos permitirá determinar los COV presentes en las áreas de muestreo. La segunda fase de control nos va a permitir caracterizar el tipo de COV generadores de los episodios, así cómo sus concentraciones. El tipo de compuestos determinados dará una idea indicativa de sus posibles fuentes. Dependiendo del tipo de COV y su presencia en las diferentes zonas de muestreo se podrá determinar si su origen proviene del interior del edificio (materiales de construcción, actividades desarrolladas dentro del edificio) o bien del aire exterior (plantas de generación de energía, actividades industriales y de servicios). Así mismo, el cálculo de la relación Interior/Exterior de las concentraciones de COV obtenidas (I/O ratio en inglés) es una herramienta muy útil para poder determinar el origen de los compuestos. Elevados I/O ratios nos indicarán una fuente interior de los compuestos.

Los COV más abundantes en ambientes interiores públicos y privados son tolueno, benceno, etilbenceno, *m+p*-xilenos, 1,2,4-trimetilbenceno, 1,3,5-trimetilbenceno, limoneno,  $\alpha$ -pineno, *p*-diclorobenceno, tricloroetileno, tetracloroetileno, decano, cloroformo, hexanal, nonanal, acetona y 2-butoxietanol. En el caso que los COV encontrados no sean los esperados y más comunes en ambientes interiores, es recomendable hacer una revisión exhaustiva de las actividades desarrolladas en el entorno del edificio afectado para detectar los posibles focos de emisión de los COV encontrados en el aire interior evaluado.

Parámetro	Intervalo recomendable	
Temperatura	20-26 °C	
Humedad relativa	30-60%; >50% si se puede generar electricidad estática	
Velocidad del aire	En bocas de salida	En el lugar de trabajo
	1,5 a 2,5 m/s: estudios de radiodifusión 2,5 a 4 m/s: apartamentos, viviendas 5 a 7 m/s: oficinas públicas, restaurantes 5 a 10 m/s: fábricas	0,25 m/s trabajos en ambientes no calurosos 0,50 m/s trabajos sedentarios en ambientes calurosos 0,75 m/s trabajos no sedentarios en ambientes calurosos
Caudal del aire	20-50 m <sup>3</sup> aire exterior/hora/persona	
Dióxido de carbono	≤ 400 ppm, CAI alta; IDA 1 400-600 ppm, CAI media; IDA 2 600-1000 ppm, CAI moderada; IDA 3 > 1000 ppm, CAI baja; IDA 4	

Tabla 2. Parámetros indicadores de la CAI.

Los métodos de muestreo y análisis de COV disponibles son variados. En el caso que nos ocupa, debido a las necesidades de captación de volúmenes pequeños en periodos de episodios de olor/molestia, es recomendable utilizar un método de captación activo con tubos adsorbentes. La desorción de los compuestos retenidos puede realizarse con disolventes o bien por temperatura. Este último método (desorción térmica) es muy recomendable, por la escasa manipulación de la muestra y por su elevada sensibilidad. La técnica analítica de la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas es la más adecuada para la separación y detección de COV, ya que se necesita obtener un listado de todos los compuestos detectados cualitativamente en los ambientes estudiados.

No hay un método estandarizado para determinar la concentración total de COV (TCOV) en un ambiente interior. Sin embargo, la Comisión Europea y el estándar internacional ISO 16000-6 presentan dos metodologías a seguir. En la tabla 3 se presentan los COV que la Comisión Europea recomienda cuantificar como mínimo para la evaluación del TCOV. Por otra parte, la norma ISO 16000-6 no incluye en su evaluación del TCOV los COV más volátiles (0°C < Punto de ebullición <50°C). En último lugar, es recomendable cuantificar individualmente, aparte de los compuestos mencionados en la tabla 3, todos los COV que presenten características tóxicas, irritantes y/o umbrales de olor muy bajos. El resto de los compuestos detectados deben cuantificarse con el factor de respuesta del tolueno. Para valorar el efecto sensorial de las concentraciones de TCOV obtenidas suelen utilizarse los valores indicativos presentados en la tabla 4.

El formaldehído, debido a sus características concretas, necesita sistemas de captación y análisis específicos. Existen diferentes procedimientos para la determinación de la presencia de formaldehído en aire interior. Uno de los métodos más usados es el de la captación activa en tubos de sílica gel impregnados con 2,4-dinitrofenilhidracina y

Rango TCOV	Rango de exposición	Efectos esperados
<0,2 mg/m <sup>3</sup>	Confort	No disminuye el confort
0,2–3 mg/m <sup>3</sup>	Multi-factorial	Irritación; Olores; Posible disconfort
3-25 mg/m <sup>3</sup>	Disconfort	Alto disconfort; Olores; Dolor de cabeza
25 mg/m <sup>3</sup>	Tóxico	Posibles efectos neurotóxicos; Peligrosidad para la salud

Tabla 4. Efectos sensoriales de los rangos de TCOV.

posterior análisis por cromatografía líquida de alta resolución utilizando un detector ultravioleta. (Véase NTP 466).

#### Evaluación de olores

La carga odorífera en un ambiente puede determinarse a través del umbral de olor de los COV determinados cuantitativamente. La división de la concentración de un compuesto concreto por su umbral de olor mostrará las unidades de olor (UO), es decir, las veces que ese compuesto supera su umbral de olor. Adicionando todas las unidades de olor del aire interior estudiado se obtendrá la carga odorífera del medio. No todos los compuestos químicos tienen publicado su umbral de olor, en cuyo caso, no se podrá determinar la contribución odorífera del compuesto al total de las UO.

El cálculo de las unidades de olor se llevará a cabo según:

$$UO = \frac{\text{Concentración compuesto } i}{\text{Umbral de olor compuesto } i}$$

<p><b>HIDROCARBUROS AROMÁTICOS</b></p> <p>Benceno</p> <p>Tolueno</p> <p>Etilbenceno</p> <p><i>m+p</i>-xilenos</p> <p><i>o</i>-xileno</p> <p><i>n</i>-propilbenceno</p> <p>1,2,4-trimetilbenceno</p> <p>1,3,5-trimetilbenceno</p> <p>2-etiltolueno</p> <p>Estireno</p> <p>Naftaleno</p> <p>4-fenilciclohexano</p> <p><b>ÉSTERES</b></p> <p>Acetato de etilo</p> <p>Acetato de butilo</p> <p>Acetato de isopropilo</p> <p>2-Etoxietilacetato</p> <p>Texanolisobutirato (TXIB)</p>	<p><b>HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS</b></p> <p><i>n</i>-hexano</p> <p><i>n</i>-heptano</p> <p><i>n</i>-octano</p> <p><i>n</i>-nonano</p> <p><i>n</i>-decano</p> <p><i>n</i>-undecano</p> <p><i>n</i>-dodecano</p> <p><i>n</i>-tridecano</p> <p><i>n</i>-tetradecano</p> <p><i>n</i>-pentadecano</p> <p><i>n</i>-hexadecano</p> <p>2-metilpentano</p> <p>3-metilpentano</p> <p>1-octeno</p> <p>1-deceno</p> <p><b>OTROS</b></p> <p>2-pentilfurano</p> <p>Tetrahidrofurano</p>	<p><b>CICLOALCANOS</b></p> <p>Metilciclopentano</p> <p>Ciclohexano</p> <p>Metilciclohexano</p> <p><b>ALCOHOLES</b></p> <p>2-propanol</p> <p>1-butanol</p> <p>2-etil-1-hexanol</p> <p><b>GLICOLAS/GLICOLÉTERES</b></p> <p>2-metoxietanol</p> <p>2-etoxietanol</p> <p>2-butoxietanol</p> <p>1-metoxi-2-propanol</p> <p>2-butoxi-etoxietanol</p> <p><b>HALOCARBONOS</b></p> <p>Tricloroetileno</p> <p>Tetracloroetileno</p> <p>1,1,1-tricloroetano</p> <p>1,4-diclorobenceno</p>	<p><b>TERPENOS</b></p> <p>3-careno</p> <p><math>\alpha</math>-pineno</p> <p><math>\beta</math>-pineno</p> <p>Limoneno</p> <p><b>ALDEHÍDOS</b></p> <p>Butanal</p> <p>Pentanal</p> <p>Hexanal</p> <p>Nonanal</p> <p>Benzaldehído</p> <p><b>CETONAS</b></p> <p>Metiletilcetona</p> <p>Metilisobutilcetona</p> <p>Ciclohexanona</p> <p>Acetofenona</p> <p><b>ÁCIDOS</b></p> <p>Ácido hexanoico</p>
---	---	---	--

Tabla 3. Numero mínimo de compuestos a cuantificar para un análisis de TCOV según la Comisión Europea.

## 5. SOLUCIONES PARA MEJORAR LA CAI. APLICACIÓN DE MEDIDAS CORRECTORAS

En caso de que las concentraciones de COV no pudieran reducirse a valores de confort debido a la presencia de fuentes importantes de contaminación dentro o cerca del edificio, varias metodologías podrían aplicarse para purificar el aire interior y mejorar su calidad. Los métodos más utilizados son la filtración de la fase particulada

del aire, la adsorción de COV, la oxidación fotocatalítica del aire, ionización negativa del aire y el uso de plasma no térmico.

La filtración de la parte particulada y la adsorción de los COV presentes en el aire son metodologías tradicionales de mejora de la CAI. Otras metodologías aún se encuentran en estadios muy primarios, siendo necesarios estudios de evaluación de potencial generación de subproductos tóxicos (formaldehído, ozono, etc.).

## BIBLIOGRAFÍA

AENOR

**Norma Española UNE-EN ISO 7730, Octubre 2006. Ergonomía del ambiente térmico.**

AENOR

**Norma Española UNE-EN 13779, Mayo 2008. Ventilación en edificios no residenciales.**

AMERICAN SOCIETY OF HEATING

**Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. ANSI/ASHRAE Standard 62.1.2007.**

*Atlanta, 2007. 48 p.*

EUROPEAN COMMISSION

**Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations. European Collaborative Action. Indoor air quality and its impact on man (Report No. 19).**

*Luxembourg: Office for Official Publication of the European Communities, 1997. 48 p.*

GALLEGO, E., ROCA, F.J., PERALES, J.F., GUARDINO, X.

**Determining indoor air quality and identifying the origin of odour episodes in indoor environments.**

*Journal of Environmental Sciences, 2009, n°21, p. 333-339.*

GALLEGO, E., ROCA, F.J., PERALES, J.F., GUARDINO, X.

**Assessment of chemical hazards in sick building syndrome situations. Determination of concentrations and origin of VOCs in indoor air environments by dynamic sampling and TD-GC/MS analysis. In: Sick Building Syndrome in Public Buildings and Workplaces.**

*Heidelberg: Springer, 2011, p. 289-334.*

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT).

**Calidad de Aire Interior. 2ª Edición.**

*INSHT, Barcelona, 2008. 214 p.*

ISO 16000-6.

**Indoor air. Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID.**

RIBES, A., CARRERA, G., ROCA, F.J., GALLEGO, E., BERENQUER, M.J., GUARDINO, X.

**Development and validation of a method for air quality and nuisance odors monitoring of volatile organic compounds using multisorbent adsorption and GC/MS thermal desorption system.**

*Journal of Chromatography A, 2007, n°1140, p. 44-55.*

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO).

**Air Quality Guidelines for Europe.**

*Second Edition. WHO Regional Publications. European Series, N° 91. Copenhagen, 2000.*