

MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS



DETERMINACIÓN DE HIDROCARBUROS CLORADOS EN AIRE. MÉTODO DE ADSORCIÓN EN CARBÓN ACTIVO / CROMATOGRAFÍA DE GASES

MTA / MA – 045/A00



MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ASUNTOS SOCIALES



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Organismos participantes en el Programa Nacional de Normalización de Métodos de Toma de Muestra y Análisis:

- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
 - Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - Barcelona
 - Centro Nacional de Medios de Protección - Sevilla
 - Centro Nacional de Nuevas Tecnologías - Madrid
 - Centro Nacional de Verificación de Maquinaria - Vizcaya
- Gabinete de Seguridad e Higiene de Zaragoza - CA Aragón
- Instituto de Seguridad y Salud Laboral de la Región de Murcia - CA Murcia
- Centro de Seguridad y Salud en el Trabajo
- Instituto Asturiano de Prevención de Riesgos Laborales - CA Asturias

Coordinación:

Centro Nacional de Verificación de Maquinaria - Vizcaya

Edita:

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
C/ Torrelaguna, 73 - 28027 MADRID

ISBN: 84-7425-594-5
Dep. Legal: M-44901-2001
NIPO: 211-01-012-9

PRESENTACIÓN

Los hidrocarburos clorados son compuestos ampliamente utilizados en la industria como disolventes. Resulta de interés, por tanto, disponer de un método general ensayado y validado para la determinación de un buen número de hidrocarburos clorados presentes en el aire ambiente de trabajo, con el fin de poder evaluar la exposición laboral a los mismos.

El método “Determinación de hidrocarburos clorados en aire - Método de adsorción en carbón activo / Cromatografía de gases” es un MÉTODO ACEPTADO por el INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). Como MÉTODO ACEPTADO se entiende un método utilizado en el INSHT y que ha sido sometido a un protocolo de validación por organizaciones competentes en el área de la normalización de métodos analíticos, o bien ha sido adoptado como método recomendado por asociaciones profesionales dedicadas al estudio y evaluación de riesgos por agentes químicos, así como aquellos métodos recomendados por la UE o basados en métodos ampliamente conocidos y evaluados por especialistas en este tipo de análisis.



**DETERMINACIÓN DE HIDROCARBUROS CLORADOS EN AIRE.
MÉTODO DE ADSORCIÓN EN CARBÓN ACTIVO /
CROMATOGRAFÍA DE GASES.**

Palabras clave: hidrocarburos clorados, cromatografía de gases.

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Se describen en este método el procedimiento a seguir y el equipo necesario para la captación, en tubo de carbón activo y análisis por cromatografía de gases, de vapores en aire de hidrocarburos clorados, presentes en ambientes laborales en un intervalo de concentración global de 3 mg/m³ a 3600 mg/m³, que representa, para los hidrocarburos clorados incluidos en este método, un intervalo de 0,1 a 2 veces sus valores límite (10.7-10.10).

Este procedimiento de análisis también puede ser útil en intervalos de concentración diferentes a los anteriores. En cualquier caso, el límite superior del intervalo útil depende de la capacidad de adsorción del carbón utilizado, que se establece en función del volumen de ruptura (véase apartado 2 y tabla 1 del anexo A), el cual no debe excederse durante el muestreo.

El límite inferior del intervalo útil depende de una serie de factores tales como: nivel de ruido del detector, blancos de la muestra y reactivos, eficacia de desorción y las interferencias en el análisis cromatográfico.

Este método de análisis se ha desarrollado para determinar concentraciones medias ponderadas en el tiempo de vapores de hidrocarburos clorados en aire, mediante la utilización de equipos de muestreo de bajo caudal, tanto para tomas de muestras personales como en lugares fijos. No puede ser utilizado para medir concentraciones instantáneas o fluctuaciones de concentración en períodos cortos de tiempo.

Puede por tanto ser utilizado con el objeto de realizar mediciones para comparar con los valores límite y mediciones periódicas (4.5 y 4.6 de UNE EN 482) (10.1). También podría utilizarse para realizar mediciones para la evaluación aproximada de la concentración media ponderada en el tiempo (4.2 de UNE EN 482), aunque los requisitos para estas mediciones son muy inferiores, en cuanto al grado de exigencia, a los que proporciona este método.

Se considera interferencia cualquier otro compuesto orgánico que presente el mismo o próximo tiempo de retención que el compuesto a analizar, en las condiciones de operación descritas en este método. Estas interferencias pueden minimizarse seleccionando las condiciones y columnas adecuadas.

2. DEFINICIÓN

El volumen de ruptura del tubo de carbón activo es el volumen de aire contaminado que puede pasarse a través de la primera sección del tubo, antes de que la concentración de contaminante en el aire eluyente alcance el 5% de la concentración de entrada.

3. FUNDAMENTO DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar una cantidad conocida de aire a través de un tubo lleno de carbón activo, mediante una bomba de muestreo personal, quedando los vapores orgánicos adsorbidos sobre el carbón. Posteriormente se desorben con sulfuro de carbono y se analiza la disolución resultante en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

Se obtienen las áreas de los picos de los analitos de interés y del patrón interno, determinando la cantidad presente en la muestra.

A partir de la masa de los analitos presentes en la muestra se obtienen las concentraciones ambientales.

4. REACTIVOS Y PRODUCTOS

4.1. Gases

4.1.1. Nitrógeno purificado

4.1.2. Hidrógeno purificado

4.1.3. Aire sintético puro**4.1.4. Helio****4.2. Reactivos**

Todos los reactivos deben ser de calidad analítica.

4.2.1. Hidrocarburos clorados de calidad cromatográfica

4.2.2. Sulfuro de carbono, debe estar exento de compuestos que coeluyan con los analitos de interés.

NOTA: SUSTANCIA MUY INFLAMABLE Y MUY TOXICA. Frases (R) 12-26. Frases (S) 27-29-33-43-45. Real Decreto 363/1995 (10.1.).

4.2.3. N-Propilbenceno (patrón interno)

NOTA: SUSTANCIA IRRITANTE. Frases (R) 10-37. Real Decreto 363/1995 (10.1.).

4.3. Disoluciones

4.3.1. Disoluciones desorbentes de sulfuro de carbono conteniendo el patrón interno en concentraciones de 0,1 o 1 μ l/ml.

4.3.2. Disolución patrón para la calibración a un nivel de concentración. Se prepara añadiendo, mediante microjeringas de precisión, una cantidad determinada de cada analito a un volumen de disolución desorbente (4.3.1.), a fin de obtener una disolución patrón en concentración similar a la muestra a analizar. Dicha concentración se debe expresar en términos de mg/ml de disolución desorbente.

4.3.3. Disolución patrón para la calibración multinivel. Se preparan cinco disoluciones añadiendo mediante microjeringas de precisión diferentes cantidades de cada analito a un volumen de disolución desorbente (4.3.1.) a fin de obtener disoluciones patrón de concentraciones que cubran el intervalo de aplicación del método. Dichas concentraciones se deben expresar en términos de mg/ml de disolución desorbente.

5. APARATOS Y MATERIAL**5.1. Aparatos y material para la toma de muestra**

5.1.1. Bomba de muestreo. Se requiere una bomba de muestreo portátil capaz de mantener un funcionamiento continuo durante todo el tiempo de muestreo. El caudal de la bomba ha de mantenerse constante dentro de un intervalo $\pm 5\%$ (UNE EN 1232) (10.3.).

Para conectar la bomba y el tubo de carbón (o el soporte del tubo) se utilizará un tubo de goma o plástico de longitud y diámetro adecuados, a fin de evitar estrangulamientos y fugas en las conexiones.

Para la calibración de la bomba se utilizará preferentemente un medidor de burbuja de jabón.

5.1.2. Tubos de muestreo. Se utilizarán tubos de vidrio con los dos extremos cerrados a la llama, de 7 cm de longitud, 6 mm de diámetro externo y 4 mm de diámetro interno, conteniendo dos secciones de carbón activo separadas por una porción de espuma de poliuretano de 2 mm. La primera sección contiene 100 mg carbón activo 20/40 mallas y la segunda, 50 mg. Entre el extremo de salida del tubo y la segunda sección se coloca una porción de 3 mm de espuma de poliuretano. Delante de la primera sección se coloca un tapón de lana de vidrio silanizada.

Los tubos deberán disponer de tapones de polietileno que ajusten bien, para prevenir fugas durante el transporte y almacenamiento de las muestras.

Se dispondrá de algún elemento de sujeción a fin de mantener el tubo de muestreo en posición vertical en la zona de respiración del trabajador.

5.2. Aparatos y material para el análisis

5.2.1. Tubos con tapón roscado de 2 ml de capacidad o mayores, con junta de politetrafluoroetileno.

5.2.2. Cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama

5.2.3. Columna cromatográfica de sílice fundida de 25 m de longitud y 0,2 mm de diámetro interno de FFAP, o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

5.2.4. Integrador electrónico u otro método equivalente para la medida de las áreas de los picos.

6. TOMA DE MUESTRA

6.1. Calibrar la bomba portátil conectada a un tubo de muestreo (5.1.2.) en condiciones representativas de la toma de muestra, utilizando un medidor primario de caudal externo.

6.2. Romper los dos extremos del tubo de carbón justo antes de comenzar el muestreo. Conectar la bomba al tubo de muestreo con un tubo de goma o plástico de tal forma que la sección menor del tubo (segunda sección) sea la más próxima a la bomba. Evitar toda conexión anterior a la entrada del tubo de carbón a fin de evitar posibles adsorciones de contaminantes en la misma, que conlleven a errores en las determinaciones.

6.3. Colocar verticalmente el tubo de muestreo en la zona de respiración del trabajador (por ejemplo, sujeto a la solapa). La bomba de muestreo se sujetará en el cinturón del trabajador o en su bolsillo. En el caso de muestras estáticas debe elegirse un lugar de muestreo adecuado.

6.4. Poner en marcha la bomba y controlar la duración del muestreo. El volumen máximo a muestrear depende de muchos factores que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar la toma de muestra.

6.5. Los volúmenes máximos a muestrear vienen establecidos por los volúmenes de ruptura obtenidos en condiciones similares a las reales (véase tabla 1 del anexo A). Los volúmenes de ruptura varían con la naturaleza y concentración de cada analito y de otros contaminantes presentes en la atmósfera a muestrear incluyendo el vapor de agua. También dependen de la temperatura y el caudal. Un incremento de cualquiera de estos parámetros causará una disminución de los volúmenes de ruptura.

6.6. En el caso de un único hidrocarburo clorado presente en la atmósfera a muestrear, el caudal y el volumen máximo de toma de muestra vienen establecidos por el volumen de ruptura (véase tabla 1(A) del anexo A) que se establece en condiciones similares a las reales, pero depende de muchos factores tales como temperatura, concentración del analito etc, que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar las tomas de muestra.

6.7. En el caso de mezclas de hidrocarburos clorados, es difícil dar un criterio general ya que la eficacia del muestreo depende de la composición de la mezcla. Para las mezclas estudiadas (tabla 1(B) del anexo A) pueden tomarse como referencia los valores de la tabla en el mismo sentido indicado para un único contaminante.

6.8. El caudal se debe fijar en función del tiempo de muestreo disponible según las condiciones del lugar de trabajo a evaluar (UNE EN 689) (10.6.) y del volumen máximo de muestreo. El caudal no será en ningún caso superior a 0,300 l/min. El tiempo máximo de muestreo nunca excederá el tiempo de referencia de los correspondientes valores límite (UNE EN 482), especialmente para valores límite de corta duración cuando esta norma se utilice para las mediciones indicadas en el capítulo 1.

6.9. Anotar y registrar los tiempos, temperatura, humedad, caudal y presión barométrica antes y después de la toma de muestra.

6.10. Finalizado el muestreo, desconectar la bomba, retirar los tubos de muestreo y cerrar ambos extremos con los tapones de polietileno. Etiquetar convenientemente cada tubo.

6.11. Con cada lote de muestra debe prepararse un blanco de muestra, utilizando tubos idénticos a los usados para el muestreo y sometidos a las mismas manipulaciones, excepto que no se ha pasado aire a su través.

6.12. Las muestras deben almacenarse refrigeradas y analizarse dentro de los siete días siguientes a su captación.

7. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

7.1. Preparación de muestras y blancos

Añadir 1 ml de la disolución desorbente (4.3.1.) a un tubo roscado y cerrarlo inmediatamente. Hacer una muesca en el tubo de carbón enfrente de la primera sección y romper el tubo. Se saca y se desecha la lana de vidrio. Añadir la primera sección de carbón activo al tubo con la disolución desorbente y volver a cerrar. Agitar el tubo ocasionalmente durante un periodo de 30 minutos para asegurarse de que la desorción sea máxima. Repetir el mismo procedimiento para la segunda sección de carbón utilizando otro tubo roscado.

7.2. Calibración

7.2.1. Calibración a un nivel de concentración. La disolución patrón se prepara por triplicado según el apartado 4.3.2 analizándose en las mismas condiciones que las muestras, con el fin de obtener una respuesta media del analito (8.2.1.1.).

7.2.2. Calibración multinivel. Cada una de las cinco disoluciones patrón preparadas según el apartado 4.3.3. se analizan en las mismas condiciones que las muestras. La curva de calibración se construye representando en una gráfica las concentraciones de los compuestos de interés en mg/ml de disolución, frente al área del pico del analito.

7.3. Análisis cromatográfico

7.3.1. Condiciones cromatográficas. Las condiciones típicas de trabajo para el cromatógrafo de gases equipado según se indica en los apartados 5.2.2. y 5.2.3. son las siguientes:

- Temperatura del inyector 230 °C
- Temperatura del horno 60 °C
- Temperatura del detector 250 °C
- Gas portador: helio división flujo 1/70

7.3.2. Inyectar una alícuota de 1 a 3 μ l tanto de las disoluciones resultantes de las desorciones del tubo de carbón (7.1.) como de las disoluciones patrón en el cromatógrafo de gases. Determinar el área del pico del analito de interés.

7.4. Determinación de la eficacia de desorción

La eficacia de desorción de los hidrocarburos clorados puede variar con el tipo y lote de carbón usado, siendo necesario calcularla para cada lote de carbón sobre el intervalo de aplicación del método.

Para calcular dicha eficacia de desorción, se inyectan diferentes cantidades del analito de interés en al menos tres tubos conteniendo 100 mg de carbón (primera sección del tubo de muestreo) para cubrir el intervalo de aplicación del método. Una vez adicionados los contaminantes a los tubos de carbón, se guardan a 4 °C duran-

te toda la noche para asegurar la completa adsorción. Estos tubos se tratan como muestras. Paralelamente debe prepararse un tubo blanco por cada concentración, de la misma manera que las muestras, excepto que no se ha añadido contaminante.

Asimismo, se preparan dos o tres patrones inyectando el mismo volumen de contaminante en 1 ml de disolución desorbente con la misma microjeringa utilizada en la preparación de las muestras.

Tanto los tubos blancos como los de muestra se desorben con 1 ml de disolución desorbente de la forma descrita en el apartado 7.1. analizándose dichas disoluciones así como las disoluciones patrón de la misma manera que se ha descrito en el apartado 7.3.

8. CÁLCULOS

8.1. Cálculo de la eficacia de desorción

La eficacia de desorción (ED) se calcula en basándose los resultados obtenidos en el apartado 7.4., mediante la siguiente expresión:

$$ED = \frac{m_i - m_b}{m}$$

donde:

- m_i es la cantidad promedio (mg) de analito recuperada en la primera sección del tubo de carbón (tubo tratado como muestra).
- m es la cantidad promedio (mg) de analito añadida al patrón.
- m_b es la cantidad de analito (mg) encontrada en el blanco.

Se recomienda calcular dicho valor en cada laboratorio, no utilizándose aquellos tubos cuya eficacia de desorción sea inferior a 75% (ED = 0,75).

8.2. Determinación de la concentración de analito presente en la disolución de desorción

8.2.1. Calibración a un nivel de concentración

8.2.1.1. Determinación del factor de respuesta. Se calcula el factor de respuesta del analito y del patrón interno con los datos obtenidos en el apartado 7.2.1. mediante la expresión:

$$\bar{F}_R = \frac{m}{A}$$

donde:

- m es la cantidad de analito o patrón interno en las disoluciones patrón.
- A es el área promedio correspondiente al pico de analito o patrón interno en las disoluciones patrón.

8.2.1.2. Determinación del factor de respuesta relativo. Se calcula utilizando la expresión:

$$f_i = \frac{\bar{F}_R \text{ analito}}{\bar{F}_R \text{ patrón interno}}$$

8.2.1.3. La concentración en miligramos por mililitro del analito en las disoluciones de desorción de cada sección del tubo de muestreo se determina según la expresión:

$$c_i = \frac{A_i c_0 f_i}{A_0}$$

- donde:
- c_i es la concentración de analito en mg/ml de disolución.
 - c_0 es la concentración del patrón interno en mg/ml de disolución.
 - A_i es el área correspondiente al pico de analito en la muestra.
 - A_0 es el área correspondiente al pico de patrón interno en la muestra.
 - f_i es el factor de respuesta relativo.

8.2.2. Calibración multinivel. Leer la concentración en miligramos por mililitro correspondiente a cada sección del tubo de muestreo en la curva de calibración (véase 7.2.2.).

8.3. Determinación de la cantidad de analito presente en la muestra

Una vez determinada la concentración de analito en la disolución de desorción, se calcula la cantidad en mg de compuesto en el tubo de muestreo mediante la siguiente expresión:

$$m_s = \frac{c_f + c_p - c_b}{ED} V_d$$

donde:

- m_s es la cantidad de analito presente en la muestra en mg.
- c_f es la concentración de analito en mg/ml en la sección frontal del tubo de muestreo.
- c_p es la concentración de analito en mg/ml en la sección posterior del tubo de muestreo.
- c_b es la concentración de analito en mg/ml en las dos secciones del blanco.
- ED es la eficacia de desorción.
- V_d es el volumen de disolución desorbente en ml.

8.4. Determinación de la concentración de analito en el aire

Se calcula la concentración de analito en el aire muestreado, en miligramos por metro cúbico, por medio de la siguiente ecuación:

$$C_{\text{aire}} = \frac{m_s}{V}$$

donde:

C_{aire} es la concentración de analito en el aire muestreado en mg/m³.

m_s es la cantidad total de analito presente en la muestra en mg.

V es el volumen de aire muestreado en m³.

La concentración de analito en aire, expresada en mililitros por metro cúbico (ppm), se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$C_{\text{ppm}} = C_{\text{aire}} \cdot \frac{24,0}{M} \cdot \frac{101,3}{P} \cdot \frac{t + 273,15}{293,15}$$

donde:

P es la presión del aire muestreado en KPa (103 N/m²).

t es la temperatura del aire muestreado en °C.

M es el peso molecular del analito en g/mol.

9. PRECISIÓN

El coeficiente de variación del método, calculado a partir de los datos intralaboratorio(10.7-10.10) de muestras captadas en atmósferas de concentraciones conocidas, es inferior a 5% en todo el intervalo de aplicación del método.

10. BIBLIOGRAFÍA

10.1. UNE EN 482 "Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos".

10.2. Real Decreto 363/1995 de 10 de marzo (BOE 5.6.95) "Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas". Modificado el Anexo 1 por la Orden de 13.9.95 (BOE 19.9.95)

10.3. UNE EN 1232 "Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para muestreos personales de agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo".

10.4. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. "Protocolo de validación para la determinación de gases y vapores orgánicos en un adsorbente sólido mediante un sistema activo" MTA/PV – I(2)/98.

10.5. UNE EN 1076 "Atmósferas en el lugar de trabajo. Tubos adsorbentes para la determinación de gases y vapores. Requisitos y métodos de ensayo".

10.6. UNE EN 689 "Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición".

10.7. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Métodos de Toma de Muestra y Análisis. Determinación de hidrocarburos clorados (tricloroetileno, tetracloroetileno 1,1,1 tricloroetano) en aire. Método de adsorción en carbón activo / Cromatografía de gases. MTA7MA-013/R87.

10.8. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Métodos de Toma de Muestra y Análisis. Determinación de hidrocarburos clorados (tetracloruro de carbono, cloroformo, clorobenceno) en aire. Método de adsorción en carbón activo / Cromatografía de gases. MTA/MA – 042/A99.

10.9. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Métodos de Toma de Muestra y Análisis. Determinación de hidrocarburos clorados en aire (1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, 1,2 dicloropropano). MTA/MA – 043/A99.

10.10. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo Métodos de Toma de Muestra y Análisis. Determinación de cloruro de metileno en aire. Método de adsorción en carbón activo / Cromatografía de gases. MTA/MA – 044/A99.

ANEXO A

En este anexo se recogen las tablas de los datos obtenidos en las experiencias llevadas a cabo para el desarrollo del método, siguiendo los criterios indicados en el protocolo de validación para vapores orgánicos captados en un adsorbente sólido mediante un sistema activo (10.4).

TABLA 1 (A)

Volúmen de ruptura $V_R^{(1)}$ de hidrocarburos clorados considerados individualmente

Compuesto	Concentración de la atmósfera (mg/m ³)	Humedad relativa (%)	Caudal (lpm)	Volumen de ruptura (l)
Tricloroetileno	531,00	90	0,200	16
	545,00	40	0,200	≥ 60
Tetracloroetileno	676,00	90	0,200	43,70
	751,00	30	0,200	33,00
1,1,1 Tricloroetano	3862,00	90	0,200	5,70
	3967,39	40	0,200	10,50
Cloruro de metileno	2227,62	82,7	0,103	2,6
	728,74	84,4	0,103	4,8
	365,91	85,3	0,103	6,1
	220,07	85,5	0,103	6,9
Tetracloruro de carbono	78,43	91,6	0,210	17
	59,54	80,6	0,216	22
Cloroformo	102,05	87,1	0,209	15
	96,12	82,5	0,215	18,2
Clorobenceno	108,62	90,3	0,200	>41
1,1 Dicloroetano	883,95	85	0,106	7
1,2 Dicloroetano	40,82	91	0,210	19
1,2 Dicloropropano	789,91	84,6	0,101	19

(1) Los datos recogidos en esta tabla se han obtenido preparando atmósferas contaminadas de los diferentes hidrocarburos clorados a la concentración indicada en la segunda columna.

TABLA 1 (B)

Volúmen de ruptura $V_R^{(1)}$ de hidrocarburos clorados considerados individualmente

Compuesto	Concentración atmósfera (mg/m ³)	Humedad relativa (%)	Caudal (lpm)	Volumen de ruptura (l)
1,1,1 Tricloroetano	3923,30	90	0,200	5,0
Tricloroetileno	553,33			9,0
Tetracloroetileno	670,40			28,2
1,1,1 Tricloroetano	3867,06	60	0,200	6,3
Tricloroetileno	543,00			11
Tetracloroetileno	660,77			36
1,1,1 Tricloroetano	3843,06	40	0,200	8,3
Tricloroetileno	540,53			15,6
Tetracloroetileno	656,67			>37
Tetracloruro de carbono	62,38	85,7	0,204	19,2
Cloroformo	99,29			17,0
Clorobenceno	92,93			>53
Tetracloruro de carbono	70,06	77,1	0,207	20,2
Cloroformo	114,95			15,4
Clorobenceno	96,95			>50
1,1 Dicloroetano	826,83	87,3	0,200	6,7
1,2 Dicloroetano	42,59			11,0
1,2 Dicloropropano	707,90			17,0
1,1 Dicloroetano	826,83	87,3	0,200	6,7
1,2 Dicloroetano	42,59			11,0
1,2 Dicloropropano	707,90			17,0
1,1 Dicloroetano	816,45	86,6	0,103	7,0
1,2 Dicloroetano	42,05			11,7
1,2 Dicloropropano	699,01			20,0
1,1 Dicloroetano	822,23	86,0	0,053	65
1,2 Dicloroetano	42,35			16
1,2 Dicloropropano	703,96			>16

(1) Los datos recogidos en esta tabla se han obtenido preparando atmósferas contaminantes conteniendo mezclas de los diferentes hidrocarburos clorados a la concentración indicada en la segunda columna.

TABLA 2

Eficacia de desorción (ED)

Compuesto	Cantidad añadida ⁽¹⁾ (mg)	Cantidad recuperada ⁽²⁾ (mg)	Desviación estándar	ED ⁽³⁾
1,1,1 Tricloroetano	19,142	18,893	0,47862	0,987
	7,520	7,543	0,11637	1,003
	3,500	3,489	0,09970	0,997
	1,967	1,905	0,01838	0,964
	0,937	0,973	0,00521	1,006
Tricloroetileno	4,740	4,721	0,06874	0,996
	2,642	2,568	0,05126	0,972
	2,237	2,205	0,04780	0,987
	1,237	1,215	0,02400	0,982
	0,204	0,204	0,00131	1,00
Tetracloroetileno	4,147	4,064	0,06844	0,980
	3,151	3,047	0,07529	0,967
	1,956	1,929	0,04128	0,986
	1,075	1,050	0,03428	0,977
	0,259	0,254	0,00127	0,980
Tetracloruro de carbono	1,30545	1,32251	0,01018	1,013
	0,95648	0,91819	0,01065	0,960
	0,67425	0,65592	0,00990	0,973
	0,23567	0,23295	0,00375	0,988
	0,04783	0,04831	0,00198	1,010
Cloroformo	2,14182	2,16178	0,01665	1,009
	1,52256	1,43067	0,02632	0,940
	1,10622	1,07751	0,01261	0,974
	0,37515	0,36766	0,00452	0,980
	0,007735	0,07956	0,00278	1,030
Clorobenceno	1,79972	1,73923	0,01461	0,966
	1,42496	1,41893	0,01135	0,996
	0,92953	0,86703	0,01483	0,933
	0,35110	0,33188	0,00123	0,945
	0,06850	0,06571	0,00108	0,959
1,1 Dicloroetano	3,02883	3,03500	0,03369	1,002
	1,20723	1,21449	0,00668	1,006
	0,59339	0,59354	0,00748	1,000
	0,11872	0,11814	0,00057	0,995
1,2 Dicloroetano	0,15601	0,15618	0,13744	1,001
	0,06218	0,06245	0,00036	1,004
	0,03051	0,03016	0,00070	0,988
	0,00611	0,00594	0,00018	0,972
1,2 Dicloropropano	2,59317	2,60037	0,02340	1,003
	1,03359	1,04495	0,00658	1,011
	0,50804	0,50646	0,00646	0,997
	0,10164	0,10128	0,00090	0,996

TABLA 2

Eficacia de desorción (ED)

Compuesto	Cantidad añadida ⁽¹⁾ (mg)	Cantidad recuperada ⁽²⁾ (mg)	Desviación estándar	ED ⁽³⁾
Cloruro de Metileno	0,8142	0,8116	0,0059	0,997
	0,7639	0,7681	0,0074	1,005
	0,3251	0,3281	0,0044	1,009
	0,2970	0,3030	0,0034	1,020
	0,2378	0,2357	0,0022	0,991
	0,1837	0,1854	0,0015	1,009
	0,1508	0,1513	0,0016	1,003
	0,0516	0,0522	0,0010	1,011
	0,0298	0,0308	0,0004	1,033

(1) Cantidad de compuesto añadida a 100 mg de carbón expresada en mg.

(2) Cantidad de compuesto recuperada, expresada en mg.

(3) ED Eficacia de desorción media.



MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ASUNTOS SOCIALES



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO