

SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL

PROYECTO de modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1993, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral, para quedar como NOM-010-STPS-1998, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

PROYECTO DE MODIFICACION DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-010-STPS-1993, RELATIVA A LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO DONDE SE PRODUZCAN, ALMACENEN O MANEJEN SUSTANCIAS QUIMICAS CAPACES DE GENERAR CONTAMINACION EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL, PARA QUEDAR COMO NOM-010-STPS-1998, CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO DONDE SE MANEJEN, TRANSPORTEN, PROCESEN O ALMACENEN SUSTANCIAS QUIMICAS CAPACES DE GENERAR CONTAMINACION EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL

JUAN ANTONIO LEGASPI VELASCO, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 1o., 38 fracciones III y IV, 40 fracción VII, 44 tercer párrafo y 47 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 512 de la Ley Federal del Trabajo y en el Acuerdo por el que se constituye el citado Comité, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** del 1 de julio de 1993, me permito ordenar la publicación en ese órgano informativo del Gobierno Federal, del Proyecto de Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1993, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral, para quedar como NOM-010-STPS-1998, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral, que incorpora disposiciones técnicas de las normas oficiales mexicanas: de la NOM-031-STPS-1993 a la NOM-071-STPS-1993, de la NOM-073-STPS-1993 a la NOM-079-STPS-1993 y de la NOM-081-STPS-1993 a la NOM-099-STPS-1994, todas ellas relativas a métodos de cuantificación de sustancias químicas peligrosas en el medio ambiente laboral, por lo que se procede a la cancelación de este grupo de normas.

El presente Proyecto de Modificación fue aprobado por dicho Comité en su sesión celebrada el día treinta y uno de marzo de mil novecientos noventa y ocho.

Asimismo fue aprobado por la Unidad de Desregulación Económica de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial el día trece de agosto de mil novecientos noventa y ocho.

Se publica a efecto de que los interesados, dentro de los 60 días naturales siguientes a la fecha de su publicación, presenten comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral en sus oficinas, sitas en avenida Azcapotzalco-La Villa número 209, Barrio de Santo Tomás, Delegación Azcapotzalco, México, D.F., código postal 02020, teléfono 3-94-24-44, fax 3-94-26-44.

Durante el plazo mencionado, los análisis que sirvieron de base para la elaboración del proyecto de norma estarán a disposición del público para su consulta en el domicilio del Comité.

Dado en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los veinte días del mes de agosto de mil novecientos noventa y ocho.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, **Juan Antonio Legaspi Velasco**.- Rúbrica.

PREFACIO

En cumplimiento a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social en coordinación con el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, revisó la Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1993 para su actualización y decidió integrar a ésta como anexos técnicos el contenido de 67 normas oficiales mexicanas en vigor, además de establecer otros seis nuevos procedimientos y la técnica de muestreo para la determinación de sustancias químicas.

Se revisaron los límites máximos permisibles de exposición de contaminantes del medio ambiente laboral; se integró el número del chemical abstract service y las connotaciones pertinentes que se relacionan con los apartados de clasificación de carcinógenos, sustancias de composición variable, límites máximos permisibles de exposición para mezclas y partículas no especificadas de otra manera, y se realizaron correcciones dactilográficas y adecuación de sinónimos para evitar duplicidad de sustancias químicas.

En la elaboración del presente Proyecto participaron representantes de las dependencias, organismos, instituciones y empresas que a continuación se indican:

Secretaría de la Defensa Nacional
Secretaría del Trabajo y Previsión Social
Gobierno del Distrito Federal

Instituto Mexicano del Seguro Social
Universidad Nacional Autónoma de México
Universidad Autónoma Metropolitana
Asociación Nacional de la Industria Química
Análisis Ambiental, S.A. de C.V.
Celanese Mexicana, S.A.
Eureka, S.A. de C.V.
Evaluación y Capacitación Industrial
Grupo ICI Mexicana, S.A. de C.V.
Laboratorio Microanalítico de Control, S.A. de C.V.
Microanálisis, S.A. de C.V.
Movilab, S.A. de C.V.
Tecnología de Seguridad Integral, S.A. de C.V.

INDICE

1. OBJETIVO
2. CAMPO DE APLICACION
3. REFERENCIAS
4. GLOSARIO
5. OBLIGACIONES DEL PATRON
6. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES
7. RECONOCIMIENTO
8. EVALUACION
9. CONTROL
10. VIGILANCIA
11. BIBLIOGRAFIA
12. CONCORDANCIA

TRANSITORIOS

APENDICE I LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EXPOSICION

APENDICE II PROCEDIMIENTOS PARA LA DETERMINACION DE SUSTANCIAS EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL

APENDICE III TECNICA DE MUESTREO

PROYECTO DE MODIFICACION DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-010-STPS-1993, RELATIVA A LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO DONDE SE PRODUZCAN, ALMACENEN O MANEJEN SUSTANCIAS QUIMICAS CAPACES DE GENERAR CONTAMINACION EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL, PARA QUEDAR COMO NOM-010-STPS-1998, CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO DONDE SE MANEJEN, TRANSPORTEN, PROCESEN O ALMACENEN SUSTANCIAS QUIMICAS CAPACES DE GENERAR CONTAMINACION EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL

1. Objetivo

Establecer medidas para salvaguardar la vida y prevenir daños a la salud de los trabajadores expuestos a las sustancias químicas contaminantes del medio ambiente laboral y establecer los límites máximos permisibles de exposición en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas que por sus propiedades, niveles de concentración y tiempo de exposición sean capaces de contaminar el medio ambiente laboral o alterar la salud de los trabajadores.

2. Campo de aplicación

Esta Norma rige en todo el territorio nacional y se aplica en todos los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral o alterar la salud de los trabajadores.

3. Referencias

NOM-017-STPS-1993 RELATIVA AL EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL PARA LOS TRABAJADORES EN LOS CENTROS DE TRABAJO.

NOM-027-STPS-1993 SEÑALES Y AVISOS DE SEGURIDAD E HIGIENE.

NOM-114-STPS-1994 SISTEMA PARA LA IDENTIFICACION Y COMUNICACION DE RIESGOS POR SUSTANCIAS QUIMICAS EN LOS CENTROS DE TRABAJO.

4. Glosario

4.1 Definiciones. Para efectos de la presente Norma se entiende por:

- a) **aerosol:** es una dispersión de partículas sólidas o líquidas en un medio gaseoso, normalmente aire. A su vez los aerosoles se clasifican en: fibras, humos de combustión, humos metálicos, neblinas, polvos y rocíos.
- b) **asfixiante simple:** son los gases o vapores inertes que tienen la capacidad de desplazar el oxígeno del aire, sin otros efectos fisiológicos importantes.

- c) **Autoridad Laboral:** las unidades administrativas competentes de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, que realicen funciones de inspección en materia de seguridad e higiene en el trabajo, y las correspondientes de las entidades federativas y del Distrito Federal, que actúen en auxilio de aquéllas.
- ch) **CAS:** iniciales del nombre en inglés del servicio de información de sustancias químicas de los Estados Unidos de América (Chemical Abstract Service).
- d) **concentración promedio ponderada en tiempo (CPT):** es la sumatoria del producto de las concentraciones por el tiempo de medición de cada una de las exposiciones medidas, dividida entre la suma de los tiempos de medición durante una jornada de trabajo.
- e) **condiciones normales de temperatura y presión:** corresponden a un medio ambiente a una temperatura de 298 K equivalente a 25°C y a una presión de 101.3 kPa equivalente a 760 mmHg.
- f) **contaminantes del medio ambiente laboral:** son todas las sustancias químicas y mezclas que se puedan presentar capaces de modificar las condiciones del medio ambiente del centro de trabajo y que, por sus propiedades, concentración, nivel y tiempo de exposición o acción, puedan alterar la salud de los trabajadores.
- g) **eficiencia de recolección:** porcentaje de una sustancia química específica del medio ambiente laboral retenida.
- h) **evaluación:** es la cuantificación de los contaminantes del medio ambiente laboral.
- i) **fibras:** son todas aquellas partículas sólidas mayores a 5µm y cuya longitud sea al menos 3 veces mayor que el diámetro.
- j) **gases:** son fluidos informes que tienden a expandirse hasta ocupar todo el espacio en el que están contenidos.
- k) **grupo de exposición homogénea de trabajadores:** es la presencia de dos o más trabajadores expuestos a las mismas sustancias químicas, con igual tiempo de exposición durante sus jornadas de trabajo.
- l) **humos de combustión:** son partículas sólidas en suspensión en el aire producidas por la combustión incompleta de materiales orgánicos.
- ll) **humos metálicos:** son partículas sólidas metálicas suspendidas en el aire, producidas en procesos de fusión y fundición de metales.
- m) **límite máximo permisible de exposición (LMPE):** es la concentración de un contaminante del medio ambiente laboral que no debe superarse durante la exposición de los trabajadores en una jornada de trabajo. El límite máximo permisible de exposición se expresa en mg/m³ o ppm bajo condiciones normales de temperatura y presión y se clasifica en: límite máximo permisible de exposición de corto tiempo, límite máximo permisible de exposición pico y límite máximo permisible de exposición promedio ponderado en tiempo.
- n) **límite máximo permisible de exposición de corto tiempo (LMPE-CT):** es la concentración máxima de un contaminante del medio ambiente laboral a la cual los trabajadores pueden estar expuestos de manera continua durante un periodo máximo de quince minutos con intervalos de al menos una hora de no exposición entre cada exposición y un máximo de cuatro exposiciones en una jornada de trabajo.
- ñ) **límite máximo permisible de exposición pico (P):** es la concentración de un contaminante del medio ambiente laboral que no se debe sobrepasar durante la exposición del trabajador.
- o) **límite máximo permisible de exposición promedio ponderado en tiempo (LMPE-PPT):** es la concentración promedio ponderada en tiempo de un contaminante del medio ambiente laboral para una jornada de 8 horas diarias y semana laboral de 40 horas, a la cual se puede exponer a los trabajadores sin sufrir daños a su salud.
- p) **muestreo ambiental:** se denomina así al procedimiento de captura, o de captura y determinación, de contaminantes del medio ambiente laboral.
- q) **muestreo personal:** se refiere al procedimiento de captura de contaminantes del medio ambiente laboral, a la altura de la zona respiratoria del trabajador mediante un equipo que pueda ser portado por el trabajador durante el periodo en el cual se efectúa el muestreo.
- r) **neblina:** son partículas líquidas en suspensión en el aire producidas por condensación de vapores.
- s) **nivel de acción:** es la mitad del valor de cualquiera de los límites máximos permisibles de exposición.
- t) **polvo:** son partículas sólidas en suspensión en el aire como resultado del proceso de disgregación mecánica de la materia.
- u) **polvo respirable:** son los polvos cuyo tamaño sea menor a 5µm.
- v) **riesgo potencial:** es la probabilidad de que una sustancia química cause daño a la salud de los trabajadores.
- w) **rocío:** es una dispersión de líquidos que se produce por ruptura mecánica de la materia.
- x) **Secretaría:** la Secretaría del Trabajo y Previsión Social;

y) **vapor**: es la fase gaseosa de un sólido o de un líquido;

4.2 Unidades.

- a) **fibras/cm³** : fibras por centímetro cúbico. Unidad de medición de las fibras;
- b) **g/mol**: gramos por cantidad de sustancia que contienen tantas entidades elementales como existen átomos en 0.012 kg de carbono 12;
- c) **K**: grados Kelvin. Unidad de medición de temperatura;
- ch) **kPa**: KiloPascuales. Unidades de presión;
- d) **L/mol**: litros por cantidad de sustancia que contienen tantas entidades elementales como existen átomos en 0.012 kg de carbono 12;
- e) **mg/m³**: miligramos por metro cúbico. Unidades de concentración de polvos, humos combustibles y metálicos, gases, neblinas y rocíos;
- f) **mmHg**: milímetros de mercurio. Unidades de presión;
- g) **ppm**: partes por millón. Unidades de concentración de gases y vapores;
- h) **μm**: micrómetro. Unidades de medición de tamaño de partículas;
- i) **°C**: grado centígrado o Celsius. Unidad de medición de temperatura.

4.3 Ecuaciones.

a) La CPT se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$CPT = \frac{(C_1 t_1) + (C_2 t_2) + \dots + (C_n t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

donde:

C es la medida de la concentración de los contaminantes del medio ambiente laboral en un tiempo determinado y el subíndice la correlaciona con el tiempo en que se determinó dicha concentración.

t indica la duración de cada toma de muestras.

b) La concentración de una sustancia química peligrosa se puede expresar en ppm o mg/m³. La relación entre estas dos unidades en condiciones normales de temperatura y presión está dada por la ecuación siguiente:

$$1\text{ppm} = \left(\frac{24.45}{PM} \right) \text{mg} / \text{m}^3$$

donde:

PM = Peso Molecular de la sustancia en g/mol

24.45 = volumen molar en L/mol

5. Obligaciones del patrón

5.1 Mostrar a la Autoridad Laboral, cuando así lo solicite, los documentos que la presente Norma le obliga a elaborar.

5.2 Informar a los trabajadores y a la Comisión de Seguridad e Higiene, sobre los riesgos potenciales por la exposición a los contaminantes del medio ambiente laboral.

5.3 Elaborar y mantener actualizado el informe de evaluación de los niveles de concentración de los contaminantes del medio ambiente laboral cotejados contra los LMPE del apéndice I de la presente Norma.

5.4 Realizar el estudio de los contaminantes del medio ambiente laboral que incluya el reconocimiento, la evaluación y el control necesario para prevenir alteraciones en la salud de los trabajadores expuestos a dichos contaminantes.

5.5 Capacitar a los trabajadores expuestos a los contaminantes del medio ambiente laboral, en base a las medidas de control establecidas en el capítulo 9.

5.6 Señalar conforme a la NOM-027-STPS-1993, las áreas de almacenamiento y las zonas de exposición a los contaminantes del medio ambiente laboral.

5.7 Realizar exámenes médicos específicos tanto a los trabajadores que vayan a exponerse como a los trabajadores expuestos a los contaminantes del medio ambiente laboral. Los exámenes se realizarán al menos una vez al año.

6. Obligaciones de los trabajadores

6.1 En caso de ser requeridos por el patrón, colaborar en las actividades de reconocimiento y evaluación.

6.2 Participar en la capacitación y adiestramiento proporcionada por el patrón.

6.3 Seguir las instrucciones de uso y mantenimiento del equipo de protección personal dotado por el patrón.

6.4 Someterse a los exámenes médicos que correspondan según la actividad que desempeñen y que el patrón le indique.

6.5 Acatar las medidas de control que el patrón le indique.

7. Reconocimiento

Se debe elaborar un reporte del reconocimiento de los contaminantes del medio ambiente laboral que deberá contener la siguiente información:

- a) nombre o razón social de la empresa a evaluar;
- b) su identificación;

- c) sus propiedades físicas, químicas y toxicológicas y las alteraciones que puedan producir a la salud de los trabajadores;
- ch) las vías de ingreso, tiempo y frecuencia de la exposición de los trabajadores;
- d) identificación de las fuentes generadoras;
- e) identificación de las zonas donde exista riesgo de exposición y número de trabajadores potencialmente expuestos;
- f) selección de alguno de los procedimientos del apéndice II para la determinación de los contaminantes de medio ambiente laboral.

8. Evaluación

8.1 Se debe definir la prioridad de las zonas a evaluar, el tipo de muestreo, los puntos de muestreo, la frecuencia de evaluación y los tipos de muestras, según lo establecido en el apéndice III.

8.2 Aplicar el procedimiento seleccionado de acuerdo al capítulo 7.

8.2.1 Cuando el patrón requiera utilizar procedimientos alternos, se estará a lo dispuesto en el artículo 49 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

8.2.2 En caso de no existir procedimiento para el muestreo y análisis de las sustancias químicas en dicho apéndice, los patrones interesados deberán proponer a la Secretaría la utilización de procedimientos reconocidos internacionalmente a efecto de que, previa opinión del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, sea autorizado para el patrón en quince días hábiles; de no recibirse respuesta se entenderá aprobado. En caso de que la resolución sea afirmativa, será publicada en el **Diario Oficial de la Federación** a efecto de que pueda ser utilizada por otros patrones en las mismas condiciones para las cuales fue autorizada inicialmente, previa la solicitud de los interesados y la autorización de la Secretaría, en los términos antes previstos.

La propuesta a que se refiere el párrafo anterior, deberá ir acompañada del procedimiento correspondiente en su idioma original, asentando el nombre específico de la sustancia química contaminante a determinarse, y adjuntando la hoja de datos de seguridad prevista en la NOM-114-STPS-1994. En caso de que el procedimiento propuesto haya sido elaborado en idioma diferente al español, deberá incluirse la traducción correspondiente.

Anualmente, la Secretaría podrá revisar la presente Norma para adecuarla, conforme al procedimiento previsto en el artículo 51 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, particularmente en lo que se refiere a los apéndices I y II.

8.3 Cuando la exposición laboral de los trabajadores esté sujeta a la acción de dos o más sustancias de las relacionadas en el apéndice I, la exposición deberá evaluarse conforme a lo establecido en el apartado I.4, del apéndice I.

8.4 Se debe elaborar y conservar permanentemente un informe de evaluación a la exposición conforme a lo siguiente:

8.4.1 El informe debe contener el reporte del reconocimiento, que se describe en el capítulo 7.

8.4.2 Muestreo. Según lo establecido en el apéndice III, se debe señalar la justificación de la selección de:

- a) lugares de muestreo;
- b) tipos de muestras;
- c) puntos de muestreo;
- ch) número de trabajadores muestreados;
- d) frecuencia de evaluación;
- e) tipos de muestras.

8.4.3 Resultados del procedimiento para la determinación de sustancias químicas en el medio ambiente laboral. Se debe registrar en una hoja de campo, para cada área o trabajador y para cada contaminante del medio ambiente laboral, los siguientes datos:

- a) lugar de muestreo;
- b) contaminante muestreado;
- c) número de muestras;
- ch) fechas de muestreo;
- d) en caso de ser muestreo personal:
 - 1) nombre del trabajador;
 - 2) puesto del trabajador;
 - 3) actividades específicas durante el muestreo;
 - 4) si utiliza equipo de protección personal, describirlo.
- e) equipo de muestreo:
 - 1) tipo de bomba;
 - 2) modelo;
 - 3) número de serie;
 - 4) calibración inicial, con un mínimo de tres lecturas;
 - 5) calibración final, con un mínimo de tres lecturas;
 - 6) fecha de calibración.

f) equipo de calibración y verificación:

- 1) marca;
- 2) número de serie;
- 3) certificado oficial de calibración.

g) describir el medio de colección;

h) condiciones atmosféricas del lugar de muestreo:

- 1) presión;
- 2) temperatura.

i) datos generales:

- 1) hora inicial y hora final;
- 2) duración;
- 3) flujo;
- 4) volumen total;
- 5) contaminante muestreado;
- 6) cantidad colectada;
- 7) concentración medida;
- 8) croquis del lugar de muestreo;
- 9) observaciones.

j) nombre del laboratorio de pruebas acreditado, nombre y firma del responsable signatario.

8.4.4 Interpretación de los resultados en base a los LMPE de la tabla I.1 corregidos conforme a lo descrito en el apartado 8.5 y los efectos de las sustancias conforme al capítulo I.4 del apéndice I.

8.5 Ya que los LMPE de la tabla I.1 del apéndice I están calculados para condiciones normales de temperatura y presión, cuando no se cumplan estas condiciones, se debe corregir el LMPE aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{LMPE corregido} = \text{LMPE} \times \frac{760 \text{ mmHg}}{P} \times \frac{T}{298 \text{ K}}$$

donde:

P = presión medida en el lugar de muestreo en mmHg.

T = temperatura medida en el lugar de muestreo en K.

9. Control

9.1 Cuando la exposición del trabajador a las concentraciones de los contaminantes del medio ambiente laboral, rebase el nivel de acción, pero estén por debajo de los límites máximos permisibles de exposición referidos en el apéndice I, el patrón debe llevar a cabo:

- a) evaluaciones con la periodicidad establecida en el apartado III.4 del apéndice III;
- b) control médico de la exposición a través de exámenes médicos específicos dirigidos a detectar en una etapa temprana cualquier síntoma o alteración a la salud del trabajador debido a la exposición a contaminantes del medio ambiente laboral.

9.2 Cuando la exposición del trabajador a las concentraciones de las sustancias químicas contaminantes rebase los LMPE del apéndice I, el patrón deberá aplicar, respetando el orden, las siguientes medidas de control, considerando la naturaleza de los procesos productivos, aspectos tecnológicos, económicos, factibilidad y viabilidad:

- a) sustitución de los contaminantes del medio ambiente laboral, por otras sustancias cuyos efectos sean menos nocivos;
- b) modificación o sustitución de los procesos o equipos por otros que generen menor concentración de contaminantes del medio ambiente laboral;
- c) modificación de los procedimientos de trabajo para minimizar la generación de contaminantes del medio ambiente laboral o la exposición del trabajador;
- ch) aislamiento de los procesos, equipos o áreas para evitar la dispersión de los contaminantes del medio ambiente laboral;
- d) aislamiento del trabajador al medio ambiente laboral contaminado proporcionándole una atmósfera libre de contaminantes;
- e) utilización de sistemas de ventilación por extracción localizada para evitar la dispersión de los contaminantes al medio ambiente laboral;
- f) utilización de sistemas de ventilación general;
- g) limitación de los tiempos y frecuencias en que el trabajador esté expuesto a las sustancias químicas contaminantes;
- h) suministro a los trabajadores del equipo de protección personal específico al riesgo. En la selección de este equipo, el patrón deberá considerar los factores de protección proporcionados por el equipo y un programa de capacitación y mantenimiento del mismo, a fin de que el trabajador no se exponga a concentraciones que estén por arriba de los límites máximos permisibles de exposición, y que el equipo de protección personal se conserve en buenas condiciones de trabajo, de acuerdo a la NOM-017-STPS-1993.

1	ABATE			-	10	-	20
2	ACEITE MINERAL NIEBLA			-	5	-	10
3	ACEITE VEGETAL NIEBLA (excepto aceites irritantes)			-	10		
4	ACETALDEHIDO	75-07-0	A3, P	-	-	25	45
5	ACETATO DE 2-METOXIETILO (acetato de metil cellosolve)	110-49-6	PIEL	5	16	-	-
6	ACETATO DE ETILO	141-78-6	A4	400	1400	-	-
7	ACETATO DE ISOAMILO	123-92-2		100	525	125	655
8	ACETATO DE ISOBUTILO	110-19-0		150	700	187	875
9	ACETATO DE ISOPROPILO	108-21-4		250	950	310	1185
10	ACETATO DE METILO	79-20-9		200	610	250	760
11	ACETATO DE n-AMILO	628-63-7		100	530	150	800
12	ACETATO DE n-PROPILO	109-60-4		200	840	250	1050
13	ACETATO DE n-BUTILO	123-86-4	A4	150	710	200	950
14	ACETATO DE sec-AMILO	626-38-0		125	670	150	800
15	ACETATO DE sec-BUTILO	105-46-4		200	950	250	1190
16	ACETATO DE sec-HEXILO	108-84-9		50	300	-	-
17	ACETATO DE ter-BUTILO	540-88-5		200	950	250	1190
18	ACETATO DE VINILO	108-05-4	A3	10	30	20	60
19	ACETILENO	74-86-2	(c)	-	-	-	-
20	ACETONA	67-64-1		1000	2400	1260	3000
21	ACETONITRILO	75-05-8	A4	40	70	60	105
22	ACIDO ACETICO	64-19-7		10	25	15	37
23	ACIDO BROMHIDRICO	10035-10-6	P	-	-	3	10
24	ACIDO CIANHIDRICO	74-90-8	PIEL, P	-	-	9.4	10
25	ACIDO CLORHIDRICO	7647-01-0	(c), P	-	-	5	7
26	ACIDO FLUORHIDRICO	7664-39-3	P	-	-	3	2.5
27	ACIDO FORMICO	64-18-6		5	9	-	-
28	ACIDO FOSFORICO	7664-38-2		-	1	-	3
29	ACIDO NITRICO	7697-37-2		2	5	4	10
30	ACIDO OXALICO	144-62-7		-	1	-	2
31	ACIDO SULFURICO	7446-09-5	A2	-	1	-	-
32	ACIDO SULFHIDRICO	7783-06-4		10	14	15	21
33	ACIDO TIOGLICOLICO	68-11-1	PIEL	1	5	-	-
34	ACIDO TRICLOROFENOXIACETICO (2,4, 5-T)	93-76-5		-	10	-	-
35	ACRILAMIDA	79-06-1	PIEL, A3	-	0.03	-	0.06
36	ACRILATO DE BUTILO	141-32-2	A4	10	55	-	-
37	ACRILATO DE ETILO	140-88-5	A2	5	20	25	100
38	ACRILATO DE 2-HIDROXIPROPILO	999-61-1	PIEL	0.5	3	-	-
39	ACRILATO DE METILO	96-33-3	PIEL	10	35	-	-
40	ACRILONITRILO	107-13-1	PIEL, A2	2	4.5	-	-
41	ACROLEINA	107-02-8		0.1	0.25	0.3	0.8
42	AGUARRAS (turpentine)	8006-64-2		100	560	-	-
43	ALCANFOR SINTETICO	76-22-2	A4	2	12	-	-
44	ALCOHOL ALILICO	107-18-6	PIEL	2	5	4	10
45	ALCOHOL DIACETONA (4-hidroxi-4-metil-2-pentanona)	123-42-2		50	240	75	360
46	ALCOHOL ETILICO (etanol)	64-17-5	A4	1000	1900	-	-
47	ALCOHOL FURFURILICO	98-00-0	PIEL	10	40	15	60
48	ALCOHOL ISOAMILICO	123-51-3		100	360	125	450
49	ALCOHOL ISOBUTILICO	78-83-1		50	150	75	225
50	ALCOHOL ISOPROPILICO	67-63-0	PIEL	400	980	500	1225
51	ALCOHOL METILICO (metanol)	67-56-1	PIEL	200	260	250	310
52	ALCOHOL n-BUTILICO	71-36-3	PIEL, P	-	-	50	150
53	ALCOHOL sec-BUTILICO	78-92-2		100	305	150	455
54	ALCOHOL ter-BUTILICO	75-65-0	A4	100	300	150	450
55	ALCOHOL n-PROPILICO	71-23-8	PIEL	200	500	250	625
56	ALDRIN	309-00-02	PIEL	-	0.25	-	0.75

57	ALGODON (polvos, crudo)		(q)	-	0.2	-	0.6
58	ALUDUM			-	10	-	-
59	ALUMINIO, ALQUILOS	7429-90-5		-	2	-	-
60	ALUMINIO (humos de soldadura)	7429-90-5		-	5	-	-
61	ALUMINIO, METAL	7429-90-5		-	10	-	-
62	ALUMINIO, SALES SOLUBLES	7429-90-5		-	2	-	-
63	ALUMINIO (polvos de piro)	7429-90-5		-	5	-	-
64	2-AMINO ETANOL (etanol amina)	141-43-5		3	8	-	-
65	4-AMINO DIFENILO (p-xenilamina)	92-67-1	PIEL, A1	-	-	-	-
66	AMONIACO	7664-41-7		25	18	35	27
67	ANHIDRIDO ACETICO	108-24-7		5	20	-	-
68	ANHIDRIDO FTALICO	85-44-9	A4	1	6	4	24
69	ANHIDRIDO MALEICO	108-31-6		0.25	1	-	-
70	o-ANISIDINA	90-04-0	PIEL, A3	0.1	0.5	-	-
71	p-ANISIDINA	104-94-9	PIEL, A4	0.1	0.5	-	-
72	ANILINA Y HOMOLOGOS	62-53-3	PIEL, A3	2	10	5	20
73	ANTIMONIO Y COMPUESTOS (como Sb)	7440-36-0		-	0.5	-	-
74	ATRAZINA	1912-24-9	A4	-	10	-	-
75	ANTU (alfa naftil tiurea)	86-88-4	A4	-	0.3	-	0.9
76	ARSENIATO DE CALCIO (como Ca)			-	1	-	-
77	ARGON	7440-37-1	(c)		-	-	-
78	ARSENIATO DE PLOMO (como Pb)			-	0.15	-	0.45
79	ARSENICO (soluble como As)	7440-38-2	A1	-	0.01	-	-
80	ARSINA	7784-42-1		0.05	0.2	-	-
81	ASBESTO (todas sus formas)		(f)		-	-	-
	AMOSITA	12172-73-5	A1	0.5 f/cm3	-	-	-
	CRISOTILO	12001-29-5	A1	2 f/cm3	-	-	-
	CROCIDOLITA	12001-28-4	A1	0.2 f/cm3	-	-	-
	OTRAS FORMAS		A1	2 f/cm3	-	-	-
82	ASFALTO (petróleo) HUMOS	8052-42-4	A4	-	5	-	10
83	BARIO (compuestos solubles como Ba)	7440-39-3	A4	-	0.5	-	-
84	BENCENO	71-43-2	A2	1	3.2	5	16
85	BENCIDINA	92-87-5	PIEL, A1	-	-	-	-
86	BENOMIL	17804-35-2	A4	0.8	10	1.3	15
87	p-BENZOQUINONA (quinona)	106-51-4		0.1	0.4	-	-
88	BERILIO (y compuestos como berilio)	7440-41-7	A2	-	0.002	-	-
89	BIFENILO	92-52-4		0.2	1.5	0.6	4
90	BREAS			-	10	-	-
91	BREAS DE CARBON Y VOLATILES (hidrocarburos aromáticos policíclicos, partículas)		A1	-	0.002	-	-
92	BROMACIL	314-40-9	A3	1	10	2	20
93	BROMO	7726-95-6		0.1	0.7	0.3	2
94	BROMOCOLORO METANO (clorobromometano)	74-97-5		200	1050	250	1300
95	BROMOFORMO	75-25-2	PIEL, A3	0.5	5	-	-
96	BROMURO DE ETILO	74-96-4	PIEL, A3	200	890	250	1110
97	BROMURO DE METILO	74-83-9	PIEL	15	20	15	60
98	BUTADIENO (1,3-butadieno)	106-99-0	A2	1000	2200	1250	2750
99	BUTANO	106-97-8		800	1900	-	-
100	2-BUTANONA (metil etil cetona, MEK)	78-93-3		200	590	300	885
101	BUTANOTIOL (butil mercaptano)	109-79-5		0.5	1.5	-	-
102	n-BUTIL AMINA	109-73-9	PIEL, P	-	-	5	15
103	2-BUTOXIETANOL (butilcellosolve)	111-76-2	PIEL	26	120	75	360
104	CADMIO ELEMENTAL Y COMPUESTOS (como Cd)	7440-43-9	A2, (i), (j)				
	- POLVO TOTAL	7440-43-9	A2, (i)	-	0.01	-	-
	- POLVO RESPIRABLE	7440-43-9	A2, (j)	-	0.002	-	-
105	CAL (óxido de calcio)	1305-78-8		-	2	-	-

106	CANFENO CLORADO	8001-35-2	PIEL, A3	-	0.5	-	-
107	CANFOR SINTETICO (2- canfanona)	76-22-2	A4	2	12	3	19
108	CAOLIN	1332-58-7	(j), A4	-	10	-	20
109	CAPROLACTAMA	105-60-2					
	-polvo		A4	-	1	-	3
	-vapor		A4	5	20	10	40
110	CAPTAFOL (difolatan)	2425-06-1	PIEL, A4	-	0.1	-	-
111	CAPTAN	133-06-2	A3	-	5	-	15
112	CARBARYL (servin)	63-25-22	A4	-	5	-	10
113	CARBOFURAN (furan)	1563-66-2	A4	-	0.1	-	-
114	CARBON, POLVOS		(g), (j)	-	2	-	-
115	CARBONATO DE CALCIO (mármol)	1317-65-3	(e)	-	10	-	20
116	CARBONILO DE NIQUEL (como Ni)	13463-39-3		0.05	0.35	-	-
117	CARBURO DE SILICIO	409-21-2	(e),A4	-	10	-	20
118	CATECOL (pirocatecol)	120-80-9	PIEL, A3	5	20	-	-
119	CELULOSA (fibra de papel)	9004-34-6		-	10	-	20
120	CEMENTO PORTLAND	65997-15-1	(e)	-	10	-	20
121	CETENA (etanona)	463-51-4		0.5	0.9	1.5	3
122	CIANAMIDA	420-04-2		-	2	-	-
123	CIANAMIDA DE CALCIO	156-62-7	A4	-	0.5	-	1
124	2-CIANOACRILATO DE METILO	137-05-3		2	8	4	16
125	CIANOGENO	460-19-5		10	20	-	-
126	CIANUROS (como Cn)			-	5	-	-
	CIANURO DE POTASIO	151-50-8	PIEL, P	-	-	-	5
	CIANURO DE SODIO	143-33-9	PIEL, P	-	-	-	5
127	CICLOHEXILAMINA	108-91-8	A4	10	40	-	-
128	CICLOHEXANO	110-82-7		300	1050	375	1300
129	CICLOHEXANOL	108-93-0	PIEL	50	200	-	-
130	CICLOHEXANONA	108-94-1	PIEL, A4	50	200	100	400
131	CICLOHEXENO	110-83-8		300	1015	-	-
132	CICLONITA (RDX)	121-82-4	PIEL	-	1.5	-	-
133	CICLOPENTADIENO	542-92-7		75	200	150	400
134	CLOPIDOL	2971-90-6	A4	-	10	-	20
135	CLOROACETALDEHIDO	107-20-0	P		-	1	3
136	a-CLOROACETOFENONA (cloruro de fenacilo)	532-27-4	A4	0.05	0.3	-	-
137	CLORDANO	57-74-9	PIEL, A3	-	0.5	-	2
138	CLORO	7782-50-5	A4	1	3	3	9
139	CLOROBENCENO (mono cloro benceno)	108-90-7	A3	75	350		
140	o-CLOROBENCILIDINMALONITRILO	2698-41-1	PIEL, P, A4	-	-	0.5	0.4
141	2-CLORO-1,3-BUTADIENO (β -cloropreno)	126-99-8	PIEL	10	45	-	-
142	CLOROBIFENILO						
	- 42% cloro	53469-21-9	PIEL	-	1	-	2
	- 54% cloro	11097-69-1	PIEL, A3	-	0.5	-	1
143	CLORODIFLUOROMETANO	75-45-6	A4	1000	3500	1250	4375
144	o-CLOROESTIRENO	2039-87-4		50	285	75	430
145	CLOROFORMO (triclorometano)	67-66-3	A3	10	50	50	225
146	2-CLORO-6-(TRICLOROMETIL) PIRIDINA (nitropiina)	1929-82-4	A4	-	10	-	20
147	1-CLORO-1-NITROPROPANO	600-25-9		20	100	-	-
148	CLOROPICRINA	76-06-2	A4	0.1	0.7	0.3	2
149	o-CLOROTOLUENO	95-49-8		50	250	75	375
150	CLORPYRIFOS (dursban)	2921-88-2	PIEL, A4	-	0.2	-	0.6
151	CLORURO DE ALILO	107-05-1	A3	1	3	2	0
152	CLORURO DE AMONIO (humo)	12125-02-9		-	10	-	20
153	CLORURO DE BENCILO	100-44-7	A3	1	5	-	-
154	CLORURO DE CARBONILO (FOSGENO)	75-44-5		0.1	0.4	-	-
155	CLORURO DE ETILO	75-00-3	PIEL, A3	1000	2600	1250	3250

156	CLORURO DE METILENO (diclorometano)	75-09-2	A3	100	330	500	1740
157	CLORURO DE METILO	74-87-3	PIEL, A4	50	105	100	205
158	CLORURO DE VINILIDENO	75-35-4	A3	5	20	20	80
159	CLORURO DE VINILO	75-01-4	A1	5	13	-	-
160	CLORURO DE ZINC, HUMO	7646-85-7		-	1	-	2
161	COBALTO, METAL, POLVO, HUMO (como Co)	7440-48-4	A3	-	0.1	-	-
162	COBRE, HUMO (como Cu)	7440-50-8		-	0.2	-	2
163	COBRE POLVO Y NIEBLA (como Cu)	7440-50-8			1		2
164	CORUNDUM (Al ₂ O ₃)	1344-28-1	A4,(e)	-	10	-	-
165	CRAC, HERBICIDA			-	15	-	-
166	CRESOL, TODOS LOS ISOMEROS	1319-77-3	PIEL	5	22	-	-
167	CROMATO DE ter-BUTILO (como CrO ₃)	1189-85-1	PIEL, P			-	0.1
168	CROMATOS DE ZINC (como Cr)	13530-65-9 11103-86-9 37300-23-5	A1	-	0.05	-	-
169	CROMITA (mineral de proceso como Cr)		A1	-	0.05	-	-
170	CROMO METALICO	7440-47-3	A4	-	0.5	-	-
171	CROMO	7440-47-3					
	- Metal y compuestos inorgánicos de cromo metal y Cr III		A4	-	0.5	-	-
	-Compuestos solubles en agua de Cr VI y otros no especificados		(d),A1	-	0.05	-	-
	-Compuestos insolubles de Cr VI y otros no especificados		(d),A1	-	0.01	-	-
172	CROTONALDEHIDO	4170-30-3	A3	2	6	6	18
173	CRUFOMATO	299-86-5	A4	-	5	-	20
174	CUMENO	98-82-8	PIEL	50	245	75	365
175	α - α -DIAMINO m-XILENO	1477-55-0	PIEL, P			-	0.1
176	DICLOROTETRAFLUROETANO	76-14-2	A4	1000	7000	1250	8760
177	DICLORURO DE PROPILENO (1,2 dicloropropano)	78-87-5	A4	75	350	110	510
178	DIELDRIN	60-57-1	PIEL, A4	-	0.25	-	0.75
179	DIETILAMINA	109-89-7	PIEL, A4	10	30	25	75
180	DIETILEN TRIAMINA	111-40-0	PIEL	1	4.2	-	-
181	DIETILFTALATO	84-66-2		-	5	-	10
182	DIFENILAMINA	122-39-4	A4	-	10	-	20
183	DIFLUORODIBROMOMETANO	75-61-6		100	860	150	1290
184	DIFLUORURO DE OXIGENO	7783-41-7	P	-	-	0.05	0.1
185	DIFONATO			-	0.1	-	-
186	DIHIDROXIBENCENO (hidroquinona)	123-31-9	A3	-	2	-	-
187	DIISOBUTILCETONA (2,6-dimetil-4-heptanona)	108-83-8		25	145	-	-
188	DIISOCIANATO DE DIFENILMETANO (isocianato de bisfenilmetileno, MDI)	101-68-8		0.02	0.2	-	-
189	DIISOCIANATO DE ISOFORONA	4098-71-9		0.01	0.09	-	-
190	DIISOPROPILAMINA	108-18-9	PIEL	5	20	-	-
191	2,4-DIISOCIANATO DE TOLUENO (TDI)	584-84-9	A4	0.02	0.14	-	-
192	DIMETILACETAMIDA	127-19-5	PIEL, A4	10	35	15	50
193	DIMETILAMINA	124-40-3	A4	10	18	-	-
194	DIMETILANILINA (N,N-dimetilanilina)	121-69-7	PIEL, A4	5	25	10	50
195	DIMETILBENCENO (xileno(o-,m-,p-isomeros))	1330-20-7; 95-47-6; 108-38-3; 106-42-3	A4	100	435	-	-
196	2,6-DIMETIL-4-HEPTANONA (diisobutilcetona)	108-83-8		25	145	-	-
197	1,1-DIMETILHIDRACINA	57-14-7	PIEL, A3	0.5	1	1	2
198	DIMETILFORMAMIDA	68-12-2	PIEL, A4	10	30	20	60
199	DIMETILFTALATO	131-11-3		-	5	-	10
200	DIMETIL SULFATO (sulfato de dimetilo)	77-78-1	A3,PIEL	0.1	0.52	-	-
201	DIMETOXIMETANO (metilal)	109-87-5		1000	3100	-	-
202	2,4-D (ácido 2,4-dicloro fenoxiacético)	94-75-7	A4	-	10	-	20
203	D.D.T. (dicloro difenil tricloroetano)	50-29-3	A3	-	1	-	3
204	D.D.V.P. (diclorvos)	62-73-7	PIEL,A4	0.16	1.5	-	-

205	DECABORANO	17702-41-9	PIEL	0.05	0.3	0.15	0.9
206	DEMETON (systox)	8065-48-3	PIEL	0.01	0.1	0.03	0.3
207	DIETILAMINOETANOL	100-37-8	PIEL	10	50	-	-
208	DIAZINON	333-41-5	PIEL, A4	-	0.1	-	0.3
209	DIAZOMETANO	334-88-3	A2	0.2	0.4	-	-
210	DIBORANO	19287-45-7		0.1	0.1	-	-
211	1,2-DIBROMOETANO	106-93-4	PIEL, A3	-	-	-	-
212	2-N-DIBUTILAMINOETANOL	102-81-8	PIEL	0.5	3.5	-	-
213	DICICLOPENTAFENIL HIERRO	102-54-5		-	10	-	20
214	DICICLOPENTADIENO	77-73-6		5	30	-	-
215	DICLOROTETRA FLUOR ETANO	76-14-2	A4	1000	7000	-	-
216	DICROTOFOS (bidrin)	141-66-2	PIEL, A4	-	0.25	-	-
217	DICLOROACETILENO	7572-29-4	A3, P			0.1	0.4
218	o-DICLOROBENCENO	95-50-1	A4	50	300	-	-
219	p-DICLOROBENCENO	106-46-7	A3	75	450	110	675
220	DICLORODIFLUOROMETANO	75-71-8	A4	1000	4950	1250	6200
221	1,3-DICLORO- 5,5-DIMETILHIDANTOINA	118-52-5		-	0.2	-	0.4
222	1,1-DICLOROETANO	75-34-3	A4	200	810	250	1010
223	1,2-DICLOROETANO	107-06-2	A4	10	40	-	-
224	1,2-DICLOROETILENO	540-59-0		200	790	250	1000
225	DICLOROMONO FLUOROMETANO	75-43-4		500	2100	-	-
226	1,1-DICLORO-1-NITROETANO	594-72-9		2	10	10	60
227	DINITROBENCENO (todos los isómeros)	528-29-0; 99-65-0; 100-25-4	PIEL	0.15	1	0.5	3
228	DINITRATO DE ETILENGLICOL	628-96-6	PIEL	0.05	0.3	0.1	0.6
229	DINITRO-o-CRESOL	534-52-1	PIEL	-	0.2	-	0.6
230	3,5-DINITRO o-TOLUAMIDA (dimitolmida)	148-01-6	A4	-	5	-	-
231	DINITROTOLUENO	25321-14-6	PIEL, A2	-	1.5	-	5
232	1,4-DIOXANO	123-91-1	PIEL	25	90	100	360
233	DIOXATION (delnov)	78-34-2	PIEL, A4	-	0.2	-	-
234	DIOXIDO DE AZUFRE	7446-09-5	A4	2	5	5	10
235	DIOXIDO DE CARBONO	124-38-9		5000	9000	15000	27000
236	DIOXIDO DE CLORO	10049-04-4		0.1	0.3	0.3	0.9
237	DIOXIDO DE NITROGENO	10102-44-0	A4	3	6	5	10
238	DIOXIDO DE TITANIO (como Ti)	13463-67-7	A4	-	10	-	20
239	DIOXIDO DE VINIL CICLOHEXANO	106-87-6	PIEL, A3	10	60	-	-
240	DIQUAT	2764-72-9	PIEL,(i),(j) A4	-	0.5	-	1
241	Di-sec- OCTIL FTALATO (di-2-etilhexil ftalato, DOP)	117-81-7	A3	-	5	-	10
242	DISULFIRAM	97-77-8	A4	-	2	-	3
243	DISULFOTON (disiston)	298-04-4		-	0.1	-	0.3
244	DISULFURO DE CARBONO	75-15-0	PIEL	10	30	-	-
245	DISULFURO DE PROPILALILO	2179-59-1		2	12	3	18
246	2,6-DITERBUTIL-p-CRESOL	128-37-0	A4	-	10	-	20
247	DIURON	330-54-1	A4	-	10	-	-
248	EMERY (esmeril)	1302-74-5	(e)	-	10	-	20
249	ENDOSULFAN	115-29-7	PIEL, A4	-	0.1	-	0.3
250	ENDRIN	72-20-8	PIEL, A4	-	0.1	-	0.3
251	EPICLORHIDRINA	106-89-8	PIEL	2	10	5	20
252	EPN	2104-64-5	PIEL, A4	-	0.5	-	2
253	ESTAÑO OXIDO Y COMPUESTOS INORGANICOS EXCEPTO Sn H4 (como Sn)	7440-31-5		-	2	-	4
254	ESTAÑO, COMPUESTOS ORGANICOS (como Sn)	7440-31-5	PIEL, A4	-	0.1	-	0.2
255	ESTEARATO DE ZINC			-	10	-	20
256	ESTIBINA	7803-52-3		0.1	0.5	0.3	1.5
257	ESTIRENO (fenil etileno)	100-42-5	PIEL	50	215	100	425
258	ESTRINCINA	57-24-9		-	0.154	-	0.45

259	ETANO	74-84-0	(c)	-	-	-	-
260	ETANOLAMINA	141-43-5		3	8	6	15
261	ETANOTIOL (etil mercaptano)	75-08-1		0.5	1	-	-
262	ETER DICLOROETILICO	111-44-4	PIEL, A4	5	30	10	60
263	ETER DIGLICIDILO (DGE)	2238-07-5	A4	0.1	0.5	-	-
264	ETER ETILICO (éter dietílico)	60-29-7		400	1200	500	1500
265	ETER FEILICO (vapor)	101-84-8	A4	1	7	2	14
266	ETER FEILICO-DIFENILO MEZCLA (vapor)			1	7	-	-
267	ETER GLICIDIL ALILICO (AGE)	106-92-3		5	22	10	44
268	ETER GLICIDIL n-BUTILICO (BGE)	2426-08-6		25	135	-	-
269	ETER GLICIDIL ISOPROPILICO (IGE)	4016-14-2		50	240	75	360
270	ETER ISOPROPILICO	108-20-3		250	1050	310	1320
271	ETER METIL DIPROPILENGLICOL	34590-94-8	PIEL	100	60	150	900
272	ETIL AMIL CETONA (3-octanona)	541-85-5		25	130	-	-
273	ETILAMINA	75-04-7	PIEL	10	18	-	-
274	ETILBENCENO	100-41-4		100	435	125	545
275	ETIL BUTIL CETONA (3-heptanona)	106-35-4		50	230	75	345
276	ETILEN CLORHIDRINA (2-cloro etanol)	107-07-3	PIEL, P, A4	-	-	1	3
277	ETILEN DIAMINA (1,2-diaminoetano)	107-45-3	PIEL, A4	10	25	-	3
278	ETILENGLICOL (como aerosol)	107-21-1	P, A4	-	-	-	100
279	ETILENIMIDA	151-56-4	PIEL, A3	0.5	1	-	-
280	ETILENO	74-85-1	(c),A4	-	-	-	-
281	ETILIDEN DE NORBORNENO	16219-75-3	P	-	-	5	25
282	ETILMERCAPTANO	75-08-1		0.95	2	2	3
283	N-ETILMORFOLINA	100-74-3	PIEL	20	95	-	-
284	ETION (nialate)	563-12-2	PIEL	-	0.4	-	-
285	2-ETOXI-ETANOL	110-80-5	PIEL	50	185	100	370
286	2-ETOXI-ETIL ACETATO (acetato de cellosolve)	111-15-9	PIEL	50	270	100	540
287	p-FENILEN DIAMINA	106-50-3	A4	-	0.1	-	-
288	FENIL FOSFINA	638-21-1	P	-	-	0.05	0.25
289	FENIL GLICIDIL ETER	122-60-1	PIEL, A3	10	60	-	-
290	FENIL HIDRACINA	100-63-0	PIEL, A3	5	20	10	45
291	FENIL MERCAPTANO	108-98-5		0.5	2	-	-
292	FENOL	108-95-2	PIEL, A4	5	19	10	38
293	FENOTIACINA	92-84-2	PIEL	-	5	-	10
294	FENSULFOTION (dasanit)	115-90-2	A4	-	0.1	-	-
295	FERBAM	14484-64-1	A4	-	10	-	20
296	FERROVANADIO, POLVO	12604-58-9		-	1	-	3
297	FIBRA DE VIDRIO, POLVO			-	10	-	-
298	FLUOR	7782-41-4	A4	1	2	2	4
299	FLUOROACETATO DE SODIO	62-74-8	PIEL	-	0.05	-	0.15
300	FLUORURO (como F)	7781-41-4	A4	-	2.5	-	-
301	FLUORURO DE CARBONILO	353-50-4		2	5	5	15
302	FLUORURO DE PERCLORILO	7616-94-6		3	14	6	28
303	FLUORURO DE SULFURILO	2699-79-8		5	20	10	40
304	FORATO (thimet)	298-02-2	PIEL	-	0.05	-	0.2
305	FORMALDEHIDO	50-00-0	A2, P	-	-	2	3
306	FORMAMIDA	75-12-7	PIEL	20	30	30	45
307	FORMATO DE ETILO	109-94-4		100	300	150	450
308	FORMATO DE METILO	107-31-3		100	250	150	375
309	FOSFATO DE DIBUTILO	107-66-4		1	5	2	10
310	FOSFATO DE TRIBUTILO	126-73-8		0.2	2.5	0.4	5
311	FOSFINA	7803-51-2		0.3	0.4	1	1
312	FOSFORO AMARILLO	7723-14-0		-	0.1	-	0.3
313	FOSFORO, PENTAFLUORURO DE	10026-13-8		0.1	1	-	-
314	FOSFORO, PENTASULFURO DE	1314-80-3		-	1	-	3
315	FOSFORO, TRICLORURO DE	7719-12-2		0.2	1.1	0.5	2.8

316	FTALATO DE DIBUTILO	84-74-2		-	5	-	10
317	m-FTALODINITRILLO	626-17-5		-	5	-	-
318	FURFURAL	98-01-1	PIEL, A3	2	8	10	40
319	GAS LICUADO DE PETROLEO	68476-85-7		1000	1800	1250	2250
320	GLICERINA, NIEBLA	56-81-5	(i)	-	10	-	-
321	GLICIDOL (2,3-epoxipropanol)	556-52-5	A3	25	75	100	300
322	GLUTARALDEHIDO	111-30-8	P	-	-	0.2	0.7
323	GRAFITO NATURAL		(j)	-	2	-	-
324	GRAFITO SINTETICO	7782-42-5	(j)	-	10	-	-
325	HAFNIO	7440-58-6		-	0.5	-	1.5
326	HELIO	7440-59-7	(c)	-	-	-	-
327	HEPTANO	142-82-5	PIEL	400	1600	500	2000
328	HEPTACLORO	76-44-8	PIEL, A3	-	0.5	-	2
329	HEXAFLUOROCICLOPENTADIENO	77-47-4	A4	0.01	0.1	0.03	0.3
330	HEXAFLUOROETANO	67-72-1	PIEL, A3	10	100	-	-
331	HEXAFLUORONAFTALENO	1335-87-1	PIEL	-	0.2	-	-
332	HEXAFLUOROACETONA	684-16-2	PIEL	0.1	0.7	0.3	2
333	n-HEXANO	110-54-3		50	176	-	-
	Y OTROS ISOMEROS			500	1760	1000	3500
334	2-HEXANONA (metilbutilcetona)	591-78-6	PIEL	5	20	-	-
335	HEXAFLUORURO DE SELENIO (como Se)	7783-79-1		0.05	0.4	-	-
336	HEXAFLUORURO DE AZUFRE	2551-62-4		1000	6000	1250	7500
337	HEXAFLUORURO DE TELURIO (como Te)	7783-80-4		0.02	0.2	-	-
338	HEXONA (metil isobutil cetona)	108-10-1		50	205	75	307
339	HEXILENGLICOL	107-41-5	P	-	-	25	125
340	HIDRACINA	302-01-2	PIEL, A3	0.1	0.1	-	-
341	HIDROXIDO DE CALCIO	1305-62-0		-	5	-	-
342	HIDROXIDO DE CESIO	21351-79-1		-	2	-	-
343	HIDROXIDO DE SODIO	1310-73-2	P	-	-	-	2
344	HIDROXIDO DE TRICICLOHEXILTIN (pietran)	13121-70-5	A4	-	5	-	-
345	HIDROGENO	1333-74-0	(c)	-	-	-	-
346	HIDRURO DE LITIO	7580-67-8		-	0.025	-	-
347	HIERRO, SALES SOLUBLES (como Fe)			-	1	-	2
348	HUMOS DE SOLDADURA		B2	-	5	-	-
349	INDENO	95-13-6		10	45	15	70
350	INDIO Y COMPUESTOS (como In)	7440-74-6		-	0.1	-	0.3
351	ITRIO	7440-65-5		-	1	-	3
352	ISOCIANATO DE METILO	624-83-9	PIEL	0.02	0.05	-	-
353	ISOFORONA	78-59-1	P, A3	-	-	5	25
354	ISOPROPILAMINA	75-31-0		5	12	10	24
355	a-ISOPROPOXIFENILMETIL CARBAMATO (baygon)			-	0.05	-	2
356	LACTATO DE n-BUTILO	138-22-7		5	25	-	-
357	LINDANO	58-89-9	PIEL, A3	-	0.5	-	1.5
358	MADERA POLVO MADERA DURA		A1	-	1	-	-
359	MADERA SUAVE			-	5	-	10
360	MAGNESITA	546-93-0	(e)	-	10	-	20
361	MALATHION	121-75-5	PIEL, A4	-	10	-	-
362	MANGANESO Y COMPUESTOS INORGANICOS (como Mn)	7439-96-5		-	0.2	-	-
	MANGANESO, HUMO (como Mn)			-	1	-	3
363	MERCURIO (compuestos de alquilos) (como Hg)	7439-97-6	PIEL	-	0.01	-	0.03
	MERCURIO (arilos como Hg)	7439-97-6		-	0.05	-	-
	MERCURIO (todas las formas inorgánicas incluyendo el metal)	7439-97-6	A4	-	0.05	-	-
364	METANO	74-82-8	(c)	-	-	-	-
365	METANOTIOL (metil mercaptano)	74-93-1		0.5	1	-	-
366	METIL AZINPHOS	86-50-0	PIEL, A4	-	0.2	-	0.6
367	METIL ACRILONITRILLO	126-98-7	PIEL	1	3	2	6

368	METILACETILENO-PROPADIENO MEZCLA (MAPP)			1000	1800	1250	2250
369	METIL ACETILENO	74-99-7		1000	1650	1250	2040
370	METILAL (dimetoximetano)	109-87-5		1000	3100	1250	3878
371	METIL n-AMILCETONA (2-heptanona)	110-43-0		50	235	100	465
372	METILAMINA	74-89-5		10	12	-	-
373	METILEN bis (4-CICLOHEXILISOCIANATO)	5124-30-1		0.01	0.11	-	-
374	4,4'-METILEN bis (2-CLOROANILINA) (MOCA; MBOCA)	101-14-4	PIEL, A2	0.02	0.22	-	-
375	METIL BISFENIL ISOCIANATO (MDI)	101-68-8		0.005	0.051	-	-
376	METIL CICLOHEXANO	108-87-2		400	1600	500	2000
377	METIL CICLOHEXANOL	25639-42-3		50	235	75	350
378	METIL CLOROFORMO (1,1,1-tricloroetano)	71-55-6	A4	350	1900	450	2460
379	o-METILCICLOHEXANONA	583-60-8	PIEL	50	230	75	345
380	2-METILCICLOPENTADIENIL MANGANESO TRICARBONIL (como Mn)	12108-13-3	PIEL	-	0.2	-	0.6
381	a-METILESTIRENO	98-83-9		50	240	100	485
382	METIL DEMETON	8022-00-2	PIEL	-	0.5	-	1.5
383	METIL ETIL CETONA (2-butanona) (MEK)	78-93-3		200	590	300	885
384	METIL ISOBUTIL CETONA (hexona)	108-10-1		50	205	75	307
385	METIL ISOBUTIL CARBINOL (alcohol amil-metilico)	108-11-2	PIEL	25	100	40	165
386	METACRILATO DE METILO	80-62-6	A4	100	410	125	510
387	METIL HIDRACINA	60-34-4	PIEL, A3,	0.01	0.019	-	-
388	METIL ISOAMIL CETONA	110-12-3		100	475	-	-
389	METIL PARATHION	298-00-0	PIEL, A4	-	0.2	-	0.6
390	METOMIL	16752-77-5	PIEL, A4	-	2.5	-	-
391	METOXICHLOR	72-43-5	A4	-	10	-	-
392	2-METOXIETANOL (metil calloslove)	109-86-4	PIEL	25	80	35	120
393	MICA	12001-26-2	(j)	-	3	-	-
394	MOLIBDENO (como Mo)	7439-98-7					
	- COMPUESTOS SOLUBLES			-	5	-	10
	- COMPUESTOS INSOLUBLES			-	10	-	20
395	MONOCROTOPHOS (azodrin)	6923-22-4	PIEL, A4	-	0.25	-	-
396	MONOMETIL ANILINA	100-61-8	PIEL	2	9	-	-
397	MONOCLORURO DE AZUFRE	10025-67-9	P	-	-	1	6
398	MONOXIDO DE CARBONO	630-08-0		50	55	400	400
399	MORFOLINA	110-91-8	PIEL, A4	20	70	30	105
400	β -NAFTIL AMINA	91-59-8	A1	-	-	-	-
401	NAFTALENO	91-20-3	A4	10	50	15	75
402	NEON	7440-01-9	(c)	-	-	-	-
403	NEGRO DE HUMO (negro de carbón)	1333-86-4	A4	-	3.5	-	7
404	NICOTINA	54-11-5	PIEL	-	0.5	-	1.5
405	NIQUEL (compuestos solubles) (como Ni)	7440-02-0		-	0.1	-	0.3
406	NIQUEL, METAL	7440-02-0		-	1	-	.
407	NIQUEL, SULFURO DE (humos y polvos)	7440-02-0	A1	-	1	-	-
408	NITRATO DE n-PROPILO	627-13-4		25	105	40	170
409	p-NITRO ANILINA	100-01-6	PIEL, A4	1	6	-	-
410	NITRO BENCENO	98-95-3	PIEL, A3	1	5	2	10
411	p-NITRO CLORO BENCENO	100-00-5	PIEL, A3	-	1	-	2
412	NITRO-TRI- CLORO METANO (cloropicrina)	76-06-2	A4	0.1	0.7	-	-
413	4-NITRO DIFENILO	92-93-3	PIEL, A2	-	-	-	-
414	NITRO ETANO	79-24-3		100	310	150	465
415	NITRO GLICERINA	55-63-00	PIEL	0.05	0.5	0.1	1
416	NITRO METANO	75-52-5		100	250	150	375
417	NITROPIRINA (2-cloro-6- (triclorometil) piridina)	1929-82-4	A4	20	100		
418	1-NITRO PROPANO	108-03-2	A4	25	90	35	135
419	2-NITRO PROPANO	79-42-9	A3	25	90	-	-
420	NITROTOLUENO (o, m, p)	88-72-2 99-08-1 99-99-0	PIEL	5	30	10	60

421	NONANO (todos sus isómeros)	111-87-2		200	1050	250	1300
422	OCTACLORO NAFTALENO	2234-13-1	PIEL	-	0.1	-	0.3
423	OCTANO	111-65-9		300	1450	375	1800
424	OXIDO DE ALUMINIO	1344-28-1	(e), A4		10		
425	OXIDO DE BORO	1303-86-2		-	10	-	20
426	OXIDO DE CADMIO, HUMO (como Cd)	1306-19-0	A2,P			-	0.05
427	OXIDO DE CALCIO	1305-78-8		-	2	-	-
428	OXIDO DE BIFENILO CLORADO			-	0.5	-	2
429	OXIDO DE ETILENO	75-21-8	A2	1	2	-	-
430	OXIDO DE ESTAÑO	7440-31-5		-	10	-	20
431	OXIDO DE HIERRO (Fe2O3 como Fe)	1309-37-1	B2, (i) A4	-	5	-	10
432	OXIDO DE MAGNESIO, HUMO (como Mg)	1309-48-4		-	10	-	-
433	OXIDO NITRICO	10102-43-9		25	30	35	45
434	OXIDO DE PROPILENO (1,2-epoxipropano)	75-56-9	A3	20	50	-	-
435	OXIDO DE ZINC, HUMO	1314-13-2		-	5	-	10
436	OXIDO DE ZINC, POLVOS	1314-13-2	(e)	-	10	-	
437	OZONO	10028-15-6	P	-	-	0.1	0.2
438	PARAFINA, HUMOS	8002-74-2		-	2	-	6
439	PARAQUAT	4685-14-7					
	como polvo total			-	0.5	-	-
	fracción respirable				0.1	-	-
440	PARATHION	56-38-2	PIEL, A4	-	0.1	-	0.3
441	PARTICULAS POLICICLICAS DE HIDROCARBUROS AROMATICOS	65996-93-2	A1	-	0.02	0.015	0.03
442	PENTABORANO	19624-22-7		0.005	0.01	0.015	0.03
443	PENTACARBONIL DE HIERRO (como Fe)	13463-40-6		0.01	0.8	0.2	1.6
444	PENTACLOROFENOL	87-86-5	PIEL, A3	-	0.5	-	1.5
445	PENTACLORO NAFTALENO	1321-64-8	PIEL	-	0.5	-	2
446	PENTAERITRITOL	115-77-5		-	10	-	20
447	PENTAFLUORURO DE AZUFRE	5714-22-7	P	-	-	0.025	0.25
448	PENTAFLUORURO DE BROMO	7789-30-2		0.1	0.7	0.3	2
449	PENTANO			600	1800	760	2250
450	2-PENTANONA	107-87-9		200	700	-	-
451	PERCLOROETILENO (tetracloroetileno)	127-18-4	A3	100	670	200	1340
452	PERCLOROMETIL MERCAPTANO	594-42-3		0.1	0.8	-	-
453	PERLITA	93763-70-3	(e), A4	-	10	-	-
454	PEROXIDO DE BENZOILO	94-36-0	A4	-	5	-	-
455	PEROXIDO DE HIDROGENO	7722-84-1	A3	1	1.5	2	3
456	PEROXIDO DE METIL ETIL CETONA	1338-23-4	P	-	-	0.2	1.5
457	PHOSDRIN (mevinphos)	7786-34-7	PIEL	0.01	0.1	0.03	0.3
458	PICLORAM	1918-02-1	A4	-	10	-	20
459	PIRETRUM	8003-34-7	A4	-	5	-	10
460	PIRIDINA	110-86-11		5	15	10	30
461	2-PIVALIL-1,3-INDANDIONA (pindona)	83-26-1		-	0.1	-	0.3
462	PLATA	7440-22-4					
	METAL	7440-22-4		-	0.1	-	-
	COMPUESTOS SOLUBLES (como Ag)	7440-22-4		-	0.01	-	-
463	PLATINO (como Pt)	7440-06-4		-	0.002	-	-
464	PLOMO, POLVOS INORGANICOS, HUMOS Y POLVOS (como Pb)	7439-92-1	A3	-	0.15	-	-
465	PROPANO	74-98-6	(c)	-	-	-	-
466	PROPILENO	115-07-1	A4, (c)	-	-	-	-
467	PROPILNIMINA	75-55-8	PIEL, A3	2	5	-	-
468	QUINONA (p-benzoquinona))	106-51-4		0.1	0.4	0.3	1
469	RESORCINOL	108-46-3	A4	10	45	20	90
470	RODIO, METAL, HUMOS Y POLVO (como Rh)	7440-16-6	A4	-	1	-	-
471	RODIO, SALES SOLUBLES (como Rh)	7440-16-6	A4	-	0.01	-	-
472	RONNEL	299-84-3	A4	-	10	-	-

473	ROSINA (productos de la pirólisis de las varillas de soldadura como formaldehído)	8050-09-7		-	0.1	-	0.3
474	ROTONONA	83-79-4	A4	-	5	-	10
475	SACAROSA		A4	-	10	-	20
476	SELENIO COMPUESTOS (como Se)	7782-49-2		-	0.2	-	-
477	SELENIURO DE HIDROGENO	7783-07-5		0.05	0.2	-	-
478	SILANO (tetrahidruro de silicio)	7803-62-5		5	7	-	-
479	SILICATO DE CALCIO	1344-95-2	(e) A4	-	10	-	-
480	SILICATO DE ETILO	78-10-4		10	85	30	255
481	SILICATO DE METILO	681-84-5		1	6	5	30
482	SILICE AMORFA						
	GEL DE SILICE	112926-00-8			10	-	-
	SILICE FUNDIDA	60676-86-0	(j)	-	0.1	-	-
	SILICE, HUMOS	69012-64-2	(j)	-	2	-	-
	SILICE PRECIPITADA	112926-00-8		-	10	-	-
	TIERRA DE DIATOMEAS (sin calcinar)	61790-53-2	(e)	-	10	-	-
	PARTICULAS INHALABLES		(e)	-	10	-	-
	PARTICULAS RESPIRABLES		(e)	-	3	-	-
483	SILICE CRISTALINA						
	CRISTOBALITA	14464-46-1	(j)	-	0.05	-	-
	CUARZO	14808-60-7	(j)	-	0.1	-	-
	TRIDIMITA	15468-32-3	(j)	-	0.05	-	-
	TRIPOLI (contenido respirable de polvo de cuarzo)	1317-95-9	(j)	-	0.1	-	-
484	SILICIO	7440-21-3	(e)	-	10	-	20
485	SOAPSTONE						
	POLVOS INHALABLES		(e)	-	6	-	-
	POLVOS RESPIRABLES		(j)	-	3	-	-
486	SOLVENTE DE HULE (nafta)	8030-30-6		400	1600	-	-
487	SOLVENTE STODDARD (gas nafta)	8052-41-3		100	523	200	1050
488	SUBTILICINAS (enzimas proteolíticas como enzima cristalina 100% pura)		(m)	-	0.0006	-	-
489	SULFAMATO DE AMONIO (ammate)	7773-06-0		-	10	-	20
490	SULFOTEP	3689-24-5	PIEL, A4	-	0.2	-	0.6
491	TALCO (con fibras de asbesto, usar los límites para asbesto)			-	-	-	-
	TALCO (sin fibras de asbesto)	14807-96-6	(j), A4	-	2	-	-
492	TALIO, COMPUESTOS SOLUBLES (como Ta)	7740-28-0	PIEL	-	0.1	-	-
493	TANTALO	7440-61-0		-	5	-	10
494	TELURIO Y COMPUESTOS (como Te)	13494-80-9		-	0.1	-	-
495	TELURIURO DE BISMUTO como Bi ₂ Te ₃	1304-82-1	A4	-	10	-	20
496	TELURIURO DE BISMUTO (contaminado con Se)		A4	-	5	-	10
497	TEPP	107-49-3	PIEL	0.004	0.05	-	-
498	p-ter-BUTIL TOLUENO	98-51-1		10	60	20	120
499	TERFENILOS	26140-60-3	P	-	-	0.5	-
	TERFENILOS HIDROGENADOS	61788-32-7		0.5	5	-	-
500	TETRABORATOS, SALES DE SODIO	1303-96-4					
	- ANHIDRO			-	1	-	-
	- DECAHIDRATADO			-	5	-	-
	- PENTAHIDRATADO			-	1	-	-
501	TETRABROMURO DE ACETILENO	79-72-6		1	15	1.5	20
502	TETRABROMURO DE CARBONO	558-13-4		0.1	1.4	0.3	4
503	1,1,1,2-TETRACLORO-2,2-DIFLUOROETANO	76-11-9		500	4170	626	5210
504	1,1,2,2-TETRACLORO-1,2-DIFLUOROETANO	76-12-0		500	4170	625	5210
505	TETRACLORO NAFTALENO	1335-88-2		-	2	-	4
506	1,1,2,2-TETRACLOROETANO	79-34-5	PIEL, A4	5	35	10	70
507	TETRACLOROETILENO (percloroetileno)	127-18-4	A3	200	1250	-	-
508	TETRACLORURO DE CARBONO	56-23-5	PIEL, A2	5	30	20	126
509	TETRAETILO DE PLOMO (como Pb)	78-00-2	PIEL, (o), A4	-	0.1	-	0.3

510	TETRAFLUORURO DE AZUFRE	7783-60-0	P	-	-	0.1	0.4
511	TETRAHIDROFURANO	109-99-9		200	590	250	735
512	TETRAHIDRURO DE GERMANIO	7782-65-2		0.2	0.6	0.6	1.8
513	TETRAMETILO DE PLOMO (como Pb)	75-74-1	PIEL, (o)	-	0.15	-	0.5
514	TETRAMETIL SUCCINO NITRIL	3333-52-6	PIEL	0.5	3	2	9
515	TETRANITRO METANO	509-14-8	A3	1	8	-	-
516	TETRIL (2,4,6-trinitrofenilmetil-nitramina)	479-45-8	PIEL	-	1.5	-	3
517	THIRAM	137-26-8	A4	-	1	-	-
518	4,4'-TIOBIS (6-ter-BUTIL-m-CRESOL)	96-69-5		-	10	-	20
519	TOLUENO	108-88-3	PIEL, A4	50	188	-	-
520	o-TOLUIDINA	95-53-4	PIEL, A3	5	22	-	-
521	TOXAFENO (CANFENO CLORADO)	8001-35-2	PIEL,A3	-	0.5	-	-
522	TRIBROMURO DE BORO	10294-33-4	P	-	-	1	10
523	TRICARBONIL CICLOPENTADIENIL MANGANESO (como Mn)	12079-65-1	PIEL	-	0.1	-	-
524	1,2,4-TRICLORO BENCENO	120-82-1	P	-	-	5	40
525	1,1,2-TRICLOROETANO	79-00-5	PIEL, A4	10	45	20	30
526	1,1,1-TRICLOROETANO (metil cloroformo)	71-55-6	A4	350	1900	450	2460
527	TRICLOROETILENO	79-01-6	A5	100	535	200	1080
528	TRICLORO FLUOROMETANO	75-69-4	P, A4	-	-	1000	5600
529	TRICLORO NAFTALENO	1321-65-9	PIEL	-	5	-	10
530	1,2,3-TRICLORO PROPANO	96-18-4	PIEL, A3	50	300	75	450
531	1,1,2-TRICLORO 1,2,2-TRIFLUOROETANO	76-13-1	A4	1000	1600	1250	9500
532	TRITILAMINA	121-44-8	PIEL, A4	25	100	40	160
533	TRIFENILFOSFATO	115-86-6	A4	-	3	-	6
534	TRIFLUORO BROMO METANO	75-63-8		1000	6100	1200	7200
535	TRIFLUORURO DE BORO	7637-07-2	P	-	-	1	3
536	TRIFLUORURO DE CLORO	7790-91-2	P	-	-	0.1	0.4
537	TRIFLUORURO DE NITROGENO	7783-54-2		10	30	15	45
538	TRIMETIL BENCENO	25551-13-7		25	125	35	170
539	TRIMETIL FOSFITO	121-45-9		2	10	5	25
540	2,4,6-TRINITRO FENIL METIL-NITRAMINA	479-45-8		-	1.5	-	-
541	2,4,6-TRINITRO FENOL (ácido picrico)	88-89-1		-	0.1	-	0.3
542	2,4,6-TRINITROTOLUENO (TNT)	118-96-7	PIEL	-	0.5	-	3
543	TRI- α -CRESILO FOSFATO	78-30-8	PIEL, A4	-	0.1	-	0.3
544	TRIOXIDO DE ANTIMONIO (uso-manipulación, como Sb)	1309-64-4		-	0.5	-	-
545	TRIOXIDO DE ANTIMONIO (producción)	1309-64-4	A2	-	1	-	-
546	TRIOXIDO DE ARSENICO (producción)		A1	-	0.5	-	-
547	TETRAOXIDO DE OSMIO (como Os)	20816-12-0		0.0002	0.002	0.0006	0.006
548	TUNGSTENO Y COMPUESTOS (como W):	7440-33-7					
	-SOLUBLES			-	1	-	3
	-INSOLUBLES			-	5	-	10
549	URANIO (NATURAL) COMPUESTOS SOLUBLES E INSOLUBLES	7440-61-1	A1	-	0.2	-	0.6
550	VALERALDEHIDO	110-62-3		50	175	-	-
551	VANADIO (V2O2) POLVOS Y HUMOS	1314-62-1	A4	-	0.5	-	-
552	VIDRIO, FIBRA DE (polvo)			-	10	-	-
553	VINIL TOLUENO	25013-15-4	A4	50	240	100	485
554	VM Y NAPHTA	8032-32-4	A3	300	1350	400	1800
555	WARFARIN	81-81-2		-	0.1	-	0.3
556	XILENO (o-m-p-isómeros)	1330-20-7 95-47-6 108-38-3 106-42-3	A4	100	435	150	655
557	m-XILENOa; Error! No se encuentra el origen de la referencia.,a'-DIAMINA	1477-51-0	PIEL	-	-	-	0.1
558	XILIDENO	1300-73-8	PIEL, A3	0.5	25	-	-
559	YESO (gypsum, plaste de París, sulfato de calcio)	7778-18-9	(e)	-	10	-	-

560	YODO	7553-56-2	P	-	-	0.1	1
561	YODOFORMO	75-47-8		0.6	10	1	20
562	YODURO DE METILO	74-88-4	PIEL	2	10	5	30
563	ZIRCONIO, COMPUESTOS (como Zi)	7440-67-7	A4	-	5	-	10

CONNOTACIONES Y NOTAS DE LA TABLA I.1:

A1, A2, A3, A4 y A5: se refieren al apartado I.2 Clasificación de cancerígenos.

B1 y B2: se refieren al apartado I.3 Sustancias de composición variable.

P: cuando aparece esta connotación, el valor de la última columna, LMPE-CT o Pico, se refiere al valor Pico, cuando no aparezca, el valor de la última columna se refiere al valor LMPE-CT

PIEL: es una connotación que se agrega a algunos compuestos para identificar qué contaminante del medio ambiente puede ser absorbido a través de la piel, las membranas mucosas o los ojos en cantidades significativas, incrementando la exposición total a ese contaminante del medio ambiente.

(c) asfixiante simple: no puede ser recomendado un LMPE para cada asfixiante simple debido a que el factor limitante es el oxígeno disponible. El contenido mínimo de oxígeno debe ser 19.5% en volumen bajo presión atmosférica normal, equivalente a una presión parcial del oxígeno de 19.49 kPa equivalente a 146.25 mmHg. Las atmósferas deficientes en oxígeno no proporcionan advertencias adecuadas ya que la mayoría de los asfixiantes simples son inodoros. Varios asfixiantes simples presentan peligro de explosión. Este factor debe considerarse al limitar la concentración del asfixiante.

(d) NEOM: partículas que no están clasificadas de otra manera.

(e) valores para partículas inhalables, de acuerdo al procedimiento 53 del apéndice II, que no contenga asbesto y menos del 1% de sílice.

(f) fibras.

(g) el valor es para la materia particulada conteniendo menos de 5% de sílice cristalina, la evaluación debe hacerse con respecto al LMPE-PPT de 0.1 mg/m³ para el cuarzo respirable. La concentración de las partículas respirables para la aplicación de este límite se ha de determinar en base a la fracción que pase un selector de tamaño de partícula con las características del apéndice I apartado 1.5

(i) partículas inhalables, de acuerdo al procedimiento 53 del apéndice II.

(j) estos LMPE son para las partículas respirables de acuerdo al procedimiento 68 del apéndice II de las partículas de las sustancias enlistadas; la concentración de polvos respirables para la aplicación de este límite, se determina con la fracción que pasa por un selector de tamaño con las características definidas en el inciso I.3.

(m) basado en muestreo de alto volumen.

(o) para mayor protección del trabajador se requiere un monitoreo biológico.

(q) pelusas libres medidas por el método aprobado para medir el polvo del algodón.

Nota: las connotaciones y notas se tomaron de la publicación de los valores máximos permisibles (TLV's) de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

APENDICE I

I.2 Clasificación de carcinógenos

Las sustancias carcinógenas son aquellas que producen cáncer y se clasifican en 5 niveles:

A1 Carcinógeno humano confirmado

El agente es carcinógeno para los humanos, basado en evidencias de estudios epidemiológicos o evidencias clínicas convincentes en humanos expuestos. A los trabajadores expuestos a carcinógenos A1 sin límite máximo permisible de exposición, se les debe suministrar equipo de protección personal para reducir al mínimo posible la exposición. Para los carcinógenos A1 con límite máximo permisible de exposición se debe controlar cuidadosamente la exposición de los trabajadores por todas las vías de ingreso para mantener esta exposición lo más abajo posible de dicho límite.

A2 Carcinógeno humano sospechoso

El agente es carcinógeno en animales de experimentación, por vías de administración, en órganos o tejidos o por mecanismos que se consideran relevantes para la exposición del trabajador. Los estudios epidemiológicos son contradictorios e insuficientes para confirmar un incremento en el riesgo de cáncer en humanos expuestos. Para los A2 se debe controlar cuidadosamente la exposición de los trabajadores por todas las vías de ingreso para mantener esta exposición lo más abajo posible de dicho límite.

A3 Carcinógeno en animales

El agente es carcinógeno en animales de experimentación a dosis relativamente altas, por vías de administración en órganos, tejidos o por mecanismos que no son considerados relevantes para el trabajador expuesto. Los estudios epidemiológicos disponibles no confirman un aumento en el riesgo de cáncer en humanos expuestos. La evidencia sugiere que no es probable que el agente cause cáncer en humanos excepto bajo vías o niveles de exposición poco comunes e improbables. Para los A3 se debe controlar cuidadosamente la exposición de los trabajadores por todas las vías de ingreso para mantener esta exposición lo más abajo posible de dicho límite.

A4 No clasificado como carcinógeno en humano

Los datos son insuficientes para clasificar al agente en términos de su carcinogenicidad en humanos o en animales.

A5 No sospechoso como carcinógeno humano

El agente no es sospechoso de ser un carcinógeno humano basado en estudios epidemiológicos en humanos. Estos estudios tienen el seguimiento suficiente, historias confiables de exposición, dosis suficientemente elevadas y pruebas estadísticas con suficiente potencia para concluir que la exposición al agente no conlleva a un riesgo significativo de cáncer para los humanos. Las evidencias sugieren que la ausencia de carcinogenicidad en animales de experimentación pueden considerarse, siempre y cuando estén apoyadas en otros datos relevantes.

APENDICE I

I.3 SUSTANCIAS DE COMPOSICION VARIABLE

Las sustancias de composición variable se clasifican en dos tipos:

B1 Productos de la descomposición del politetrafluoretileno

La descomposición térmica de la cadena de fluorocarbonos en el aire, provoca la formación de productos oxidados que contienen carbono, flúor y oxígeno. Dado que estos productos se descomponen en parte por hidrólisis en solución alcalina, se pueden determinar cuantitativamente en el aire como fluoruro con objeto de dar un índice de exposición. Actualmente no existen LMPE para los productos de descomposición de los fluorocarbonos.

B2 Humos de soldadura

Se clasifican como NEOM y la composición y cantidad de los humos y el total de partículas dependen de la aleación a soldar y del proceso y los electrodos que se usan. No se puede realizar un análisis confiable de los humos sin tomar en cuenta la naturaleza del proceso y el sistema de soldadura objeto del examen. Las aleaciones y los metales reactivos tales como el aluminio y titanio, se deben soldar con arco en una atmósfera inerte, por ejemplo de argón. Este tipo de soldadura origina una cantidad relativamente pequeña de humos, pero genera una radiación intensa que puede producir ozono. Para soldar aceros con arco se emplean procesos similares, que también originan un nivel relativamente bajo de humos. También se sueldan con arco aleaciones de hierro en entornos oxidantes, lo que genera una cantidad considerable de humos y puede producir monóxido de carbono en lugar de ozono. Generalmente, tales humos se componen de partículas discretas de escorias amorfas que contienen hierro, manganeso, sílice y otros elementos constituyentes metálicos según las aleaciones de que se trate. Cuando se sueldan con arco aceros inoxidable, en los humos se encuentran compuestos de cromo y níquel. El recubrimiento y el núcleo fundente de algunos electrodos contienen fluoruros, por lo que los humos desprendidos de ellos pueden contener una cantidad significativamente mayor de fluoruros que de óxidos.

Debido a estos factores, en la mayoría de los casos de soldadura con arco, se debe verificar los elementos individuales que puedan estar presentes para determinar si se sobrepasan los límites máximos permisibles de exposición de cada uno. Las conclusiones basadas en la concentración de partículas NEOM de humos son generalmente adecuadas si el núcleo o revestimiento del electrodo no contienen elementos tóxicos ni conduce a la formación de gases tóxicos. En tal caso, se deben comparar los resultados contra el LMPE para partículas NEOM de 5 mg/m³.

APENDICE I

I.4 Límites máximos permisibles de exposición para mezclas

I.4.1 Efecto aditivo

Cuando estén presentes dos o más sustancias que actúen sobre el mismo sistema u órganos, se debe considerar principalmente su efecto combinado más que cualquier efecto que puedan ejercer dichas sustancias por separado; si no existe información contraria, los efectos deben considerarse como aditivos, la suma no debe ser mayor que 1. Es decir:

$$\frac{C_1}{\text{LMPE-PPT}_1} + \frac{C_2}{\text{LMPE-PPT}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{LMPE-PPT}_n} \leq 1$$

donde:

C es la medida de la concentración de los contaminantes del medio ambiente laboral y el subíndice la correlaciona con cada uno de los LMPE-PPT.

Ejemplo

En un ambiente de trabajo se encontró que el aire contiene 400 ppm de acetona (LMPE-PPT 750 ppm), 150 ppm de acetato de sec-butilo (LMPE-PPT 200 ppm), y 100 ppm de metil etil cetona (LMPE-PPT 200 ppm)

$$\frac{400}{750} + \frac{150}{200} + \frac{100}{200} = 0.53 + 0.75 + 0.5 = 1.78 > 1$$

por lo tanto se rebasa el LMPE-PPT de la mezcla.

1.4.2 Caso especial del efecto aditivo

Cuando la fuente de contaminación es una mezcla líquida y se presume que la proporción de contaminantes ambientales es similar a la composición del material original, el LMPE se expresa con la siguiente fórmula:

$$LMPE_{(mezcla)} = \frac{1}{\frac{f_1}{LMPE_1} + \frac{f_2}{LMPE_2} + \frac{f_3}{LMPE_3} + \dots + \frac{f_n}{LMPE_n}}$$

donde:

f es la composición porcentual en peso del componente y el subíndice la correlaciona con cada uno de los LMPE expresado en mg/m³

Para evaluar el cumplimiento con el LMPE de la mezcla, los instrumentos de muestreo en campo se deben de calibrar en el laboratorio para tener respuesta específica a esta mezcla aire-vapor en forma cualitativa y cuantitativa, y también a concentraciones fraccionadas de esta mezcla. Ejemplo: ½ del LMPE; 1/10 del LMPE; 2 veces el LMPE; 10 veces el LMPE, etc.

Ejemplo

Se tiene una mezcla líquida que contiene:

50% de heptano con LMPE-PPT = 400 ppm

30% de metil cloroformo con LMPE-PPT = 350 ppm

20% de percloroetileno con LMPE-PPT = 25 ppm

$$1\text{ppm} = \left(\frac{24.45}{PM}\right)\text{mg}/\text{m}^3$$

fórmulas de conversión

para heptano PM = 100

$$\text{mg}/\text{m}^3 = \left(\frac{100}{24.45}\right)400\text{ppm} = 1640$$

para metil cloroformo PM = 133.5

$$\text{mg}/\text{m}^3 = \left(\frac{133.5}{24.45}\right)350\text{ppm} = 1910$$

para percloroetileno PM = 166

$$\text{mg}/\text{m}^3 = \left(\frac{166}{24.45}\right)25\text{ppm} = 170$$

y se asume que la mezcla se evapora totalmente.

$$LMPE_{(mezcla)} = \frac{1}{\frac{0.5}{1640} + \frac{0.3}{1910} + \frac{0.2}{170}}$$

$$= \frac{1}{0.0003 + 0.00016 + 0.00118} = 610 \text{ mg}/\text{m}^3$$

de esta mezcla

el 50% o (610) (0.5) = 305 mg/m³ es de heptano

el 30% o (610) (0.3) = 183 mg/m³ es de metil cloroformo

el 20% o (610) (0.2) = 122 mg/m³ es de percloroetileno

Estos valores se convierten a ppm de la siguiente manera:

Heptano (305 mg/m³) (0.24) = 73 ppm

Metil cloroformo (183 mg/m³) (0.18) = 33 ppm

Percloroetileno (122 mg/m³) (0.15) = 18 ppm

LMPE-PPT de la mezcla = 73 + 33 + 18 = 124 ppm

1.4.3 Efectos independientes

Cuando los efectos principales de los distintos contaminantes presentes en el medio ambiente de trabajo no son aditivos sino independientes, se pueden hacer excepciones a esta regla, como ocurre cuando los distintos componentes de la mezcla producen efectos puramente locales en distintos órganos del cuerpo. En tales casos se rebasa el LMPE cuando por lo menos un término de la misma serie tiene un valor mayor que la unidad, por lo que se debe cumplir con:

$$\frac{C_1}{LMPE_1} \leq 1, \frac{C_2}{LMPE_2} \leq 1, \dots, \frac{C_n}{LMPE_n} \leq 1$$

Ejemplo

Una mezcla de contaminantes contiene 0.15 mg/m³ de plomo (LMPE-PPT = 0.15 mg/m³) y 0.7 mg/m³ de ácido sulfúrico (LMPE-PPT = 1 mg/m³)

$$\frac{0.15}{0.15} = 1, \frac{0.7}{1} = 0.7$$

por lo que no se rebasa el LMPE-PPT

1.4.4 Efectos sinérgicos

Con algunas combinaciones de contaminantes del medio ambiente laboral, pueden darse efectos de acción sinérgica o potencializadora. En tales casos, por el momento deben ser determinados individualmente. Estos contaminantes potenciadores o sinérgicos no son necesariamente nocivos por sí mismos. También es

posible potenciar los efectos de la exposición a dichos contaminantes por vías de ingreso diferentes a la inhalación, por ejemplo, la ingestión de alcohol y la inhalación de un narcótico como el tricloroetileno.

El efecto sinérgico se presenta de manera característica a concentraciones altas y con menor probabilidad si son bajas.

Ejemplos de procesos típicamente asociados a dos o más contaminantes ambientales nocivos, son la soldadura, voladura con explosivos, pintura, laqueado, ciertas operaciones de fundición, los humos de escape de los motores de diesel y de gasolina, entre otros.

APENDICE I

I.5 Partículas No Especificadas de Otra Manera (NEOM)

Son aquellas partículas para las que no existe evidencia de efectos tóxicos específicos. Estas partículas llamadas comúnmente "partículas molestas" no causan fibrosis o efectos sistémicos, sin embargo no pueden ser consideradas biológicamente inertes ya que a altas concentraciones han sido asociadas con proteinosis alveolar y a bajas concentraciones pueden inhibir la eliminación de partículas tóxicas en los pulmones al disminuir la movilidad de los macrófagos alveolares.

Por lo anterior el término NEOM se utiliza para enfatizar que todos los materiales son potencialmente tóxicos y evitar que se concluya que estas partículas son inocuas a cualquier concentración. Las partículas identificadas bajo este rubro no deberán contener fibras de asbesto o más de 1% de sílice cristalina.

Los límites máximos permisibles de exposición a NEOM en su fracción inhalable de acuerdo al procedimiento 53 del apéndice II, será de 10 mg/m³ y para la fracción respirable de acuerdo al procedimiento 68 del apéndice II será de 5 mg/m³.

Para cumplir con los LMPE establecidos en esta Norma, la fracción inhalable de acuerdo al procedimiento 53 del apéndice II, consistirá en aquellas partículas capturadas de acuerdo con el procedimiento.

La fracción respirable consiste en aquellas partículas capaces de ser capturadas de acuerdo con la siguiente eficiencia de recolección:

$$SR(d) = SI(d)[1 - F(x)]$$

donde:

SR (d)= la eficiencia de recolección para partículas con diámetro aerodinámico, en μm , (d).
encuentra el origen de la referencia.m, (d).

$$SI(d) = 50\% (1 + e^{-0.06d})$$

F(x) = La función de probabilidad acumulada de una variable normal estandarizada, x

$$x = \ln(d/4.25) / \ln(1.5)$$

ln = logaritmo natural

e = constante de Neper = 2.718

La eficiencia de recolección representativa de varios tamaños de partículas para cada una de las masas de fracciones respectivas se ilustran en las tablas I.1 y I.2.

Tabla I.1

Fracción respirable

Partícula aerodinámica Diámetro (μm encuentra el origen de la referencia.m)	Eficiencia de recolección
0	100
1	97
2	91
3	74
4	50
5	30
6	17
7	9
8	5
10	1

Tabla I.2

Fracción inhalable

Partícula aerodinámica Diámetro (μm encuentra el origen de la referencia.m)	Eficiencia de recolección
0	100
1	97
2	94
5	87

10	77
20	65
30	58
40	54.5
50	52.5
100	50

APENDICE II

Las normas oficiales mexicanas emitidas por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social que se identifican en la tabla II.1 con los números 31 al 71, 73 al 79 y 81 al 99, pasan a formar parte de este apéndice con número de progresión consecutivo del 1 al 67 como procedimientos para la determinación de sustancias químicas en el medio ambiente laboral y se complementan con seis nuevos procedimientos que se anexan y publican identificados con los numerales del 68 al 73 de la tabla II.2

II.1 NORMAS OFICIALES MEXICANAS QUE PASAN A SER PROCEDIMIENTOS PARA LA DETERMINACION DE SUSTANCIAS QUIMICAS EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL.

NUMERO DE PROCEDIMIENTO	NORMAS OFICIALES MEXICANAS	
001	NOM-031-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE CLORURO DE VINILO EN EL AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
002	NOM-032-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ACROLEINA EN EL AIRE-METODO ESPECTROFOTOMETRICO.
003	NOM-033-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE PLOMO Y COMPUESTOS INORGANICOS DE PLOMO-METODO DE ABSORCION ATOMICA.
004	NOM-034-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE NIEBLA DE ACEITE MINERAL EN EL AIRE-METODO ESPECTROFOTOMETRICO DE FLUORESCENCIA.
005	NOM-035-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE MONOXIDO DE CARBONO EN AIRE-METODO ELECTROQUIMICO.
006	NOM-036-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE FORMALDEHIDO EN AIRE-METODO ESPECTROFOTOMETRICO.
007	NOM-037-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE TETRACLORURO DE CARBONO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
008	NOM-038-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE CLORURO DE VINILO EN AIRE-METODO DE MUESTREO PERSONAL.
009	NOM-039-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ACETONA EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
010	NOM-040-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE CLOROFORMO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
011	NOM-041-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE DIOXANO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
012	NOM-042-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE 2-BUTANONA (METIL ETIL CETONA) EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
013	NOM-043-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE DICLORURO DE ETILENO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.

014	NOM-044-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE TRICLOROETILENO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
015	NOM-045-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE BENCENO EN AIRE –METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
016	NOM-046-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE TETRACLOROETILENO (PERCLOROETILENO) EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
017	NOM-047-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE XILENO EN AIRE –METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
018	NOM-048-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE FIBRAS DE ASBESTO SUSPENDIDAS EN LA ATMOSFERA OCUPACIONAL-METODO DE MICROSCOPIA.
019	NOM-049-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ESTIRENO EN AIRE –METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
020	NOM-050-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE TOLUENO EN AIRE –METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
021	NOM-051-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE SILICE LIBRE EN AIRE-METODO COLORIMETRICO.
022	NOM-052-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE CLORURO DE METILENO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
023	NOM-053-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ACIDO SULFURICO EN AIRE-METODO VOLUMETRICO.
024	NOM-054-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE CLORO EN EL AIRE –METODO COLORIMETRICO.
025	NOM-055-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE AMONIACO EN EL AIRE-METODO POTENCIOMETRICO.
026	NOM-056-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ALCOHOL ETILICO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
027	NOM-057-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ACIDO CLORHIDRICO EN AIRE-METODO POTENCIOMETRICO.
028	NOM-058-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE FENOL EN AIRE –METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
029	NOM-059-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE DIOXIDO DE CARBONO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
030	NOM-060-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ACRILONITRILLO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
031	NOM-061-STPS-199 3	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE DIOXIDO DE AZUFRE EN AIRE-METODO VOLUMETRICO.
032	NOM-62-STPS-199 3	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE OXIDO DE PROPILENO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.

033	NOM-063-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ACIDO NITRICO EN AIRE-METODO POTENCIOMETRICO.
034	NOM-064-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ACIDO ACETICO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
035	NOM-065-STPS-19 33	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ACIDO FOSFORICO EN AIRE-METODO COLORIMETRICO.
036	NOM-066-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE BUTADIENO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
037	NOM-067-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ALCOHOL METILICO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
038	NOM-068-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE CICLOHEXANO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
039	NOM-069-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE CLOROBENCENO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
040	NOM-070-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE HIDROXIDO DE SODIO EN AIRE -METODO POTENCIOMETRICO.
041	NOM-071-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION EN AIRE DE CROMO METALICO Y SUS COMPUESTOS INSOLUBLES-METODO ESPECTROFOTOMETRICO DE ABSORCION ATOMICA.
042	NOM-073-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ALCOHOL ISOBUTILICO EN AIRE -METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
043	NOM-074-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ALCOHOL N-BUTILICO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
044	NOM-075-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ALCOHOL ISOPROPILICO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
045	NOM-076-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE CICLO HEXANOL EN AIRE -METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
046	NOM-077-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ACRILATO DE METILO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
047	NOM-078-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ACRILATO DE ETILO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
048	NOM-079-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ACETATO DE ETILO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
049	NOM-081-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ANILINA EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
050	NOM-082-STPS-19 93	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE NITRO TOLUENO EN AIRE -METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
051	NOM-83-STPS-199 4	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL DETERMINACION DE SUSTANCIAS QUIMICAS EN EL AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.

052	NOM-084-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA DETERMINACION DE METALES-METODO DE ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA.
053	NOM-085-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE POLVOS TOTALES EN EL AMBIENTE LABORAL-METODO DE DETERMINACION GRAVIMETRICO.
054	NOM-086-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ACETATO DE VINILO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
055	NOM-087-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE DIMETIL AMINA EN EL AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
056	NOM-088-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ANHIDRIDO MALEICO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
057	NOM-089-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ISOPROPANOL EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
058	NOM-090-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE FTALATO DE OCTILO (FTALATO DE DI-2 ETIL HEXILO) EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
059	NOM-091-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE METIL AMINAS EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
060	NOM-092-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE 1-NAFTIL AMINAS Y 2-NAFTIL AMINAS EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
061	NOM-093-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE TETRAHIDROFURANO EN AIRE - METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
062	NOM-094-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE EPICLOROHIDRINA (1-CLORO,-2-3 EPOXIPROPANO) EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
063	NOM-095-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE NITROPROPANO EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
064	NOM-096-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE HEXANONA EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
065	NOM-097-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE ACRILATOS EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
066	NOM-098-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE 2-ETIL-HEXANOL EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
067	NOM-099-STPS-19 94	HIGIENE INDUSTRIAL-MEDIO AMBIENTE LABORAL-DETERMINACION DE o-CLORO FENOL EN AIRE-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.

**TABLA II.2 NUEVOS PROCEDIMIENTOS QUE SE INTEGRAN PARA LA DETERMINACION DE
SUSTANCIAS QUIMICAS**

PROCEDIMIENTOS	
NUMERO	NOMBRE
068	DETERMINACION DE POLVOS RESPIRABLES EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL-METODO GRAVIMETRICO.
069	DETERMINACION DE HIDROCARBUROS HALOGENADOS EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.

070	DETERMINACION DE OXIDO DE ETILENO EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL-METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES.
071	DETERMINACION DE CADMIO EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL-METODO ESPECTROFOTOMETRICO DE ABSORCION ATOMICA CON FLAMA.
072	DETERMINACION DE BERILIO EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL-METODO ESPECTROFOTOMETRICO DE ABSORCION ATOMICA CON HORNO DE GRAFITO
073	DETERMINACION DE SILICE CRISTALINA EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL-METODO ESPECTROFOTOMETRICO DE ABSORCION INFRARROJA.

APENDICE III
TECNICA DE MUESTREO

A partir del reconocimiento, se debe definir la prioridad de los lugares a muestrear, los trabajadores a muestrear, los puntos de muestreo, la frecuencia de evaluación y los tipos de muestras para ser aplicados con el procedimiento de evaluación de la exposición de los trabajadores a los contaminantes del medio ambiente laboral.

III.1 PRIORIDAD DE LOS LUGARES A MUESTREAR

III.1.1 Para la evaluación del riesgo, se debe dar prioridad a los trabajadores o a los grupos de trabajadores de exposición homogénea bajo los criterios siguientes:

- a) grado de efecto a la salud del contaminante del medio ambiente de trabajo;
- b) grado de exposición potencial;
- c) número de trabajadores expuestos.

III.1.2 Según lo establecido en las tablas III.1, III.2 y III.3, se debe determinar el grado de efecto a la salud y el grado de exposición potencial.

TABLA III.1 EFECTOS A LA SALUD DEL CONTAMINANTE DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO

GRADO DE EFECTO A LA SALUD	EFECTO A LA SALUD	CRITERIOS DE TOXICIDAD			
		RATA DL50	CONEJO DL50	RATA CL50	
		VIA ORAL	VIA CUTANEA	VIA RESPIRATORIA	
		mg/Kg	mg/Kg	mg/l	ppm
0	EFFECTOS LEVES REVERSIBLES O SIN EFFECTOS CONOCIDOS	MAYOR QUE 5000	MAYOR QUE 5000	MAYOR QUE 200	MAYOR QUE 10000
1	EFFECTOS MODERADOS REVERSIBLES	MAYOR QUE 500 HASTA 5000	MAYOR DE 1000 HASTA 5000	MAYOR QUE 20 HASTA 200	MAYOR QUE 2000 HASTA 10000
2	EFFECTOS SEVEROS REVERSIBLES	MAYOR QUE 50 HASTA 500	MAYOR QUE 200 HASTA 1000	MAYOR QUE 2 HASTA 20	MAYOR QUE 200 HASTA 2000
3	EFFECTOS IRREVERSIBLES	MAYOR QUE 20 HASTA 50	MAYOR QUE 20 HASTA 200	MAYOR QUE 0.2 HASTA 2	MAYOR QUE 20 HASTA 200
4	EFFECTOS INCAPACITANTES O FATALES	IGUAL O MENOR DE 20	IGUAL O MENOR DE 20	IGUAL O MENOR DE 0.2	IGUAL O MENOR DE 20

TABLA III.2 GRADO DE EXPOSICION POTENCIAL (LMPE-PPT)

Grado de exposición comparada con el límite máximo permisible de exposición Promedio ponderado en el tiempo (LMPE-PPT) CMA= Concentración medida en el ambiente.		
* En caso de no existir datos de evaluaciones anteriores, se debe utilizar este criterio.		
** En caso de reevaluación, se debe utilizar este criterio.		
GRADO	DESCRIPCION DE LA EXPOSICION*	RANGO DEL LMPE-PPT**
0	NO EXPOSICION CON LA SUSTANCIA QUIMICA	0.1 LMPE-PPT \geq Error! No se encuentra el origen de la referencia. CMA
1	EXPOSICION POCO FRECUENTE CON LA SUSTANCIA QUIMICA A BAJOS NIVELES O CONCENTRACIONES	0.1 LMPE-PPT \leq Error! No se encuentra el origen de la referencia. CMA < 0.25 LMPE-PPT

2	EXPOSICION FRECUENTE CON LA SUSTANCIA QUIMICA A BAJAS CONCENTRACIONES O EXPOSICION POCO FRECUENTE A ALTAS CONCENTRACIONES	0.25 LMPE-PPT \leq Error! No se encuentra el origen de la referencia. CMA < 0.5 LMPE-PPT
3	EXPOSICION FRECUENTE A ALTAS CONCENTRACIONES	0.5 LMPE-PPT \leq Error! No se encuentra el origen de la referencia. CMA < 1.0 LMPE-PPT
4	EXPOSICION FRECUENTE A MUY ALTAS CONCENTRACIONES	1.0 LMPE-PPT \leq Error! No se encuentra el origen de la referencia. CMA

TABLA III.3 GRADO DE EXPOSICION POTENCIAL

Grado de exposición comparada con el límite máximo permisible de exposición De corto tiempo (LMPE-CT) CMA= Concentración medida en el ambiente. * En caso de no existir datos de evaluaciones anteriores, se debe utilizar este criterio. ** En caso de reevaluación, se debe utilizar este criterio.		
GRADO	DESCRIPCION DE LA EXPOSICION*	RANGO DEL LMPE-CT**
0	NO EXPOSICION CON LA SUSTANCIA QUIMICA	0.1 LMPE-CT $<$ Error! No se encuentra el origen de la referencia. CMA
1	EXPOSICION POCO FRECUENTE CON LA SUSTANCIA QUIMICA A BAJOS NIVELES O CONCENTRACIONES	0.1 LMPE-CT \leq Error! No se encuentra el origen de la referencia. \leq CMA $<$ Error! No se encuentra el origen de la referencia. 0.25 LMPE-CT
2	EXPOSICION FRECUENTE CON LA SUSTANCIA QUIMICA A BAJAS CONCENTRACIONES O EXPOSICION POCO FRECUENTE A ALTAS CONCENTRACIONES	0.25 LMPE-CT \leq Error! No se encuentra el origen de la referencia. CMA $<$ Error! No se encuentra el origen de la referencia. 0.5 LMPE-CT
3	EXPOSICION FRECUENTE A ALTAS CONCENTRACIONES	0.5 LMPE-CT \leq Error! No se encuentra el origen de la referencia. CMA \leq Error! No se encuentra el origen de la referencia. 1.0 LMPE-CT
4	EXPOSICION FRECUENTE A MUY ALTAS CONCENTRACIONES	2.0 LMPE-CT \leq Error! No se encuentra el origen de la referencia. CMA

III.1.3 Una vez obtenidos los grados de efectos a la salud y de exposición potencial, se debe obtener la clasificación cualitativa del riesgo mediante el cruce de estos valores en la tabla III.4 con la finalidad de definir las zonas prioritarias de muestreo.

VER IMAGEN 21SP-06.BMP

GRADO DE EXPOSICION POTENCIAL

La prioridad de las zonas de riesgo va desde muy altas, que son las primeras que se deben evaluar, hasta inocuas, que deben ser las últimas en evaluarse.

Para definir la prioridad entre dos zonas con la misma clasificación cualitativa del riesgo, se debe dar preferencia a aquélla en donde exista mayor número de trabajadores expuestos.

III.2 TRABAJADORES A MUESTREAR

Se debe definir el número de trabajadores a muestrear dentro de cada grupo de exposición homogénea, de acuerdo a lo establecido en la tabla III.5, de tal manera que exista una gran probabilidad de que el grupo contenga al menos un trabajador de alta exposición, si ésta existe. Un grupo de exposición homogénea es aquel que comprende a trabajadores con actividades, ubicación y tiempos de exposición similares.

Tabla III.5 TAMAÑO DE LA MUESTRA

Número de trabajadores en el grupo de exposición homogénea	Número de trabajadores a muestrear
1	1
2	1
de 3 a 5	2

de 6 a 9	3
de 10 a 14	4
de 15 a 20	5
de 21 a 27	6
de 28 a 35	7
de 36 a 44	8
de 45 a 54	9
de 55 en adelante	10

III.3 PUNTOS DE MUESTREO

Para determinar los lugares precisos en que se debe realizar el muestreo se deberán tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- a) la fuente emisora;
- b) la localización de los contaminantes del medio ambiente laboral, operaciones y actividades;
- c) la ubicación y las características de la ventilación y el equipo de recolección;
- ch) componentes del ambiente como temperatura, humedad, presión, entre otros;
- d) el diagrama de flujo de los procesos;
- e) la descripción de los procesos;
- f) la descripción de las operaciones y actividades;
- g) el tamaño de las zonas a muestrear;
- h) las propiedades del contaminante del medio ambiente laboral.

III.4 DETERMINACION DE LA FRECUENCIA DE EVALUACION

III.4.1 Posterior a la evaluación de los contaminantes del medio ambiente laboral y su comparación contra los límites máximos permisibles de exposición corregidos, se debe utilizar la siguiente fórmula para determinar el valor de referencia:

$$R = \frac{\text{CCMAL}}{\text{LMPE corregido}}$$

donde:

R = valor de referencia

CCMAL = concentración de los contaminantes del medio ambiente laboral

LMPE corregido = límite máximo permisible de exposición corregido

III.4.2 El muestreo deberá realizarse con la frecuencia mínima establecida en la tabla III.6

TABLA III.6 FRECUENCIA DE MUESTREO

Valor de referencia	Frecuencia mínima en meses
$0.5 \leq R \leq 1.0$ Error! No se encuentra el origen de la referencia. R ≤ Error! No se encuentra el origen de la referencia. 1.0	3
$R < 0.5$	12

En caso de que el valor de R sea mayor a la unidad, se deben aplicar medidas de control con respecto a lo establecido en el capítulo 9 de esta Norma e inmediatamente después se debe realizar una reevaluación de la exposición para verificar la eficacia de los controles y para determinar la frecuencia con la que se debe muestrear. En caso de que el control aplicado sea utilizar equipo de protección personal, la reevaluación se hace para verificar que el equipo seleccionado se utiliza dentro de los parámetros para el que fue diseñado.

III.5 TIPOS DE MUESTRAS

Con la finalidad de obtener una muestra del medio ambiente al que se encuentran expuestos los trabajadores, se debe utilizar uno de los siguientes tipos de muestras, en base a la exposición potencial que se va a evaluar.

- a) muestra continua durante el periodo completo de la jornada de trabajo: se toma una sola muestra, sin interrupciones, que abarque el total de la jornada de trabajo;
- b) muestras consecutivas en el periodo completo: se interrumpe el muestreo momentáneamente varias veces, pero el tiempo total del mismo debe ser igual al periodo completo de la jornada de trabajo;
- c) muestras consecutivas en un periodo parcial: se toman varias muestras de las partes de la jornada de trabajo en la cual se estima que hay exposición al contaminante;
- d) muestreos puntuales: se usa únicamente en operaciones donde la exposición del trabajador es momentánea o accidental como en los procesos de carga o descarga, casos de derrames o fugas o cuando se toman muestras para control de calidad.

En la tabla III.7 se presentan esquemáticamente los cuatro tipos de muestras autorizados.

VER IMAGEN 21SP-07.BMP

PROCEDIMIENTO 068: DETERMINACION DE POLVOS RESPIRABLES EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL POR EL METODO GRAVIMETRICO

1. Objetivo

Establecer el procedimiento para la determinación gravimétrica por diferencia de peso de la concentración de polvos respirables en el aire del medio ambiente laboral.

2. Definiciones

Para efectos del presente procedimiento se entiende por:

blanco de campo: filtro de policloruro de vinilo que se lleva al lugar de muestreo y el cual se maneja del mismo modo que las muestras, con la excepción de que no se hace pasar aire a través de él.

3. Principio del método

Para la determinación de polvos respirables en el aire se deben seguir en orden las siguientes instrucciones:

- a) pesar los filtros de policloruro de vinilo, utilizando una balanza microanalítica;
- b) un volumen conocido de aire se hace pasar a través de los filtros de policloruro de vinilo para atrapar la sustancia a analizar;
- c) una vez realizado el muestreo, pesar nuevamente los filtros, con la misma balanza microanalítica que se utilizó para pesarlos antes del muestreo.

4. Intervalo y sensibilidad

Este método fue validado sobre el intervalo de 0.5 a 10.0 mg/m³ para muestras de 200 litros probadas en campo y en laboratorio. Este método determina la concentración total en masa de polvos contaminantes volátiles respirables a la que un trabajador está expuesto.

5. Precisión y exactitud

La precisión del método depende de la sensibilidad de la balanza microanalítica.

< 10 µg para una balanza con sensibilidad de 0.001 mg.

< 68 µg para una balanza con sensibilidad de 0.01 mg.

6. Interferencias

6.1 Se pueden presentar interferencias debido a la distribución del tamaño de partícula. En algunos casos se han encontrado, por análisis microscópico en los filtros de ciclones, partículas mayores a 10 µm. Se sabe que la captura de partículas de gran tamaño se debe a que se invierte el ciclón después del muestreo.

6.2 Las cargas de polvos pesados, partículas cargadas, fibras y polvos saturados con agua, también interfieren con las propiedades selectivas de tamaño del ciclón.

7. Ventajas y desventajas del método

7.1 El equipo de muestreo es portátil y no involucra el manejo de líquidos.

7.2 El método mide la concentración en masa de polvos no volátiles respirables y de polvos inertes. Se recomienda para polvos respirables de carbón.

8. Instrumentación y equipo

Para el muestreo y análisis de polvos respirables en el aire se requiere del siguiente equipo e instrumentación:

- a) muestreador con filtro de policloruro de vinilo de 37 mm de diámetro y 5 µm de tamaño de poro o equivalente, montados en un portafiltros de 37 mm y sellado con cinta adhesiva o banda ajustable de celulosa;
- b) ciclón de nylon de 10 mm, tipo Higgins Dewel o equivalente;
- c) sujetador de la cabeza del muestreador, para mantener al portafiltros, ciclón y acoplamiento rígidamente juntos, de manera que el aire de muestreo entre únicamente por la entrada del ciclón;
- d) bomba de muestreo personal, calibrada a 1.7 L/min ± 5% para ciclón nylon o 2.2 L/min ± 5% para ciclón Higgins Dewel con tubos flexibles para conexión;
- e) balanza microanalítica con una sensibilidad de 0.001 mg;
- f) cámara ambiental para la balanza a 20°C ± 1.0°C y 50% ± 5% de humedad relativa;
- g) desecador;
- h) neutralizador electrostático;
- j) espátula;
- k) pinzas o fórceps de nylon.

9. Procedimiento

9.1 La preparación del filtro antes del muestreo se llevará a cabo de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) mantener los filtros y los portafiltros por lo menos 2 horas dentro del desecador para liberarlos y preservarlos de la humedad;
- b) dentro del cuarto de pesado sacar los filtros del desecador y pesarlos en la balanza microanalítica, registrar el peso del filtro como peso inicial (W1), el pesado de los filtros debe hacerse de acuerdo a las siguientes instrucciones:
 - 1) ajustar la balanza microanalítica a ceros antes de cada pesada;

- 2) asir el filtro con las pinzas o fórceps de nylon;
 - 3) pasar el filtro a través de un neutralizador electrostático. Repetir la operación si el filtro no se libera fácilmente de los fórceps o atrae el plato de la balanza, ya que la electricidad estática puede causar errores en la lectura de los pesos;
 - 4) pesar los filtros por lo menos tres veces. Si estos pesos difieren por más de 0.001 mg del primer peso, descartar el filtro.
- c) montar o ensamblar el filtro en el portafiltros sobre el soporte de celulosa debidamente identificado, de tal manera que el aire a muestrear tenga el primer contacto con el filtro, cerrar firmemente para que no ocurra ninguna fuga alrededor del mismo. Colocar un tapón en cada abertura del portafiltros y colocar una banda pequeña de celulosa o cinta adhesiva alrededor del portafiltros, dejar que seque e identificarlos con el mismo número que el soporte de celulosa;
 - d) quitar la tapa del ciclón y el visor del vórtice e inspeccionar el interior del mismo. Si la parte interna está rallada o marcada, se debe descartar este ciclón. Limpiar el interior del ciclón para eliminar las partículas mayores que pudieran haber sido retenidas;
 - e) ensamblar la cabeza del muestreador y verificar la alineación del portafiltros y el ciclón al inicio del muestreo para prevenir fugas.

9.2 Calibración del equipo y muestreo.

La calibración del equipo y muestreo se realizarán de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) cada bomba de muestreo personal debe ser calibrada con una muestra representativa en línea;
- b) muestrear durante un periodo de 45 minutos a 8 horas, no exceder una carga total del filtro de 2 mg de polvos respirables;
- c) no permitir que el dispositivo de muestreo sea invertido durante ni después del muestreo. Colocar dicho dispositivo ligeramente inclinado para evitar que el material pesado contenido en el ciclón se deposite sobre el filtro;
- d) por cada lote de muestreo en campo, tomar de 2 a 4 muestras por duplicado para asegurar la calidad del procedimiento de muestreo. Por cada lote de muestras introducir un blanco de campo.

9.3 Preparación de las muestras.

La preparación de las muestras para el análisis, se llevará a cabo de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) limpiar el polvo de la superficie externa del portafiltros;
- b) quitar los tapones superior e inferior del portafiltros. Colocar los portafiltros en el desecador por lo menos durante 2 horas para liberarlos de humedad;
- c) quitar la banda del portafiltros, abrir el portafiltros y quitar el filtro. Manejar cuidadosamente los filtros por la orilla para evitar pérdidas de polvo. Si el filtro se adhiere por debajo de la parte superior del portafiltros, levantarlo cuidadosamente usando la punta de una espátula para evitar que se rompa el filtro.

10. Estándares y calibración

Llevar a cabo la calibración de la balanza y el control de calidad de la siguiente manera:

- a) ajustar a ceros la balanza microanalítica antes de cada pesada. Use la misma balanza microanalítica para pesar los filtros antes y después de la recolección de muestras;
- b) las muestras tomadas por duplicado para cada lote de muestreo, servirán para el control de calidad y deben ser tomadas con el mismo equipo, procedimiento y personal del muestreo de campo de rutina. Calcular la precisión de esas muestras y anotar la desviación estándar relativa. Tomar acciones correctivas cuando la precisión esté fuera de control.

11. Medición

Pese cada filtro muestreado, incluyendo los blancos de campo. Registre el peso como peso final (W2). Anotar cualquier hecho notable acerca del filtro como sobrecarga, fuga, humedad, rompimiento u otros.

12. Cálculos

Calcule la concentración de polvos respirables en el volumen de aire muestreado, utilizando la siguiente fórmula:

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3$$

donde:

C = concentración de polvos respirables en la muestra, en mg/m³;

W1 = peso del filtro antes de muestrear, en mg;

W2 = peso del filtro después de muestrear, en mg;

B1 = peso del filtro usado como blanco de campo antes del muestreo, en mg;

B2 = peso del filtro usado como blanco de campo después del muestreo, en mg;

V = volumen de aire muestreado, en litros.

13. Informe de resultados

El informe de resultados se debe hacer según lo establecido en el apartado 8.4 de la presente Norma.

14. Evaluación del método

14.1 Desviaciones en las mediciones de polvos respirables: las desviaciones en una muestra son un cálculo relativo de acuerdo al criterio apropiado para polvos respirables. La teoría para calcular las desviaciones fue desarrollada por Bartley y Breuer. Para este método, las desviaciones dependen del criterio internacional para polvos respirables, de las curvas de penetración de los ciclones y de la distribución del tamaño de partículas de polvo en el ambiente. Basado en medidas de las curvas de penetración para flujo sin fluctuación, la desviación en este método se muestra en la figura 1 de este procedimiento.

VER IMAGEN 21SP-08.BMP

Para la distribución del tamaño de partículas de polvos en la región sombreada, las desviaciones en este método permanecen dentro de un rango de ± 0.10 del criterio establecido por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene Ocupacional de los Estados Unidos de América (NIOSH por sus siglas en inglés) para la validación de métodos. En algunos centros de trabajo donde existan aerosoles, se pueden encontrar desviaciones mayores a ± 0.10 . Sin embargo, desviaciones entre ± 0.20 se pueden esperar para polvos con desviaciones estándar geométricas mayores a 2.0, que es el caso en la mayoría de los centros de trabajo.

En un ciclón, las desviaciones pueden ser causadas por el movimiento o la fluctuación de la bomba personal de muestreo. Bartley y sus colaboradores demostraron que los ciclones con flujo en constante fluctuación pueden tener desviaciones negativas mayores a -0.22 con relación a las muestras con flujo estable. La magnitud de la desviación depende de la amplitud de la fluctuación en la apertura del ciclón y de la distribución del tamaño de partícula. Para bombas con velocidades de flujo instantáneas dentro del 20% de la media, la fluctuación de las desviaciones es menor a -0.02 para la mayoría de las distribuciones del tamaño de polvos encontrados en los centros de trabajo.

Las cargas eléctricas en los polvos y en el ciclón también causan interferencias. Brian y Moss han encontrado desviaciones electrostáticas hasta de 50%, demostrando que los ciclones fabricados con grafito rellenos de nylon eliminan el problema.

14.2 Precisión. La precisión para 0.068 mg está basada en un estudio sobre el procedimiento de pesado antiguamente utilizado por la Administración de Salud y Seguridad en Minas (MSHA por sus siglas en inglés), en el cual el fabricante pesa los filtros antes del muestreo y MSHA lo realiza posterior al muestreo, usando una balanza con una sensibilidad de 0.010 mg.

Actualmente MSHA ha realizado un estudio, en el cual utiliza una balanza con una sensibilidad de 0.001 mg para el pesado de los filtros, posterior al muestreo, indicando una imprecisión de 0.029 mg. La imprecisión igual a 0.010 mg fue usada para estimar el límite mínimo de detección, basándose en indicaciones específicas relacionadas con respecto al pesado de los filtros usando una balanza única con sensibilidad de 0.001 mg.

Este valor coincide con otro estudio de repetibilidad de los pesos del filtro, aunque la precisión alcanzada depende fundamentalmente del medio ambiente específico al cual se exponen los filtros durante el proceso de pesado.

15. Bibliografía

- a) NIOSH, Manual of Analytical Methods, 0600, 5000, 2nd ad., V.S, 5349, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Publ. (NIOSH), (1994), USA.
- b) Bartley, D.L., C.C. Chen, R. Song, and T.J. Fischbach. Respirable Aerosol Sampler Performance Testing. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. (In press, 1994.), USA.
- c) Bowman, J.D., D.L., Bartley, G.M. Breuer, and S.A. Shulman. The Precision of Coal Mine Dust Sampling, Dhew (NIOSH) Pub. No. 85-220721 (1985), USA.
- d) Parobeck, P., T. F. Tomb, H. Ku, and J. Cameron. Measurement Assurance Program for the Weightings of Respirable Coal Mine Dust Samples, J. Qual. Tech., 13, 157 (1981).
- e) 1993 – 1994 Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices, ACGIH, Cincinnati, OH (1993), USA.
- f) ACGIH: Notice of Intended Change-Appendix D-Particle Size Selective Sampling Criteria for Airborne Particulate Matter. Appl. Occup. Env. Hyg. 6 (9) (1991), USA.
- g) NIOSH Manual of Sampling Data Sheets, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-159 (1977), USA.

PROCEDIMIENTO 069: DETERMINACION DE HIDROCARBUROS HALOGENADOS EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL POR EL METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES

1. Objetivo

Establecer el procedimiento por cromatografía de gases para la determinación de los hidrocarburos halogenados de la tabla 1 del apéndice de este procedimiento, en muestras de aire del medio ambiente laboral.

2. Definiciones

Para efectos del presente procedimiento se entiende por:

- a) **adsorción:** es el proceso mediante el cual átomos, moléculas o iones se adhieren a la superficie de carbón activado;

- b) **blanco con adición:** tubo de carbón activado con una cantidad conocida de analito agregada con el propósito de determinar la recuperación y para control de calidad;
- c) **blanco de campo:** tubo de carbón activado que se lleva al lugar de muestreo y se maneja del mismo modo que las muestras, con la excepción de que no se hace pasar aire a través de él;
- d) **desadsorción:** proceso inverso a la adsorción donde hay un desprendimiento de los átomos, moléculas o iones que se encuentran adheridos a la superficie del carbón activado;
- e) **solución estándar:** solución diluida de concentración conocida para obtener la curva de calibración;
- f) **solución patrón:** solución de concentración conocida a partir de la cual se preparan las soluciones estándar.

3. Principio del método

Para la determinación de hidrocarburos halogenados en el aire, se deben seguir en orden las siguientes instrucciones:

- a) pasar un volumen conocido de aire a través de un tubo de carbón activado para adsorber los vapores orgánicos presentes;
- b) transferir el carbón activado del tubo a un contenedor de muestras con tapa y desadsorber la sustancia a analizar con disulfuro de carbono;
- c) inyectar una alícuota de la muestra desadsorbida a un cromatógrafo de gases;
- d) determinar el área del pico resultante y compararla con la de los estándares.

4. Intervalo y sensibilidad

4.1 Este método fue validado para hidrocarburos halogenados en los intervalos especificados en la tabla 2 del apéndice I de este procedimiento.

4.2 El límite superior del intervalo del método depende de la capacidad de adsorción en el tubo de carbón activado. La capacidad varía con las concentraciones de la sustancia por analizar y de otras sustancias en el aire.

5. Precisión y exactitud

5.1 La precisión y exactitud para el método analítico y de muestreo se encuentran en la tabla 4 del apéndice I de este procedimiento.

5.2 Cualquier diferencia entre las concentraciones cuantificadas y las esperadas puede no representar un error en el método de análisis y muestreo, pero sí una variación aleatoria de la concentración real determinada experimentalmente, por lo tanto no debe aplicarse ninguna corrección al resultado final.

6. Interferencias

6.1 Un ambiente muy húmedo hace que disminuya severamente la eficiencia de adsorción del carbón activado.

6.2 Cuando se sabe o se sospecha de la presencia de dos o más compuestos en el aire, dicha información deberá registrarse con la de la muestra.

6.3 Cualquier compuesto que tenga el mismo tiempo de retención que el del compuesto que se va a analizar bajo las condiciones de operación descritas en este método, es una interferencia.

Los datos de tiempos de retención basados en una columna cromatográfica no pueden ser considerados como prueba de identidad química.

6.4 Si existe la posibilidad de interferencia, los parámetros de separación cromatográfica como: columna empacada, temperatura u otros, deben modificarse para lograr una mejor resolución.

7. Ventajas y desventajas

7.1 El equipo de muestreo es portátil y no involucra el manejo de líquidos. Las interferencias son mínimas y se pueden eliminar modificando las condiciones cromatográficas. El contenido de los tubos es analizado mediante un método instrumental rápido. Este método también puede ser usado para efectuar análisis simultáneos de dos o más sustancias que se sospeche estén presentes en la muestra, mediante un cambio en las condiciones de análisis del cromatógrafo de gases.

7.2 Una desventaja de este método es que la cantidad de muestra que debe de ser recolectada está limitada por el número de miligramos que el tubo adsorbente puede retener antes de sobrecargarse. Cuando la cantidad de muestra obtenida en la sección final del tubo de carbón excede en 25% a la cantidad encontrada en la sección inicial, existe la posibilidad de pérdida de la muestra.

7.3 La precisión del método está limitada por la caída de presión a través del tubo de carbón activado. Esta caída afectará al flujo y causará un volumen impreciso.

8. Instrumentación y equipo

Para el muestreo y análisis de hidrocarburos halogenados en el aire se requiere del siguiente equipo e instrumentación:

- a) bomba de muestreo personal capaz de trabajar continuamente durante 8 horas a un flujo determinado para el muestreo de 0.01 a 0.2 L/min, con una exactitud de $\pm 5\%$ y con tubo flexible para la conexión;
- b) tubo de carbón activado de 7 cm de longitud, 6 mm de diámetro externo y 4 mm de diámetro interno, conteniendo dos secciones de carbón activado de malla 20/40;
- c) cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización de flama;

- d) columna empacada de acuerdo a lo especificado en la tabla 3 del apéndice I de este procedimiento o una columna equivalente;
- e) integrador electrónico o cualquier otro instrumento adecuado para la medición de áreas del pico;
- f) contenedores de vidrio de 2 ml de capacidad con tapones de teflón. Si se utiliza un inyector automático, se deben utilizar contenedores adicionales;
- g) jeringas de 10 µl o cualquier otro tamaño conveniente para preparación de soluciones estándar;
- h) pipetas volumétricas de 1 ml;
- i) matraces volumétricos de tamaño conveniente para la preparación de soluciones estándar;
- j) barómetro.

9. Reactivos

Todas las sustancias químicas deben cumplir con los requerimientos de pureza. Para el análisis se requieren los siguientes reactivos:

- a) disulfuro de carbono grado cromatográfico o equivalente;
- b) nitrógeno o helio purificado;
- c) hidrógeno prepurificado;
- d) aire comprimido filtrado;
- e) soluciones patrón certificadas, que de acuerdo al analito de interés pueden ser:
 - 1) cloruro de bencilo 10 mg/ml n-heptano;
 - 2) bromoformo 10 mg/ml n-hexano;
 - 3) o-diclorobenceno 200 mg/ml acetona;
 - 4) p-diclorobenceno 300 mg/ml acetona;
 - 5) hexacloroetano 25 mg/ml tolueno;
 - 6) decano, n-undecano, octano u otro estándar interno.

10. Procedimiento

10.1 Limpieza del material: todo el material de vidrio utilizado en el análisis de laboratorio, debe ser lavado con detergente libre de fosfato y enjuagado inicialmente con agua de la llave y posteriormente con agua destilada.

10.2 Calibración de la bomba de muestreo personal: cada bomba debe ser calibrada con el respectivo tubo de carbón activado en la línea. Esto minimizará los errores asociados con las incertidumbres referentes al volumen de muestra recolectado.

10.3 Recolección y manejo de muestras. Debe realizarse de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) inmediatamente antes del muestreo, romper los extremos del tubo de carbón activado;
- b) la sección más pequeña del tubo de carbón activado debe conectarse hacia la bomba de muestreo;
- c) colocar el tubo de carbón activado en posición vertical durante el muestreo para minimizar los acanalamientos a través del carbón activado;
- d) el aire que está siendo muestreado no debe pasar por ninguna manguera o tubería antes de entrar al tubo de carbón activado;
- e) se recomienda un tamaño de muestra dentro de los límites marcados en la tabla 2 del apéndice I de este procedimiento, con un flujo entre 0.01 y 0.2 L/min con una exactitud de $\pm 5\%$;
- f) registrar la temperatura y presión atmosféricas del lugar de muestreo;
- g) los tubos de carbón activado deben ser sellados inmediatamente después del muestreo con sus tapones de plástico. Bajo ninguna circunstancia se debe utilizar otro tipo de tapón;
- h) un tubo de carbón activado debe ser manejado de la misma manera que los tubos de muestreo, excepto que no se hace pasar aire a través de él. Este tubo será etiquetado como blanco;
- i) los tubos de carbón activado que contengan la muestra deberán ser tapados y empacados adecuadamente antes de ser transportados, de tal manera que se minimice la posibilidad de escape o rotura del tubo durante su traslado;
- j) una muestra del material será enviada al laboratorio en un recipiente de vidrio con tapones de teflón. Esta muestra no deberá ser transportada en el mismo recipiente que los tubos de carbón activado.

11. Análisis de las muestras

Las muestras se analizarán de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) a cada tubo de carbón activado adsorbente se le hace una muesca con una lima en la punta de la sección mayor de carbón activado y se abre por ruptura. La fibra de vidrio se quita y desecha. El carbón de la sección mayor se transfiere a un contenedor de vidrio de 2 ml con tapón de teflón. El material de separación se quita y desecha. La segunda sección es transferida a otro contenedor con tapón de teflón. Estas dos secciones son analizadas por separado. En condiciones de refrigeración las muestras pueden ser analizadas hasta una semana después de su recolección;
- b) adicionar 1 ml de disulfuro de carbono en cada contenedor de muestra. Todo manejo y trabajo con disulfuro de carbono debe realizarse dentro de una campana de extracción debido a su alta toxicidad;
- c) en caso de que se use un estándar interno, adicione 0.1% (volumen/volumen) del estándar interno a cada una de las muestras;

- d) la desadsorción debe efectuarse durante 30 min. Las pruebas indican que es conveniente agitar ocasionalmente durante este periodo. Si se utiliza un inyector automático, los frascos de muestra deben taparse tan pronto como la solución desadsorbente sea añadida para minimizar la volatilización;
- e) las condiciones típicas de operación del cromatógrafo de gases, se encuentran enlistadas en las tablas 2 y 3 del apéndice I de este procedimiento. Para determinar los flujos de los gases se deben seguir las recomendaciones del fabricante;
- f) inyección: para evitar dificultades durante el llenado, utilizar la técnica de inyección rápida. La jeringa se llena primero varias veces con disolvente para humedecerla. Se toman 3 µl del disolvente y se hacen pasar dentro de la jeringa, para aumentar su exactitud y la reproducción del volumen de muestra en la inyección. La aguja se saca del disolvente y el émbolo se jala cerca de 0.2 µl para separar al disolvente de la muestra con una capa de aire que va a ser utilizada como marca. La aguja se sumerge en la muestra, y se toma una alícuota de 5 µl tomando en consideración el volumen de la misma, ya que la muestra que está en ella también será inyectada. Después de retirar la aguja de la muestra, el émbolo debe jalarse 1.2 µl para minimizar la evaporación de la muestra por la punta de la aguja. Verifique que la muestra ocupe de 4.9 a 5.0 µl en el cilindro de la jeringa. Duplicar las inyecciones de cada muestra y obtener el estándar. No debe haber más de 3% de diferencia en el área. Se puede utilizar un inyector de muestras automático. Este procedimiento podrá adaptarse a la inyección en columnas capilares;
- g) medición del área: el área del pico de la muestra se mide mediante un integrador electrónico o cualquier otra forma adecuada de medición de área.

11.2 Determinación de la eficiencia en la desadsorción. Se llevará a cabo de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) preparar tres tubos para cada una de las tres concentraciones (0.5, 1 y 2 veces el límite máximo permisible de exposición en ppm que indica la tabla 1.1 del apéndice 1 de esta Norma), más tres blancos promedios, los tubos de carbón activado deben ser del mismo lote que los usados en el muestreo;
- b) descartar la sección posterior del tubo del carbón activado (la más pequeña);
- c) el extremo abierto del tubo es tapado herméticamente con su tapón de plástico;
- d) inyectar una cantidad conocida de 2 a 20 µl del analito puro o de la solución estándar de calibración directamente a la sección frontal del tubo de carbón activado;
- e) tapar el tubo y colocarlo en posición vertical por lo menos durante toda la noche para asegurar que la adsorción del compuesto a analizar en el carbón activado sea completa;
- f) desadsorber como se indica en el apartado 11.1 del presente procedimiento y analizar paralelamente con los estándares de trabajo;
- g) la eficiencia de desadsorción de un compuesto en particular puede variar de un laboratorio a otro, por lo tanto, es necesario determinarla por lo menos una vez para cada lote de tubos de carbón activado usados para el muestreo;

La eficiencia de desadsorción (E.D.) es igual al peso promedio en mg recuperados del tubo dividido entre el peso en mg adicionados al tubo, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E.D. = \frac{\text{peso promedio recuperado en mg}}{\text{peso adicionado en mg}}$$

- h) la eficiencia de desadsorción depende del analito recuperado. Graficar la eficiencia de desadsorción contra el peso encontrado del compuesto a analizar. Esta curva se utiliza en el inciso 13 c) para corregir pérdidas de desadsorción.

12. Estándares y calibración

Se deben preparar y realizar de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) expresar la concentración de los estándares en términos de 1 ml de disulfuro de carbono, debido a que las muestras son desadsorbidas en esta cantidad de dicha sustancia. La densidad del compuesto a analizar se utiliza para convertir los mg en µl;
- b) calibrar diariamente al menos con 6 estándares de trabajo por encima del rango apropiado, de acuerdo a la tabla 2 del apéndice de este procedimiento. Adicionar cantidades conocidas del analito puro o soluciones estándar en un matraz volumétrico de 10 ml y aforar a la marca, analizar paralelamente con muestras y blancos. Preparar la gráfica de calibración, graficando el área del pico contra los mg del analito;
- c) cuando se usa el estándar interno, las soluciones deben ser analizadas el mismo día en el que se hace el análisis de muestras. Esto minimizará el efecto de las variaciones que se presentan día con día y de las variaciones del detector de ionización de flama.

13. Cálculos

Calcular la concentración de hidrocarburos halogenados en la muestra de aire, cumpliendo lo señalado en los siguientes incisos:

- a) determinar el peso en mg del analito encontrado en la sección frontal (Wf) y en la sección posterior (Wb) del tubo de carbón (muestra y blanco). Corregir usando la eficiencia de desadsorción. No es necesario hacer correcciones al volumen debido a que la curva estándar está basada en miligramo por mililitro de disulfuro de carbono y el volumen de muestra inyectado es idéntico al volumen del estándar inyectado. Utilice las siguientes ecuaciones:

$$Wf = \text{MUESTRA} - \text{BLANCO}$$

donde:

- Wf = peso de la sección frontal del tubo de carbón activado, en mg;
 MUESTRA = peso encontrado en la sección frontal del tubo de muestreo, en mg;
 BLANCO = peso encontrado en la sección frontal del blanco, en mg.

Un proceso similar se sigue para las secciones posteriores.

Si el peso de la sección posterior del tubo (Wb) es mayor al 10% del peso de la sección frontal (Wf) esta muestra se desecha.

- b) sumar los pesos encontrados en la sección frontal y posterior del mismo tubo de muestra para tener el peso total de la misma;
 c) usando la eficiencia de desadsorción de la curva, corregir la masa encontrada en la muestra. Divida el peso total entre la eficiencia de desadsorción para obtener los miligramos corregidos de muestra:

$$\text{mg corregidos de muestra} = \frac{\text{peso total}}{\text{E.D.}}$$

- d) la concentración del compuesto analizado en la muestra de aire puede ser expresado en mg/m³, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{mg/m}^3 = \frac{\text{peso del analito en mg} \times 1000}{\text{volumen de aire muestreado en litros}}$$

14. Informe de resultados

El reporte de resultados se hará según lo establecido en el apartado 8.4 de la presente Norma.

15. Evaluación del método

Las pruebas de laboratorio fueron desarrolladas con muestras recolectadas en el campo y en atmósferas creadas, utilizando tubos de carbón activado SKC, cuyos resultados se muestran en la tabla 4 del apéndice I de este procedimiento.

16. Bibliografía

- a) Manual de Métodos Analíticos de NIOSH. Método No. 1003 EUA. 1994
 b) TLV's Threshold Limit Values and Biological Exposure indices for 1992-1993. ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH, E.U.A. 1992.
 c) Pocket to Chemical Hazards, NIOSH. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Services Centers for Disease Control, National Institute For Occupational Safety and Health. E.U.A. June 1990.

APENDICE I

Tabla 1
 Hidrocarburos halogenados

¡Error! No se encuentra el	PESO	PTN **	SINONIMOS
	g/ mol		
CLORURO DE BENCILO (C6 H5 CH2 Cl) *	126.58	5.17	(CLOROMETIL)BENCENO: α-CLOROTOLUENO CAS # 100-44-7
BROMOFORMO (CH Br3)	252.75	10.33	TRIBROMOMETANO CAS # 75-25-2
TETRACLORURO DE CARBONO (C Cl4) *	153.84	6.29	TETRACLOROMETANO CAS # 56-23-5
CLOROBENCENO (C6 H5 Cl)	112.56	4.60	MONOCLOROBENCENO; CLORURO DE FENILO CAS # 108-90-7
CLOROBROMOMETANO (CH2 Br Cl)	129.39	5.29	BROMOCLOROMETANO; HALON 1011: CAS # 74-97-5
CLOROFORMO (CH Cl3) *	119.39	4.88	TRICLOROMETANO CAS # 67-66-3

o-DICLOROBENCENO (1,2-C6 H4 Cl2)	147.00	6.01	1,2-DICLOROBENCENO CAS # 95-50-1
p-DICLOROBENCENO* (1,4-C6 H4 Cl2)	147.00	6.01	1,4-DICLOROBENCENO CAS # 106-46-7
1,1-DICLOROETANO (CH3 CH Cl2)	98.95	4.05	CLORURO DE ETILIDENO CAS # 75-34-3
1,2-DICLOROETILENO (Cl CH=CH Cl)	96.94	3.96	DICLORURO DE ACETILENO 1,2-DICLOROETENO CAS # 540-59-0
DICLORURO DE ETILENO (Cl CH2 CH2 Cl) *	98.96	4.05	1,2-DICLOROETANO CAS # 107-06-2
HEXACLOROETANO (C Cl3 C Cl3) *	236.74	9.68	PERCLOROETANO CAS # 67-72-1
1,1,1-TRICLOROETANO (CH3 C Cl3)	133.42	5.45	METIL CLOROFORMO CAS # 71-55-6
TETRACLOROETILENO (Cl2 C=C Cl2) *	165-836	6.78	PERCLOROETILENO CAS # 127-18-4
1,1,2-TRICLOROETANO* (Cl2 CH CH2 Cl)	133.41	5.45	TRICLORURO DE VINILO CAS # 79-00-5
1,2,3-TRICLOROPROPANO (CH2 Cl CH Cl CH2 Cl) *	147.43	6.03	TRICLORURO DE ALILO TRICLOROHIDRIN GLICEROL CAS # 96-18-4

*Se sospechan carcinogénicos

** Factor de conversión de mg/m3 a ppm en condiciones normales

APENDICE I

Tabla 2

Límites de muestreo

COMPUESTO ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.	VOLUMEN DE AIRE MUESTREADO EN LITROS				INTERVALO DE TRABAJO, EN ppm PARA EL VOLUMEN MAXIMO DE MUESTREO
	CPT ppm	MINIMO	MAXIMO	RECOME N-DADO	
CLORURO DE BENCILO	1.0	6.0	50	10	0.6 a 5.8
BROMOFORMO	0.5	4.0	70	10	0.2 a 4.0
TETRACLORURO DE CARBONO	10.0	3.0	150	15	2.0 a 105.0
CLOROBENCENO	75.0	1.5	40	10	10.0 a 430.0
CLOROBROMOMETANO	200.0	0.5	8	5	18.0 a 450.0
CLOROFORMO	50.0	1.0	50	15	2.0 a 190.0
o-DICLOROBENCENO	50.0	1.0	60	3	16.0 a 1100.0
p-DICLOROBENCENO	75.0	1.0	10	3	27.0 a 330.0
1,1-DICLOROETANO	100.0	0.5	15	10	4.0 a 250.0
1,2 DICLOROETILENO	200.0	0.2	5	3	16.0 a 560.0
DICLORURO DE ETILENO	50.0	1.0	50	3	16.0 a 1320.0
HEXACLOROETANO	1.0	3.0	70	10	0.3 a 8.3
1,1,1-TRICLOROETANO	350.0	0.1	8	3	18.0 a 1450.0
TETRACLOROETILENO	100.0	0.2	40	3	9.0 a 1900.0
1,1,2 TRICLOROETANO	10.0	2.0	60	10	1.8 a 64.0
1,2,3 TRICLOROPROPANO	50.0	0.6	60	10	3.0 a 310.0

APENDICE I

Tabla 3

Parámetros de medición

COMPUESTO	COLUMNA	TEMPERATURA EN °C		INTERVALO (mg/muestra)
		COLUMNA/INYECTOR/ DETECTOR		
CLORURO DE BENCILO	A	160/170/210		0.02 a 0.15
BROMOFORMO	A	130/170/210		0.02 a 0.15
TETRACLORURO DE CARBONO	B	60/155/200		0.2 a 7.0
CLOROBENCENO	A	105/190/250		0.4 a 10.0
CLOROBROMOMETANO	A	80/170/210		0.5 a 15.0
CLOROFORMO	B	75/155/200		0.4 a 11.0
o-DICLOROBENCENO	C	140/225/250		0.1 a 3.0
p-DICLOROBENCENO	A	140/225/275		0.2 a 4.0
1,1-DICLOROETANO	A	50/100/175		0.4 a 12.0
1,2 DICLOROETILENO	A	60/170/210		0.2 a 7.0
DICLORURO DE ETILENO	C	70/225/250		0.1 a 4.0
HEXACLOROETANO	D	110/170/210		0.02 a 0.3
1,1,1-TRICLOROETANO	C	70/225/250		0.6 a 17.0
TETRACLOROETILENO	C	90/225/250		0.4 a 12.0
1,1,2 TRICLOROETANO	C	70/250/225		0.05 a 2.0
1,2,3 TRICLOROPROPANO	E	160/180/230		0.3 a 9.0

- A = 3m x 3mm OD acero inoxidable, 10% SP-1000 en malla 80/100 Chromosorb WHP
 B = 6m x 3mm OD acero inoxidable, 10% SP-1000 en malla 80/100 Chromosorb WHP
 C = 3m x 3mm OD acero inoxidable, 10% OV 101 en malla de 100/120, Chromosorb WHP
 D = 3m x 6mm OD vidrio, 3% SP-2250 en malla 80/100 Chromosorb WHP
 E = 3m x 3mm OD acero inoxidable, 10% FFAP en malla 80/100, Chromosorb WHP
 OD = Diámetro externo
 WHP= Blanco de alta resolución (tierras diatómicas tratadas con grupos silanos)

APENDICE I

Tabla 4

Evaluación del método

Las pruebas en los laboratorios fueron realizadas usando carbón activado de cáscara de coco y los resultados fueron:

COMPUESTO	INTERVALO EN mg/m ³	TAMANO DE LA MUESTRA EN LITROS	SESGO %	PRECISION TOTAL	MEDICION DE CVT	EXACTITUD ± %	EFICIENCIA DE DESADSORCION
CLORURO DE BENCILO	2 - 8	10	-8.4	0.096	0.031	25.6	0.90 @ 0.03-0.1 mg
BROMOFORMO	3 - 10	10	-1.3	0.071	0.043	14.0	0.80 @ 0.025 mg
TETRACLORURO DE CARBONO	65 - 299	15	-1.6	0.092	0.037	18.0	0.96 @ 1.3-4.8 mg
CLOROBENCENO	183 - 736	10	0.3	0.056	0.025	11.0	0.91 @ 1.8-7.1 mg
CLOROBROMOMETANO	640 - 2655	5	3.4	0.061	0.051	14.0	0.94 @ 3.3-13 mg
CLOROFORMO	100 - 416	15	1.3	0.057	0.047	11.6	0.97 @ 1.8-7.4 mg
o-DICLOROBENCENO	150 - 629	3	-1.9	0.068	0.013	13.7	0.86 @ 0.5-1.9 mg
p-DICLOROBENCENO	183 - 777	3	-4.3	0.052	0.022	12.5	0.91 @ 0.7-2.7 mg
1,1-DICLOROETANO	212 - 838	10	2.6	0.057	0.011	12.4	1.00 @ 1.9-8 mg
1,2 DICLOROETILENO	475 - 1915	3	-2.9	0.052	0.017	11.3	1.00 @ 2.4-9.5 mg
DICLORURO DE ETILENO	195 - 819	3	-2.0	0.079	0.012	15.7	0.96 @ 0.6-2.5 mg

HEXACLORO ETANO	5 - 25	10	-6.6	0.121	0.014	25.4	0.98 @ 0.05-0.2 mg
1,1,1-TRICLOROETANO	904 - 3790	3	-0.6	0.054	0.018	10.6	0.99 @ 2.9-11 mg
TETRACLORO ETILENO	655 - 2749	3	-7.2	0.052	0.013	15.1	0.96 @ 2.1-8 mg
1,1,2 TRICLORO ETANO	26 - 111	10	-9.0	0.057	0.010	17.5	0.97 @ 0.3-1.2 mg
1,2,3 TRICLORO PROPANO	163 - 629	10	2.1	0.068	0.027	14.2	0.95 @ 1.5-6 mg

CVT = Coeficiente de variación total.

PROCEDIMIENTO 070: DETERMINACION DE OXIDO DE ETILENO EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL POR EL METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES

La determinación de óxido de etileno en el medio ambiente laboral, se puede llevar a cabo por medio de cromatógrafo de gases portátil o fijo.

I CON CROMATOGRAFO DE GASES PORTATIL

Este procedimiento es alterno al de cromatografía de gases con detector de ionización de flama. Se usa cuando se requiere establecer el nivel de concentración del contaminante en un momento determinado.

1. Objetivo

Establecer el procedimiento de cromatografía de gases para la determinación de óxido de etileno con cromatógrafo de gases portátil, en muestras de aire del medio ambiente laboral, evaluando la muestra directamente en el lugar de muestreo.

2. Definiciones

Para efectos del presente procedimiento se entiende por:

- a) **Carbopack BHT:** carbón negro grafitado, donde B indica área superficial cromatográfica de 100 m²/g y HT tratamiento con hidrógeno para desactivación.
- b) **PTFE:** Politetrafluoroetileno.

3. Principio del método

Este método se recomienda cuando las atmósferas no son complejas y se basa en el muestreo con jeringas herméticas al gas o bien con bolsas inertes, haciendo pasar el contenido de la bolsa o jeringa directamente al cromatógrafo de gases portátil, obteniendo los valores de concentración de manera instantánea.

4. Intervalo y sensibilidad

Este método fue validado en el intervalo de trabajo de 0.0018 a 1800 mg/m³ a una temperatura y presión de 25°C y 760 mmHg, teniendo una precisión de <0.09 y una exactitud de $\pm 17\%$.

5. Precisión y exactitud

5.1 El límite mínimo de detección es de 2.5 pg cuando se realizan inyecciones al cromatógrafo de 1 ml (0.001 ppm) y la precisión cualitativa es de <0.07 @ 0.05 a 0.2ppm, para un rango de trabajo de 0.0018 a 1800 mg/m³.

5.2 La diferencia entre las concentraciones obtenidas y las reales puede no representar un error sistemático en el método de análisis y muestreo, pero sí una variación aleatoria de la concentración real determinada experimentalmente. Por lo tanto, no debe aplicarse ninguna corrección al resultado final.

6. Interferencias

6.1 No causan interferencia el bióxido de carbono, el freón 12, ni los alcoholes. Otros compuestos con tiempos de retención similar bajo las mismas condiciones cromatográficas son interferencias potenciales.

6.2 Cuando se sabe o se sospecha la presencia de dos o más sustancias en el aire, se deberá hacer esta anotación en las hojas de registro.

6.3 Se debe enfatizar que cualquier compuesto que tenga el mismo tiempo de retención que el compuesto que se va a analizar bajo las condiciones de operación descritas en este procedimiento, es una interferencia, en cuyo caso los datos de tiempos de retención basados en una columna no pueden ser considerados como prueba de identidad química.

6.4 Si existe la posibilidad de interferencia, las condiciones de separación como columna empacada, temperatura, entre otros, deben modificarse para evitar el problema.

7. Ventajas y desventajas en el método

7.1 El intervalo de trabajo es de 0.0018 a 1800 mg/m³ en atmósferas no complejas como cámaras de esterilización.

7.2 Las determinaciones se deben realizar directamente en el lugar del muestreo.

7.3 El equipo de muestreo es ligero, portátil y no involucra el uso de líquidos. Las interferencias son mínimas y la mayoría de ellas se pueden eliminar modificando las condiciones cromatográficas.

7.4 En las áreas donde se conoce la composición de la atmósfera, éste resulta ser un método instrumental rápido.

8. Instrumentación y equipo

Para el muestreo y análisis de óxido de etileno en el aire se requiere del siguiente equipo e instrumentación:

- a) cromatógrafo de gases portátil con detector de fotoionización; columna de 1.2 m x 3 mm de diámetro externo PTFE, empacada con Carbopack BHT malla 40/100 y un graficador portátil o integrador con cargador de baterías, reguladores y otros aparatos auxiliares necesarios para los instrumentos individuales;
- b) bomba de muestreo personal capaz de trabajar continuamente durante 8 horas a un flujo de 0.02 a 4 L/min apropiado para el llenado de las bolsas, con conexiones y mangueras flexibles;
- c) jeringas herméticas para gas de 0.01 a 1 ml y de 1 a 2 litros;
- d) bolsas de plástico inerte para muestreo como las de poliéster aluminizado o de Tedlar, con capacidad de 2 a 20 litros;
- e) barómetro.

Debe asegurarse que la bomba, bolsas y mangueras sean de material inerte e impermeable al óxido de etileno.

9. Reactivos

Todas las sustancias químicas deben cumplir con los requerimientos de pureza. Para el análisis se requieren los siguientes reactivos:

- a) aire puro para preparar las muestras estándares y purgar las bolsas para muestreo;
- b) aire grado cromatográfico como gas de arrastre;
- c) óxido de etileno para las muestras estándares en concentraciones conocidas (ejemplo: 88/12, freón 12/óxido de etileno);
- d) nitrógeno grado cromatográfico.

10. Procedimiento

Colectar las muestras por alguno de los siguientes métodos:

- a) Muestreo con jeringa.

Purgar la jeringa hermética varias veces con aire grado cromatográfico. Posteriormente coleccionar la muestra de aire en el lugar de interés. Esta técnica requiere menos equipo y se utiliza para la toma de muestras instantáneas, ya que es un método de análisis inmediato. No se aplica fácilmente para calcular valores LMPE-PPT. Antes de tomar la muestra se debe estimar el tamaño de la misma. Se recomienda que en atmósferas muy saturadas, se tome una muestra de 10 μ l y en ambientes menos saturados de 1ml.

- b) Muestreo con bolsas para estimar los valores de LMPE-PPT.

Purgar la bomba con aire grado cromatográfico antes de abrir la válvula de la bolsa de muestreo. Recolectar la muestra en la bolsa usando una bomba con el flujo predeterminado.

Con esta técnica se puede obtener una muestra en poco tiempo. Por ejemplo, a un flujo de 4 L/min muestreando pocos segundos, se obtendrá un litro de muestra necesario para realizar varios análisis. Si se selecciona una velocidad de flujo de 10 ml/min y una bolsa de muestreo de 5 litros, se pueden obtener muestras para compararlas con los valores de LMPE-PPT para 8 horas. La muestra mínima razonable es de un litro. El volumen máximo de muestreo está limitado por el tamaño de las bolsas y por el espacio que se tenga para almacenarlas.

11. Estándares y calibración

11.1 Calibrar el cromatógrafo portátil diariamente en el lugar del muestreo.

11.2 Para preparar muestras estándares se deben seguir las siguientes instrucciones:

- a) para la preparación de estándares, adicione en la bolsa un volumen conocido de óxido de etileno a un volumen conocido de aire grado cromatográfico. Esto creará un estándar de concentración conocida en ppm (μ l de óxido de etileno/litros de aire);
- b) purgar el aire contenido en la bolsa de muestreo utilizando una jeringa de 1 a 2 litros;
- c) extraer con una jeringa hermética aire grado cromatográfico, oxígeno o nitrógeno de un cilindro suministrador; medido el volumen transferirlo a la bolsa de muestreo. Alternativamente, si no se dispone de aire grado cromatográfico, pasar aire ambiente a través de un filtro con carbón adsorbente, previo a la jeringa, hasta que la bolsa de muestreo contenga 5 litros de aire;
- d) agregar a la bolsa de muestreo una cantidad conocida de óxido de etileno, o una mezcla estándar de óxido de etileno, por medio de una jeringa hermética para gas;

Ejemplo: Con una jeringa hermética para gas, tome 50 μ l de óxido de etileno puro y adiciónelos dentro de la bolsa que contiene 5 litros de aire, creando un estándar de 18 mg/m³. Alternativamente para obtener 19.5 mg/m³ de muestra estándar, tomar con una jeringa hermética 200 μ l de una mezcla (volumen/volumen) al 27% de óxido de etileno y agregarla a los 5 litros de aire;

- e) permitir que la mezcla de gases se haga homogénea (llegue al equilibrio) durante un tiempo de 5 minutos;
- f) analizar alícuotas de varios tamaños para establecer una gráfica de calibración. Analizar tres o más réplicas para cada punto;

Nota: en un instrumento con alta atenuación (baja sensibilidad), es posible inyectar 0.2; 0.4; 0.6; 0.8 y 1 ml, que correspondería a inyecciones de 2; 4; 6; 8 y 10 η l. Para bajas atenuaciones (alta sensibilidad) se recomiendan inyecciones de 0.02; 0.04; 0.06; 0.08 y 0.1 ml.

- g) graficar el volumen en η l de óxido de etileno contra las áreas o alturas de los picos. Esta gráfica debe ser una línea recta;
- h) a lo largo del día, periódicamente corroborar la calibración, repitiendo la inyección de algunos de los estándares.

11.3 Verificar el equipo de muestreo para prevenir contaminación de la muestra seleccionando:

- a) para el muestreo con jeringas: utilizar jeringas diferentes tanto para el muestreo como para la preparación de soluciones estándar. Identificar cada jeringa con un número único. Después de más de una docena de purgas, la jeringa puede retener y transferir pequeñas cantidades de óxido de etileno a la siguiente muestra.
- b) para el muestreo con bolsas se deben seguir las siguientes instrucciones:
 - 1) comprobar el carácter inerte y de impermeabilidad de todo el sistema de muestreo. Esto se realiza mejor en el laboratorio antes de ir al lugar de muestreo. Purgar con aire grado cromatográfico la bolsa antes de utilizarla; llenar con aire grado cromatográfico y una cantidad de óxido de etileno para crear una concentración que esté dentro del rango de interés. Tomar muestras por duplicado de esa bolsa e inyectarlas en el cromatógrafo de gases. Medir las alturas de los picos. Bombear el contenido de esta bolsa a través del sistema de muestreo en una segunda bolsa. Analizar muestras por duplicado de la segunda bolsa inmediatamente después de transferirlo a intervalos de una hora.
Si la concentración encontrada inmediatamente después de transferido es igual a aquella tomada antes de la transferencia, el sistema de muestreo no está alterando la concentración del óxido de etileno. Si la concentración no cambia con el tiempo, se puede decir que las bolsas son inertes;
 - 2) considerar cualquier residuo del muestreo, el cual puede quedar en la bolsa después de su uso, ya que de esto depende que se puedan reutilizar las bolsas. Una o dos purgas con aire limpio son suficientes para remover los residuos de óxido de etileno, a menos que la concentración de la muestra previa haya sido extremadamente alta. Analizar una muestra de aire limpio tomado de la bolsa durante su purga final. Si no se encuentra óxido de etileno, la bolsa está lista para reutilizarse. Si las bolsas después de varias purgas siguen manifestando residuo de muestreo, deben desecharse;
 - 3) separar las bolsas que se usan para la recolección de la muestra de aquellas que se utilizan para estándares de calibración.

12. Medición

12.1 Llenar la jeringa hermética y purgarla varias veces con la muestra contenida en la bolsa de muestreo, tomar el volumen deseado e inyectarlo al cromatógrafo con un movimiento rápido y firme. Anotar la identificación de la muestra. Analizar por duplicado para determinar la repetitividad del análisis. Si no se tiene el dato de la concentración esperada, use un volumen de inyección de 10 a 25 μ l a una alta atenuación para reducir la posibilidad de sobrecarga de la columna y el detector. Dependiendo de los resultados de esta inyección, se pueden seleccionar volúmenes más grandes o atenuación más baja.

12.2 Además de la identificación de la muestra, registrar el volumen de inyección en ml, la atenuación del cromatógrafo y la altura del pico o el área resultante.

13. Cálculos

Divida el volumen de óxido de etileno en η l obtenido por la interpolación en la gráfica de calibración, entre el volumen de inyección en ml para calcular la concentración de óxido de etileno en la muestra en ppm, según la siguiente ecuación:

$$\text{ppm} = \frac{\text{volumen de óxido de etileno obtenido}}{\text{volumen de inyección}}$$

14. Informe de resultados

El reporte de resultados se hará según se establece en el apartado 8.4 de la presente Norma.

15. Evaluación del método

Este método se evaluó en un laboratorio en el que se determinó su exactitud y precisión, comparando los valores que se midieron con las concentraciones aceptadas como referencia obtenidas con un sistema de generación dinámica (tubo permeable) y confirmadas por medio de un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de flama. La evaluación de campo se realizó en hospitales e instalaciones de manufactura y esterilización, en las que se usan mezclas comerciales de óxido de etileno-freón 12 u óxido de etileno-bióxido de carbono, respectivamente.

16. Bibliografía

- a) Manual de Métodos Analíticos de NIOSH. Método No. 3702 EUA, 1995.
- b) TLV's Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1992-1993. ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH, E.U.A. 1992.

- c) Pocket Guide to Chemical Hazard. NIOSH. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Services Centers for Disease Control. National Institute for Occupational Safety and Health, E.U.A. June 1990.

II CON CROMATOGRÁFO DE GASES FIJO CON DETECTOR DE IONIZACIÓN DE FLAMA

Este método se emplea cuando se requiere cuantificar la concentración de óxido de etileno durante toda la jornada de trabajo.

1. Objetivo

Establecer el procedimiento de cromatografía de gases con detector de ionización de flama, para la determinación de óxido de etileno en muestras de aire del medio ambiente laboral.

2. Principio del método

Se muestrea un volumen conocido de aire a través de un tubo de vidrio con carbón activado, el cual adsorbe el óxido de etileno. Posteriormente se realiza un proceso de desadsorción utilizando un disolvente adecuado, obteniendo una solución que se analiza en un cromatógrafo de gases con detector de ionización de flama.

3. Intervalo y sensibilidad

3.1 El procedimiento es adecuado para la medición de óxido de etileno en un rango de concentración de 1 a 200 mg/m³ (alrededor de 0.5 a 100 ppm, volumen/volumen) para muestras de 5 litros de aire.

3.2 El límite superior del rango útil está dado por la capacidad de adsorción del tubo de carbón activado empleado. Esta capacidad es medida como el volumen de saturación de aire que no debe ser excedido durante el muestreo.

3.3 El procedimiento descrito se aplica para la determinación del LMPE-PPT de gas de óxido de etileno en las atmósferas de trabajo y es el adecuado para periodos de muestreo en el rango de 10 minutos a 8 horas.

3.4 El límite inferior del rango útil depende de varios factores que incluyen el nivel de ruido en el detector, la adecuada eficiencia de desadsorción y la interferencia con el pico del disolvente en el análisis cromatográfico del gas.

3.5 Siempre y cuando la capacidad de adsorción de carbón activado no se exceda, la eficiencia de muestreo será del 100%. Si esta capacidad se rebasa, ocurrirá una saturación del analito en la primera sección del tubo, emigrando a la parte posterior. El volumen de saturación puede medirse muestreando una atmósfera estándar, mientras se monitorea el afluente de aire con detector equivalente. Las atmósferas estándar pueden prepararse en el laboratorio. La saturación se define como el punto en el cual la concentración del afluente alcanza el 5% de la concentración de la atmósfera estándar.

4. Precisión y exactitud

4.1 La precisión de este procedimiento se espera superior al 10%. Esta estimación considera un error en la bomba del 5%.

4.2 El sesgo esperado de este procedimiento es mayor al 10%. La fuente principal del sesgo se encuentra en la determinación de la eficiencia de desadsorción.

5. Interferencias

5.1 Cuando el porcentaje de humedad en el aire es muy alto, ocurre condensación en el tubo de muestreo, por lo que el óxido de etileno no puede recolectarse eficientemente y los resultados deben descartarse.

5.2 Cualquier compuesto que coincida con el analito de interés en las condiciones de operación escogida para el análisis, es una interferencia potencial; cambiando la polaridad de la fase estacionaria de la columna se puede eliminar esta interferencia. La correspondencia en el tiempo de retención en una sola columna no puede considerarse como una prueba de identidad.

5.3 Cuando se sabe o se sospecha que existen compuestos interferentes en el aire, la identidad de éstos debe anotarse en la hoja de registro.

6. Ventajas y desventajas

6.1 El método puede ser usado para monitoreo en puntos fijos.

6.2 El equipo de muestreo es portátil y no involucra el manejo de líquidos. Las interferencias son mínimas y la mayoría de ellas se pueden eliminar cambiando las condiciones cromatográficas. Los tubos se analizan mediante un método instrumental rápido. Este procedimiento también puede usarse para efectuar análisis simultáneos de dos o más sustancias de las que se sospeche su presencia en la muestra mediante un simple cambio en las condiciones del cromatógrafo de gases, pasando de una temperatura de operación isotérmica a una temperatura de operación programada.

6.3 Una desventaja de este método es que la cantidad de muestra que puede recolectarse está limitada por la capacidad del tubo de carbón activado.

6.4 La precisión del método está limitada por la caída de presión a través del tubo. Esta caída afectará al flujo y causará un volumen impreciso, debido a que la bomba está calibrada para un tubo solamente.

6.5 Si las muestras se almacenan por un periodo mayor a 1 día sin refrigeración antes del análisis, puede ocurrir una migración de la sustancia de la parte anterior del tubo a la parte posterior del mismo. Si se almacenan por más de 4 días sin refrigeración, puede existir una pérdida mayor a un 10% de la sustancia muestreada. Las muestras son estables por lo menos 3 semanas si son almacenadas a -20°C.

7. Instrumentación y equipo

Para el muestreo y análisis de óxido de etileno en el aire se requiere del siguiente equipo e instrumentación:

- a) tubos de vidrio con ambos lados sellados a la flama, de 150 mm de longitud, 8 mm de diámetro externo y 6 mm de diámetro interno, conteniendo dos secciones de 0.4 a 0.8 mm de carbón activado (malla 20-40) separadas por una porción de 2 mm de espuma de uretano. La sección frontal de adsorción contiene 700 mg de carbón y la sección posterior contiene 390 mg. Una porción de 3 mm de fibra de vidrio silanizada se coloca enfrente de la sección de adsorción. La caída de presión a través del tubo debe ser menor a 25 mmHg a un flujo de aire de 1 L/min;
- b) bomba de muestreo capaz de trabajar continuamente por 8 horas a un flujo recomendado de 10 ml/min. Para muestreos de menor tiempo el flujo se puede incrementar proporcionalmente, pero nunca exceder un flujo de 200 ml/min. La bomba debe ser segura para usarse en atmósferas inflamables;
- c) cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de flama;
- d) existe una diversidad de columnas cromatográficas que pueden usarse para el análisis de óxido de etileno en solución, son recomendadas las siguientes columnas:
 - 1) columna de acero inoxidable de 6.1 m de largo por 3.17 mm de diámetro, empacada con 30% de TERGITOL TMN-3% Sodio metilado, en Cromosorb W, NAW, malla 60-80;
 - 2) columna de cobre de 3.66 m de largo por 3.17 mm de diámetro, empacada con 20% de UCON I.B 550 X en Cromosorb P, AW, malla 80-100.

La elección de la columna dependerá de qué compuestos, si es que están presentes, puedan interferir en el análisis cromatográfico. Otra elección conveniente puede ser una columna de vidrio de 2 m de longitud por 2 mm de diámetro interno empacada con Carbopack BHT operando a 70°C, o empacada con una mezcla de Porapak S y Porapak T operando a 130°C, o cualquier otra columna equivalente señaladas en la tabla 1 del apéndice I del presente procedimiento;

- e) viales con capacidad de 10 ml y tapones recubiertos con teflón;
- f) jeringas herméticas de 1 a 2 ml de capacidad con bajo volumen muerto en la aguja;
- g) jeringas de 10 y 100 ml o cualquier otro tamaño conveniente para preparar los estándares.

8. Reactivos

Todas las sustancias químicas deben cumplir con los requerimientos de pureza. Para el análisis se requieren los siguientes reactivos de grado cromatográfico:

- 1) óxido de etileno líquido, envasado a presión en recipientes de acero inoxidable;
- 2) disulfuro de carbono;
- 3) nitrógeno purificado;
- 4) hidrógeno prepurificado;
- 5) aire filtrado, y
- 6) agua destilada

Nota: El vapor del disulfuro de carbono es tóxico; debe evitarse el contacto por cualquier vía. Su uso debe ser en una campana de extracción. Es altamente inflamable por lo que debe estar siempre disponible un extinguidor de fuego adecuado.

9. Procedimiento

9.1 Todo el material de vidrio utilizado en el análisis debe ser lavado con detergente y escrupulosamente enjuagado inicialmente con agua común y después con agua destilada.

9.2 Cada bomba personal debe ser calibrada con el respectivo tubo de carbón activado en la línea. Esto minimizará los errores asociados con las incertidumbres referentes al volumen de muestra recolectado.

9.3 La recolección y manejo de muestras se debe realizar conforme a lo siguiente:

- a) inmediatamente antes del muestreo, romper los extremos del tubo de carbón activado de tal manera que su abertura sea de al menos la mitad del diámetro interno del tubo;
- b) la sección posterior del tubo de carbón activado debe colocarse lo más cerca posible a la bomba de muestreo;
- c) para el muestreo personal, el tubo de carbón activado debe colocarse a la altura de la zona de respiración del trabajador en posición vertical durante el muestreo, para minimizar los acanalamientos a través del carbón activado;
- d) el aire que se está muestreando no debe pasar por ningún conducto antes de entrar al tubo de carbón activado;
- e) se recomienda un tamaño de muestra de 5 litros con un flujo de 10 ml/min. El flujo debe conocerse con una exactitud del $\pm 5\%$;
- f) debe registrarse el flujo, el tiempo de muestreo, la temperatura y la presión barométrica durante el muestreo;
- g) los tubos de carbón activado deben sellarse inmediatamente después del muestreo con sus tapones de plástico. Bajo ninguna circunstancia se debe utilizar otro tipo de tapón;

- h) etiquetar un tubo de carbón activado como blanco de campo, el cual debe manejarse de la misma manera que los tubos de carbón activado de muestreo, excepto que no se hace pasar aire a través de él. Manejar un blanco por cada área de trabajo y por cada 10 muestras;
- i) los tubos sellados deberán empacarse adecuadamente antes de ser transportados, de tal manera que se minimice la posibilidad de escape o ruptura de los mismos durante su traslado;
- j) si las muestras no son analizadas inmediatamente, deben manejarse y almacenarse a temperaturas inferiores a -5°C.

10. Análisis de las muestras

A cada tubo de carbón activado se le hace una muesca en la punta de la sección frontal con una lima y se abre por ruptura. La fibra de vidrio se quita y desecha. El carbón de la sección frontal se transfiere a un vial para muestras de 10 ml con septum y tapón de teflón. El material de separación se quita y desecha. La sección posterior es transferida a otro vial con tapón de teflón. Estas dos secciones son analizadas por separado. (Se recomienda que las muestras se analicen inmediatamente después de ser recolectadas).

11. Desadsorción de las muestras

11.1 Previo al análisis, se adicionan 5 ml de disulfuro de carbono en cada vial. La desadsorción debe efectuarse durante 30 min. Agitar durante este periodo. Si no se utiliza un inyector automático de muestras, los viales deben taparse nuevamente después de la toma de la muestra para minimizar su volatilización.

11.2 Desadsorber el blanco de la misma manera.

12. Condiciones de operación del cromatógrafo de gases

Las condiciones ideales de operación del cromatógrafo de gases se describen a continuación:

Para la columna de acero inoxidable:

- a) temperatura máxima de acondicionamiento: 75°C
- b) temperatura de la columna: 60°C
- c) detector: ionización de flama
- d) temperatura del detector: 200°C
- e) temperatura del inyector: 60°C
- f) flujo del gas de arrastre (nitrógeno purificado): 22 cm³/min
- g) flujo de aire: 242 cm³/min
- h) flujo de hidrógeno prepurificado: 22 cm³/min
- i) volumen de inyección: 1 µl
- j) tiempo aproximado de retención: 6.3 min

12.2 Para la columna de cobre:

- a) temperatura de la columna: 60°C
- b) detector: ionización de flama
- c) temperatura del detector: 200°C
- d) temperatura del inyector: 60°C
- e) flujo del gas de arrastre (nitrógeno prepurificado): 22 cm³/min
- f) flujo de aire: 242 cm³/min
- g) flujo de hidrógeno prepurificado: 22 cm³/min
- h) volumen de inyección: 1 µl
- i) tiempo aproximado de retención: 4.2 min

13. Estándares y calibración

13.1 A partir de una solución estándar de 180 µg/ml deben prepararse otras soluciones estándar para cubrir el rango de interés (10 µg/ml a 10 mg/ml). El rango de concentraciones de interés debe exceder al rango de concentraciones de las muestras desadsorbidas. Es indispensable preparar soluciones estándar recientes con cada lote de muestras.

13.2 Preparación de solución estándar de óxido de etileno 180 µg/ml.

- a) pipetear 10 ml de disulfuro de carbono en un vial, tapar y enfriar en hielo seco. Obtener gas óxido de etileno puro a presión atmosférica mediante el llenado parcial de una bolsa de plástico de 1 a 5 litros limpia y vacía;
- b) extraer 1 ml de óxido de etileno de la bolsa de plástico con una jeringa hermética;
- c) insertar la punta de la aguja de la jeringa en el vial que contiene el disulfuro de carbono, abrir la válvula de la jeringa y extraer el émbolo levemente de tal manera que el disulfuro de carbono entre en la jeringa. La mezcla de óxido de etileno y disulfuro de carbono crean un vacío y la jeringa se llena con el disolvente. La solución se regresa al vial y la jeringa se enjuaga dos veces con la solución.

Permitir que la solución alcance la temperatura ambiente antes de usarse. Las concentraciones dadas de óxido de etileno son para el caso en el que el óxido de etileno gas se encuentre a 20°C y 760 mmHg;

- d) inyectar al cromatógrafo de gases un volumen conocido de cada solución estándar en el rango de 1 a 5 µl. Elaborar la curva de calibración graficando la altura o área de los picos contra la concentración del analito.

14. Determinación de la eficiencia de desadsorción

14.1 La eficiencia de desadsorción del óxido de etileno puede variar con el tipo de tubo y lote utilizado, por lo tanto es necesario determinar la eficiencia de desadsorción en el rango de concentración de la muestra para cada lote de tubos de carbón activado. Esto se debe realizar muestreando una atmósfera estándar a las condiciones apropiadas de concentración, humedad y temperatura de tal manera que no se llegue al volumen de saturación.

14.2 La eficiencia de desadsorción (E.D.) es igual al peso promedio en mg recuperados del tubo, dividido entre el peso en mg adicionados al tubo, es decir:

$$E.D. = \frac{\text{Peso promedio recuperado en mg}}{\text{Peso adicionado en mg}}$$

14.3 Graficar los valores de E.D. contra el peso recuperado de cada nivel de carga de óxido de etileno. Son suficientes tres muestras de cada nivel de concentración de óxido de etileno. Se debe determinar un número suficiente de puntos para definir la curva de la E.D., sobre el intervalo de concentración. Si este procedimiento no es práctico, el carbón puede cargarse directamente con un volumen conocido de gas de óxido de etileno y analizarlo de la misma manera. Si la E.D. al nivel de la carga de la muestra es menor de 75%, el resultado indica que el lote de tubos debe descartarse.

15. Cálculos

15.1 Calcular la concentración del óxido de etileno en mg/m³, corrigiendo con los valores correspondientes a los blancos, la eficiencia de desadsorción y la presencia de algún analito en la sección posterior del tubo, considerando el volumen de aire de muestreo utilizando la siguiente ecuación:

CONCENTRACION DE OXIDO

$$\text{DE ETILENO EN AIRE} = \frac{(mf + mp - mb) (1000)}{(E.D.)(V)}$$

donde:

mf = peso del óxido de etileno en la sección frontal del tubo de carbón, en mg;

mp = peso del óxido de etileno en la sección posterior del tubo de carbón, en mg;

mb = peso del óxido de etileno en el blanco, en ambas secciones del tubo, en mg;

E.D.= eficiencia de desadsorción, leída directamente de la curva de E.D., tomando mf como el peso recuperado;

V = volumen de aire muestreado, en litros.

15.2 Este cálculo asume que no ha ocurrido una saturación sustancial si es encontrado en la sección posterior más del 10% del analito; el resultado se descarta.

16. Reporte de resultados

El reporte de resultados se hará según lo establecido en el apartado 8.4 de la presente Norma.

17. Bibliografía

- a) British Occupational Safety and Health, Methods for the Determination of Hazard Sustances 26, "Ethylene Oxide in Air", July 1983, England.
- b) Chemical Industries Association, Ltd, "Exposure to Gases and Vapours. Notes on Treatment". CIA: London 1978, England.
- c) Qazi, A.H. and Ketchman, N.H. Am. Ind. Hyg. Assoc. Journal 38 (1977) 635.
- d) National Institute for Occupational Safety and Health, "Manual of Analytical Methods, 2nd. edition. Vol. 3. DHEW (NIOSH) Publication 77-185 (1977) U.S.A.
- e) Health and Safety Executive, 1981 MDHS 3, "Generation of test atmospheres by the syringe injection technique." HSE, London, 1981, England.
- f) IDEM, MDHS 4 "Generation of test atmospheres by the permeation tube method" HSE; London, 1981, England.
- g) Health and Safety Executive. "Desorption efficiency and storage of ethylene oxide on Columbia JXC Charcoal tubes. HSE Internal Report IR/L/AO/82/16 (1982) U.S.A.
- h) Kirk-Othmer,- "Encyclopedia of Chemical Technology. Eds. H.F. Mark et al.- 3rd. Edition (1979) vol. 9 pp. 432-471 (article on ethylene oxide). Wiley-Interscience: New York, U.S.A.
- i) Patty, F.A.- "Industrial Hygiene and Toxicology", Eds, D, W, Fasset y D.D. Irish, 3rd. edition, 3 Vols. Interscience-Publishers; New York, 1979-81, U.S.A.
- j) ASTM. D4413-88 "Standard test method for determination of ethylene oxide in work place atmospheres". (Charcoal tube Methodology), 1988, U.S.A.

- k) ASTM. D3686-89 "Standard practice for sampling", 1989, U.S.A.

APENDICE I

Tabla 1. Columnas de cromatografía de gases para la determinación de óxido de etileno.

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. Columna	Longitud	Diámetro	Flujo de arrastre recomendado	Temperatura (°C)		Tiempo de retención del óxido de etileno (min)
				Columna	Detector	
(1) Chromosorb 102 (malla 60/80)	2 m	3.17 mm	30 (ml/min)	140	250	1.4
(2) Phenapiwax 12%	6.1 m	3.17 mm	20	80	300	3.8
(3) Porapak QS, (malla 100/299)	2.0 m	2 mm	30	140	250	1.5

PROCEDIMIENTO 071: DETERMINACION DE CADMIO EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL POR EL METODO ESPECTROFOTOMETRICO DE ABSORCION ATOMICA CON FLAMA.

1. Objetivo

Establecer el procedimiento espectrofotométrico de absorción atómica con flama, para la determinación de cadmio y sus compuestos, en muestras de aire del medio ambiente laboral.

2. Definiciones

Para efectos del presente procedimiento se entiende por:

- blanco con adición:** filtro con una cantidad conocida de analito agregada con el propósito de determinar la recuperación y para control de calidad;
- blanco de campo:** filtro de membrana de éster de celulosa el cual se lleva al lugar de muestreo y se maneja del mismo modo que las muestras, con la excepción de que no se hace pasar aire a través de él;
- blanco del filtro:** filtro que no se lleva a los estudios de campo y se utiliza para corregir las lecturas de la muestra o para estudios de recuperación;
- blanco de reactivos:** los reactivos, sin que contengan analitos, que se analizan para determinar su contribución en la lectura total de los blancos;
- solución estándar:** solución diluida de concentración conocida utilizada para obtener la curva de calibración;
- solución patrón:** solución de concentración conocida a partir de la cual se preparan las soluciones estándar.

3. Principio del método

Para la determinación de cadmio en el aire se deben seguir en orden las siguientes instrucciones:

- un volumen conocido de aire se hace pasar a través de un filtro de membrana de éster de celulosa para atrapar la sustancia a analizar;
- las muestras se someten a digestión ácida para destruir el filtro y otros materiales orgánicos presentes en la muestra;
- las soluciones de las muestras y soluciones estándar, son atomizadas en una flama oxidante de aire-acetileno de un espectrofotómetro de absorción atómica.

4. Intervalo y sensibilidad

4.1 El intervalo de trabajo es de 0.1 a 2.0 mg/m³, para una muestra de 25 litros de aire y de 0.01 a 0.2 mg/m³ para una muestra de 250 litros de aire.

4.2 Para la evaluación de concentraciones atmosféricas menores a 0.01 mg/m³, se puede usar una disolución final menor, aumentar el tiempo de muestreo o expandir la escala para incrementar la respuesta del instrumento de medición.

4.3 El método se puede ampliar a mayores intervalos de trabajo por dilución de las muestras.

4.4 El límite mínimo de detección es de 0.05 µg por muestra.

5. Precisión y exactitud

5.1 En este método la precisión o coeficiente de variación total es de 0.06.

5.2 La precisión analítica es de 0.05 para el rango de 3 a 23 µg por muestra.

5.3 El sesgo esperado es de -1.57% y la exactitud es de ± 13.23 %.

6. Interferencias

6.1 Se requiere de corrección de fondo para controlar la absorción molecular o de la flama.

6.2 El hierro interfiere cuando se tienen más de 20 partes de hierro por 1 parte de cadmio.

7. Ventajas y desventajas

7.1 El equipo de muestreo es portátil y no involucra el manejo de líquidos.

7.2 Las muestras recolectadas en los filtros se analizan con un método instrumental rápido.

7.3 Se pueden analizar separadamente alícuotas de las muestras digeridas para otros metales.

7.4 Este es un análisis elemental y no puede distinguir el cadmio en humos del cadmio en polvos.

8. Instrumentación y equipo

Para el muestreo y análisis de cadmio en el aire se requiere del siguiente equipo e instrumentación:

- a) muestreador con filtro de membrana de éster de celulosa con tamaño de poro de 0.8 μm y 37 mm de diámetro, montado en un portafiltros;
- b) bomba de muestreo personal capaz de trabajar continuamente durante 8 horas a un flujo determinado para el muestreo de 1 a 3 L/min, con una exactitud de $\pm 5\%$ y con tubo flexible para la conexión;
- c) espectrofotómetro de absorción atómica que debe contar con quemador para flama de aire-acetileno, lámpara de cátodo hueco para cadmio y corrector de fondo de deuterio o de hidrógeno;
- d) regulador de dos pasos, para aire y acetileno;
- e) vasos de precipitado Griffin de 50 ml o matraces Phillips de 125 ml;
- f) vidrios de reloj;
- g) matraces volumétricos de 10, 25, 100 y 1000 ml;
- h) micropipetas de 5 a 300 μl ;
- i) parrilla eléctrica capaz de mantener una temperatura de superficie de 400°C.

9. Reactivos

Todas las sustancias químicas deben cumplir con los requerimientos de pureza. Para el análisis se requieren los siguientes reactivos:

- a) ácido nítrico concentrado, ultrapuro;
- b) ácido nítrico grado reactivo (1:1);
- c) ácido clorhídrico concentrado, ultrapuro;
- d) ácido clorhídrico 0.5 N, para lo cual se debe agregar 41.5 ml de ácido clorhídrico ultrapuro al agua y aforar a 1 litro;
- e) solución estándar certificada de cadmio, con 100 μg de cadmio/ml, disponible comercialmente o disolver 100 mg de cadmio metálico valorado en un volumen mínimo de ácido clorhídrico (1:1) y aforar a 1 litro con ácido clorhídrico 0.5 N;
- f) agua destilada deionizada;
- g) aire filtrado;
- h) acetileno, calidad absorción atómica.

10. Procedimiento

10.1 Limpieza del material: todo el material de vidrio usado durante el procedimiento debe seguir una técnica de limpieza escrupulosa con el fin de evitar contaminación por cadmio de análisis anteriores, de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) antes de usarse, todo material de vidrio se debe remojar en una solución de detergente para remover toda grasa o residuos químicos;
- b) después de la limpieza inicial todo material de vidrio deberá sumergirse en ácido nítrico, grado reactivo (1:1), durante 8 horas, enjuagarse con agua destilada y secarse.

10.2 Calibración de la bomba de muestreo personal: cada bomba de muestreo personal debe calibrarse con su respectivo portafiltros y filtro en la línea, esto minimizará errores asociados con la incertidumbre en la recolección del volumen de muestra.

10.3 Recolección y embalaje de muestras. Debe realizarse de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) ensamblar el filtro muestreador sobre el cojín de celulosa en el portafiltros y cerrar firmemente para asegurar su sellado;
- b) remover el tapón posterior del portafiltros y unirlo a la manguera de la bomba de muestreo personal, colocar el portafiltros en la zona de respiración del trabajador, destapar el tapón frontal y activar la bomba;
- c) el aire que se muestrea no debe pasar a través de ninguna manguera o tubo antes de entrar al portafiltros;
- d) muestrear a un flujo volumétrico conocido entre 2 y 3 L/min durante 15 minutos, para mediciones del LMPE-CT y para mediciones del LMPE-PPT de 1 a 3 L/min durante 8 horas. No exceder la carga del filtro en 2 mg de polvos totales; al terminar el muestreo colocar nuevamente los tapones del portafiltros;
- e) anotar el flujo volumétrico y el tiempo de muestreo;
- f) ya que existe la posibilidad de que un filtro llegue a taparse con una cantidad de partículas pesadas o por la presencia de nieblas de aceite u otros líquidos en el aire, el rotámetro de la bomba debe observarse frecuentemente y en caso de que exista falla en el sistema, el muestreo deberá interrumpirse;
- g) anotar cuidadosamente la identidad de la muestra, así como todos los aspectos relevantes durante el muestreo;

- h) por cada lote de muestreo, por área, incluir el 10% del mismo lote de filtros usados para la recolección de muestras y someterlo al mismo manejo, excepto que no debe pasar aire a través de él.

Etiquetar los filtros como blancos de campo;

- i) los portafiltros donde se han recolectado las muestras, deben manejarse en un contenedor adecuado, diseñado para prevenir cualquier daño a las muestras durante el traslado.

11. Análisis de las muestras

Realizar todas las digestiones ácidas en una campana de extracción ya que los compuestos de cadmio son tóxicos, considerados como carcinogénicos y deben ser manejados con extremo cuidado.

Las muestras se analizarán de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- abrir los portafiltros, sacar las muestras, los blancos de campo y los blancos de reactivos; colocarlos en diferentes vasos de precipitado Griffin o matraces Phillips;
- agregar 2 ml de ácido nítrico concentrado ultrapuro, cubrir los vasos de precipitado o matraces con un vidrio de reloj, calentar en la parrilla eléctrica a 140°C hasta que el volumen se reduzca a 0.5 ml. Repetir la operación dos veces más;
- agregar 2 ml de ácido clorhídrico concentrado ultrapuro, cubrir el vaso de precipitado o matraz con un vidrio de reloj, calentar sobre la parrilla eléctrica a 400°C hasta que el volumen se reduzca a 0.5 ml. Repetir la operación 2 veces más, si es necesario continúe repitiendo la operación hasta que la solución quede transparente;
- no permitir en ningún momento que la solución llegue a la sequedad;
- enfriar la solución y adicionar 10 ml de agua destilada deionizada;
- transferir toda la solución a un matraz volumétrico de 25 ml;
- diluir hasta la marca con agua destilada deionizada.

12. Estándares y calibración

Se deben preparar y realizar de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- para cada análisis se debe calibrar el espectrofotómetro de absorción atómica con por lo menos seis estándares de trabajo, el rango de los estándares debe ser de 0 a 30 µg/ml. Agregar cantidades conocidas de la solución estándar certificada de cadmio en matraces volumétricos de 100 ml y diluir al volumen con ácido clorhídrico 0.5 N, asegurando que las puntas desechables usadas en las micropipetas no contengan cadmio;
- analizar los estándares de trabajo junto con los blancos de reactivo, los blancos de campo y las muestras de acuerdo al capítulo 13 incisos a y b del presente procedimiento;
- construir la curva de calibración, graficando la absorbancia contra la concentración de la solución estándar de trabajo en µg/ml;
- aspirar un estándar de trabajo después de cada 10 muestras para verificar el comportamiento del instrumento;
- verificar la recuperación del analito por lo menos con dos blancos con adición por cada 10 muestras;
- utilizar ocasionalmente el método de las adiciones para verificar las interferencias.

13. Medición

Las muestras, estándares y blancos se deben medir de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- ajustar el espectrofotómetro de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y a las condiciones siguientes:
 - flama: aire-acetileno, oxidante;
 - longitud de onda: 228.8 nm;
 - corrector de fondo: deuterio o hidrógeno.
- aspirar los estándares, las muestras y los blancos y registrar las lecturas de absorbancia, si los valores de la absorbancia de las muestras se encuentran por arriba del rango lineal de los estándares, diluir la solución con ácido clorhídrico 0.5 N y volver a realizar el análisis y utilizar el factor de dilución apropiado para los cálculos.

14. Cálculos

Calcular la concentración de cadmio en la muestra a partir de los valores de absorbancia de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- usando los valores de absorbancia calcular a partir de la gráfica de la curva de calibración, las concentraciones de cadmio en la muestra y la concentración promedio de las muestras blanco de filtro;
- usando los volúmenes de solución de las muestras y de las muestras blanco de filtro, calcular la concentración de cadmio en el volumen de aire muestreado, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$C = \frac{(C_m V_m - C_b V_b)}{V}$$

donde:

C = Concentración de cadmio en la muestra de aire, en mg/m³;

C_m = Concentración de cadmio en la muestra, en µg/ml;

Cb = Concentración promedio de cadmio en los blancos, en $\mu\text{g/ml}$;

Vm = Volumen de la muestra, en ml;

Vb = Volumen de los blancos, en ml;

V = Volumen de aire muestreado, en L.

15. Informe de resultados

El reporte de resultados se debe hacer según lo establecido en el apartado 8.4 de la presente Norma.

16. Evaluación del método

Este método se basa en la evaluación correspondiente al método 7048 NIOSH, el cual a su vez se apoya en el método S 312 NIOSH, validado sobre el rango de 0.12 a 0.98 mg/m³ para una muestra de 25 litros de polvos que contienen óxido de cadmio y en el método S 313 NIOSH, validado sobre el rango de 0.12 a 0.57 mg/m³ para una muestra de humos que contienen cadmio y sobre el rango de 0.04 a 0.018 mg/m³ para una muestra de 140 litros de humos que contienen cadmio.

17. Bibliografía

- a) Documentation of the NIOHS Validation Test, S 312 and S 313, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ (NIOSH) 77-185 (1977). EUA
- b) NIOSH Manual of Analytical Methods, U.S. Department of Health and Human Services. Provided by CCOHS, Cadmium and compounds, as Cd. 7048 (1995). EUA
- c) User Check, UBTL, NIOSH Seq. 3990-M (unpublished, November 29, 1983). EUA
- d) Current Intelligence Bulletin 42: Cadmium. U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 84-116 (Sept. 27, 1984). EUA
- e) NIOSH Manual of Analytical Methods, V.3, Method S 312, U.S. Department of Health, Education, and Welfare. Publ. (NIOSH) 77-157-C (1977). EUA
- f) Ibid, 2nd Ed. V.5, P&CAM 173, U.S. Department of Health, Education, and Welfare. Publ. (NOISH) 79-141 (1979).
- g) Ibid, Method S 313.
- h) Criteria for a recommendation standard. Occupational Exposure to Cadmium Appendix II, U.S. Department of Health, Education, and Welfare. Publ. (NIOSH) 76-192 (1976). EUA

PROCEDIMIENTO 072: DETERMINACION DE BERILIO EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL POR EL METODO ESPECTROFOTOMETRICO DE ABSORCION ATOMICA CON HORNO DE GRAFITO.

1. Objetivo

Establecer el procedimiento espectrofotométrico de absorción atómica con horno de grafito, para la determinación de berilio y sus compuestos, en muestras de aire del medio ambiente laboral.

2. Definiciones

Para efectos del presente procedimiento se entiende por:

- a) **blanco con adición:** filtro con una cantidad conocida de analito agregada, con el propósito de determinar la recuperación y para control de calidad;
- b) **blanco de campo:** filtro de membrana de éster de celulosa el cual se lleva al lugar de muestreo y se maneja del mismo modo que las muestras, con la excepción de que no se hace pasar aire a través de él;
- c) **blanco del filtro:** filtro que no se lleva a los estudios de campo y se utiliza para corregir las lecturas de la muestra o para estudios de recuperación;
- d) **blanco de reactivos:** los reactivos, sin que contengan analitos, que se analizan para determinar su contribución en la lectura total de absorbancia;
- e) **solución estándar:** solución diluida de concentración conocida utilizada para obtener la curva de calibración;
- f) **solución patrón:** solución certificada de concentración conocida a partir de la cual se preparan las soluciones estándar.

3. Principio del método

Para la determinación de berilio en el aire se deben seguir en orden las siguientes instrucciones:

- a) un volumen conocido de aire se hace pasar a través de un filtro de membrana de éster de celulosa para capturar la sustancia a analizar;
- b) las muestras se someten a digestión ácida para destruir el filtro y otros materiales orgánicos presentes en la muestra;
- c) las soluciones blanco, de muestras y estándar, se atomizan en un tubo de grafito pirorrecubierto y se mide la respuesta en un espectrofotómetro de absorción atómica, con horno de grafito, corrector de fondo y lámpara de cátodo hueco para berilio.

4. Intervalo y sensibilidad

4.1 El intervalo de trabajo es de 0.5 a 10 mg/m³, para una muestra de 90 litros de aire.

4.2 Para la evaluación de concentraciones atmosféricas menores a 0.5 mg/m³, se puede usar una disolución final menor, aumentar el tiempo de muestreo o expandir la escala para incrementar la respuesta del instrumento de medición.

4.3 El intervalo de trabajo se puede ampliar a valores más grandes por dilución de las muestras.

4.4 El límite de detección es de 0.005 µg por muestra.

5. Precisión y exactitud

5.1 La precisión o coeficiente de variación total es de 0.064.

5.2 La precisión analítica es de 0.008.

5.3 El sesgo esperado es de -0.39% y la exactitud de ± 12.42%.

6. Interferencias

6.1 La interferencia provocada por el calcio se resuelve adicionando 3% (volumen/volumen) de ácido sulfúrico.

6.2 El sodio, potasio y aluminio aumentan la absorbancia del berilio; este efecto se elimina adicionando 2% (peso/volumen) de sulfato de sodio a los estándares, muestras y blancos.

6.3 Los ácidos perclórico, fosfórico y fluorhídrico pueden producir picos interferentes no atómicos por lo cual deben eliminarse; esto se logra llevando la digestión hasta la sequedad.

7. Ventajas y desventajas

7.1 El equipo de muestreo es pequeño, portátil y no involucra el manejo de líquidos.

7.2 Las muestras recolectadas en los filtros se analizan por medio de un método instrumental rápido.

7.3 Se pueden analizar separadamente alícuotas de las muestras digeridas para otros metales adicionales.

7.4 Debe conocerse la presencia de interferencias, tales como: calcio, sodio, potasio y aluminio.

8. Instrumentación y equipo

Para el muestreo y análisis de berilio en el aire, se requiere del siguiente equipo e instrumentación:

- a) muestreador con filtro de membrana de éster de celulosa con tamaño de poro de 0.8 µm y 37 mm de diámetro, ensamblado en portafiltros de dos piezas;
- b) bomba de muestreo personal capaz de trabajar continuamente durante 8 horas a un flujo determinado para el muestreo de 1 a 4 L/min, con una exactitud de ± 5% y con tubo flexible para conexión;
- c) espectrofotómetro de absorción atómica, con horno de grafito y corrector de fondo;
- d) lámpara de cátodo hueco para berilio;
- e) regulador de presión, de dos pasos para argón;
- f) vasos de precipitado Phillips de 125 ml;
- g) vidrios de reloj;
- h) matraces volumétricos de 10 ml;
- i) pipetas volumétricas de 10 ml;
- j) micropipetas de 5 a 300 µl;
- k) parrilla eléctrica capaz de mantener una temperatura de superficie de 150 a 400°C;
- l) baño maría;
- m) frascos de polietileno de 25 ml.

9. Reactivos

Todas las sustancias químicas deben cumplir con los requerimientos de pureza. Para el análisis se requieren los siguientes reactivos:

- a) ácido nítrico concentrado, grado reactivo (1:1);
- b) ácido nítrico concentrado ultrapuro;
- c) ácido sulfúrico concentrado ultrapuro;
- d) ácido clorhídrico concentrado ultrapuro;
- e) sulfato de sodio, grado reactivo;
- f) solución de sulfato de sodio al 2% (peso/volumen) y ácido sulfúrico al 3% (volumen/volumen), la cual se obtiene adicionando 10 g de sulfato de sodio y 15 ml de ácido sulfúrico; diluir cuidadosamente a 500 ml con agua destilada deionizada;
- g) solución estándar certificada de berilio, 1000 µg berilio/ml, disponible comercialmente o disolver 1 g de berilio metálico certificado en un volumen mínimo de ácido clorhídrico (1:1) y aforar a 1 litro con ácido clorhídrico 1% (volumen/volumen);
- h) argón prepurificado para absorción atómica;
- i) agua destilada deionizada.

10. Procedimiento

10.1 Limpieza del material: todo material de vidrio usado durante el procedimiento, debe seguir una técnica de limpieza escrupulosa con el fin de evitar contaminación por berilio de análisis anteriores de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) antes de usarse, todo material de vidrio se debe remojar en una solución de detergente para remover toda grasa o residuos de sustancias químicas;
- b) después de la limpieza inicial, todo material de vidrio deberá sumergirse en ácido nítrico, grado reactivo (1:1) durante 8 horas, enjuagarse con agua destilada deionizada y secarse a 100°C.

10.2 Calibración de la bomba de muestreo personal: cada bomba debe calibrarse con su respectivo portafiltros y filtro en la línea. Esto minimizará errores asociados con la incertidumbre en la recolección del volumen de muestra.

10.3 Recolección de muestras. Debe realizarse de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) montar el filtro sobre el cojín de celulosa en el portafiltros y cerrar firmemente para asegurar su sellado;
- b) remover el tapón posterior del portafiltros y unirlo a la manguera de la bomba de muestreo personal; colocar el portafiltros en la zona de respiración del trabajador, con el orificio de entrada hacia abajo, retirar el tapón frontal y activar la bomba;
- c) el aire que se muestrea no debe pasar a través de ninguna manguera o tubo antes de entrar al portafiltros;
- d) muestrear a un flujo volumétrico conocido entre 2 y 3 L/min durante 15 minutos para mediciones de LMEP-CT y de 1 a 4 L/min para mediciones de LMEP-PPT durante 8 horas. No exceder la carga del filtro en más de 2 mg de polvo total, al terminar el muestreo colocar nuevamente los tapones del portafiltro;
- e) anotar el flujo volumétrico y el tiempo de muestreo;
- f) ya que existe la posibilidad de que el filtro llegue a taparse con una cantidad de partículas pesadas o por la presencia de nieblas de aceite u otros líquidos en el aire, el rotámetro de la bomba debe observarse frecuentemente y en caso de que exista falla en el sistema, el muestreo deberá interrumpirse;
- g) anotar cuidadosamente la identidad de la muestra, así como todos los aspectos relevantes durante el muestreo;
- h) por cada lote de muestreo, por área, incluir el 10% del mismo lote de filtros usados para la recolección de muestras y someterlo al mismo manejo, excepto que no debe pasar aire a través de él. Etiquetar estos filtros como blancos de campo;
- i) los portafiltros donde se han recolectado las muestras deben manejarse en un contenedor adecuado, diseñado para prevenir cualquier daño a las muestras durante el traslado.

11. Análisis de las muestras

Realizar todas las digestiones ácidas en una campana de extracción, ya que los compuestos de berilio son tóxicos, considerados como carcinógenos y deben ser manejados con extremo cuidado.

Las muestras se analizarán de la siguiente manera:

- a) abrir los portafiltros y transferir los filtros a los vasos de precipitado Phillips;
- b) agregar 10 ml de ácido nítrico concentrado ultrapuro y 1 ml de ácido sulfúrico concentrado ultrapuro, cubrir el vaso Phillips con un vidrio de reloj;
- c) calentar sobre en una parrilla eléctrica a 150 °C hasta que desaparezcan los vapores café de ácido nítrico, después a 400°C hasta la aparición de humos densos de ácido sulfúrico;

Nota: Verificar que los componentes de la muestra sean solubles con este procedimiento de digestión; por ejemplo, las muestras de minerales pueden requerir ácido fluorhídrico en la digestión. Si se emplean ácidos adicionales para digestión, por ejemplo, ácido fluorhídrico, ácido perclórico o ácido fosfórico, evaporar a sequedad.

- d) enfriar y enjuagar el vidrio de reloj y las paredes del vaso de precipitado con agua destilada deionizada y evaporar a sequedad, quitar el vaso de precipitado inmediatamente y enfriar a temperatura ambiente;
- e) adicionar al vaso de precipitado 10 ml de la solución de 2% sulfato de sodio/3% de ácido sulfúrico y tapar. Iniciar en este paso con el blanco de reactivos;
- f) calentar en baño maría de 60 a 70°C durante 10 minutos, dejar en reposo durante toda la noche, antes del análisis, para asegurar la disolución completa del sulfato de berilio.

12. Estándares y calibración

Se deben preparar y realizar de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) calibrar diariamente por lo menos con seis estándares de trabajo; el intervalo de los estándares debe ser de 0.005 a 1.000 µg de berilio por muestra. Preparar estándares de trabajo a partir de la solución estándar certificada de berilio, diluyendo con la solución de sulfato de sodio al 2%/ácido sulfúrico al 3% y guardar en frascos de polietileno. Estos estándares son estables durante 4 semanas;
- b) construir la curva de calibración graficando la absorbancia contra la concentración de la solución en µg/ml, asegurarse que las puntas desechables usadas en las micropipetas no contengan berilio;
- c) analizar los estándares de trabajo junto con los blancos de reactivo y las muestras.

Nota: Analizar los estándares de trabajo alternadamente con las muestras para compensar el incremento en la señal de berilio por envejecimiento del tubo de grafito.

13. Medición

Las muestras, estándares y blancos se deben medir de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) ajustar el espectrofotómetro de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y a las condiciones siguientes:

longitud de onda: 234.9;
 corrector de fondo: deuterio o hidrógeno.
 condiciones de operación del horno de grafito:

<u>Etapa</u>	<u>Tiempo (segundos)</u>	<u>Temperatura (°C)</u>
Secado	20	110
Calcinado	10	900
Atomizado	18	2800

Nota: El flujo de argón prepurificado que es usado como purga durante el procedimiento deberá ajustarse de acuerdo a las características particulares del equipo.

- b) inyectar alícuotas de 10 µl de los blancos, estándares y muestras en el tubo de grafito, registrar las lecturas de absorbancia (altura de pico);
- c) leer la absorbancia de las muestras, la absorbancia promedio de los blancos, la absorbancia promedio de los blancos de reactivo sulfato, y la absorbancia promedio de los estándares de trabajo.

14. Cálculos

- a) usando las lecturas de absorbancia de la muestra, blancos y estándares, calcular la concentración de berilio en el volumen de aire muestreado, a partir de la siguiente fórmula:

$$C = \frac{(A - Ab) \cdot Cs \cdot 10^3}{(As - Ar) \cdot V}$$

donde:

C = Concentración de berilio en la muestra de aire, en µg/m³ ;

V = Volumen de aire muestreado, en litros;

Cs = Concentración de estándares de trabajo, en µg/ml;

A = Absorbancia de la muestra;

Ab = Absorbancia promedio de los blancos;

Ar = Absorbancia promedio de los blancos de reactivo;

As = Absorbancia promedio de los estándares de trabajo.

15. Informe de resultados

El reporte de resultados se hará según lo establecido en el apartado 8.4 de la presente Norma.

16. Evaluación del método

Este método fue evaluado utilizando el Material de Referencia NTIS* No. 2675 para berilio en el intervalo de 0.1 a 0.4 mg berilio/filtro (equivalente a 0.5 a 2 veces el OSHA PEL**). La recuperación del berilio fue de 98.2% con una desviación estándar relativa (Sr) de 0.008. Este método es una mejora del método NIOSH S 339, el cual fue validado en el intervalo de 2.68 a 11.84 mg/m³ utilizando una muestra de 40 litros. Se obtuvo un coeficiente de variación total de 0.064 y la recuperación promedio fue 106.9%.

17. Bibliografía

- a) Documentation of the NIOSH Validation Test, S 339, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-1985 (1977) E.U.A.
- b) NIOSH Manual of Analytical Methods, 2nd edition, V.5, P&CAM 288, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Publ. (NIOSH) 79-141 (1979) E.U.A.
- c) Ibid., V.3, S339, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-C (1977) E.U.A.
- d) Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposure to Beryllium, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Publ. (NIOSH) 72-10268 (1972); and as revised in August, 1977 in NIOSH testimony at OSHA hearing.

*NTIS = NATIONAL TECHNICAL INFORMATIVE SERVICE, SPRINGFIELD, VA.

**OSHA PEL = OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION, PERMISSIBLE EXPOSURE LIMIT

PROCEDIMIENTO 073: DETERMINACION DE SILICE CRISTALINA EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL POR EL METODO ESPECTROFOTOMETRICO DE ABSORCION INFRARROJA.

1. Objetivo

Establecer el procedimiento espectrofotométrico de absorción infrarroja para la determinación de sílice cristalina en el aire del medio ambiente laboral.

2. Definiciones

- a) **blanco con adición:** filtro de membrana de policloruro de vinilo con una cantidad conocida de analito agregada con el propósito de determinar la recuperación y para control de calidad;

- b) **blanco de campo:** filtro de membrana de policloruro de vinilo o de mezcla de ésteres de celulosa que se lleva al lugar de muestreo y se maneja de mismo modo que las muestras, con la excepción de que no se hace pasar aire a través de él;
- c) **blanco del filtro:** filtro que no se lleva a los estudios de campo y se utiliza para corregir las lecturas de la muestra o para estudios de recuperación;
- d) **blanco de reactivos:** los reactivos usados para desarrollar el procedimiento, que se analizan sin adicionar el analito;
- e) **solución estándar:** solución diluida de concentración conocida utilizada para obtener la curva de calibración;
- f) **solución patrón:** solución de concentración conocida a partir de la cual se preparan las soluciones estándar.

3. Principio del método

Para la determinación de sílice cristalina en el aire se deben seguir en orden las siguientes instrucciones:

- a) un volumen conocido de aire se hace pasar a través del filtro de policloruro de vinilo para atrapar la sustancia a analizar;
- b) la muestra se calcina para eliminar la materia orgánica;
- c) la muestra calcinada se mezcla con bromuro de potasio y se comprime para formar una pastilla de 13 mm de diámetro;
- d) la sílice se determina por espectrofotometría de absorción infrarroja en el intervalo de 1000 a 600 cm^{-1} .

4. Intervalo y sensibilidad

4.1 El intervalo de trabajo es de 0.025 a 0.400 mg/m^3 para una muestra de aire de 400 litros.

4.2 El límite de detección es de 5 μg de cuarzo.

4.3 El rango analítico es de 10 a 160 μg de cuarzo.

5. Precisión y exactitud

El coeficiente de variación total debe ser menor a 0.15 en cada muestra que contenga hasta 30 μg de sílice.

6. Interferencias

6.1 La sílice amorfa, calcita, cristobalita, kaolinita y tridimita causan interferencia.

6.2 Las interferencias de silicatos y de las diversas formas cristalinas presentes simultáneamente en la muestra pueden resolverse de acuerdo al procedimiento señalado en el apéndice I de este procedimiento.

7. Ventajas y desventajas

7.1 Este método tiene como ventaja el requerir poca manipulación y ser de aplicación directa.

7.2 Las desventajas son:

- a) no permitir identificar las otras formas cristalinas;
- b) más de dos formas cristalinas, causan interferencia;
- c) dado que el método depende del tamaño de las partículas, si no es equivalente el tamaño de las mismas en los estándares y muestras, se obtiene un sesgo sin posibilidades de corrección.

8. Instrumentación y equipo

Para el muestreo y análisis de sílice cristalina se requiere el siguiente equipo e instrumentación:

- a) portafiltros de dos piezas de 37 mm, preferentemente conductivo, con filtro de policloruro de vinilo y tamaño de poro de 5 μm y 37 mm de diámetro;
- b) ciclón de nylon de 10 mm o tipo Higgins-Dewell, que se utilizará exclusivamente en muestreos personales;
- c) soporte del sistema de muestreo, el cual deberá mantener el portafiltros y ciclón acoplados de tal forma que el aire penetre únicamente por el conducto ciclónico;
- d) bomba de muestreo personal, capaz de trabajar continuamente durante 8 horas con el flujo determinado para el muestreo de 1.7 L/min para ciclón de nylon, 2.2 litros para ciclón Higgins-Dewell y para muestreo de área de 2 a 4 L/min, con una exactitud de $\pm 5\%$;
- e) parrilla magnética de precisión capaz de mantener una temperatura de $240^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ y rotor de velocidad variable en intervalos de 30 a 80 rpm;
- f) espectrofotómetro de absorción infrarroja;
- g) prensa con dado de 13 mm;
- h) incinerador de baja temperatura (RF plasma);
- i) platillos de aluminio;
- j) mufla;
- k) platillos de platino o crisoles de porcelana;
- l) mortero de ágata de 50 mm de diámetro, con pistilo;
- m) espátula de metal;
- n) balanza microanalítica con una sensibilidad de 0.001mg;
- o) pinzas no magnéticas y no dentadas;
- p) desecador;

- q) brocha de pelo de camello;
- r) papel glassine;
- s) sistema de filtración al vacío constituido por: embudo para filtración al vacío, membrana de policloruro de vinilo con tamaño de poro 5 μm y 47 mm de diámetro y matraz Kitasato.

9. Reactivos

Todas las sustancias químicas deben cumplir con los requerimientos de pureza. Para el análisis se requieren los siguientes reactivos:

- a) cuarzo grado infrarrojo o equivalente*;
 - b) bromuro de potasio, grado infrarrojo o equivalente;
 - c) etanol al 95 %**;
 - d) 2-propanol, grado reactivo;
 - e) estándar certificado de sílice 0.5% (peso/peso) o pesar cuidadosamente y mezclar completamente 5 gr de bromuro de potasio (secado durante una noche a 110 °C) con 25 mg de cuarzo certificado y almacenarlo en un frasco dentro del desecador;
 - f) agua deionizada;
 - g) agua destilada
- * Precauciones especiales: Evite la inhalación de los polvos de sílice.
- ** Precauciones especiales: el etanol es inflamable, manténgalo lejos de la flama, debe usar equipo de protección personal tipo guantes de neopreno y anteojos o pantalla facial.

10. Procedimiento

10.1 Limpieza del material: todo el material de vidrio usado durante el procedimiento debe seguir una técnica de limpieza escrupulosa con el fin de evitar contaminación por sílice de análisis anteriores, de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) antes de usarse, todo material de vidrio se debe remojar en una solución de detergente para remover toda grasa o residuos químicos;
- b) después de la limpieza inicial todo material de vidrio deberá enjuagarse con agua destilada y secarse.

10.2 Calibración de la bomba de muestreo personal: cada bomba de muestreo personal debe calibrarse con su respectivo portafiltros y filtro en la línea. Esto minimizará errores asociados con la incertidumbre en la recolección del volumen de muestra.

10.3 Pesar los filtros antes y después del muestreo, utilizando la misma balanza microanalítica. Manipule los filtros con cuidado para evitar que se rompan. Una vez pesados, colocarlos en el portafiltros y sellarlos con una banda adhesiva de celulosa.

10.4 Conectar el portafiltros directamente a la bomba y muestrear de 400 a 800 litros fijando el flujo de la bomba como se describe en el inciso 8d, no exceder más de 2 mg de carga de polvo en el filtro. No debe permitirse que el ensamble del muestreador se invierta en ningún momento cuando se retire el ciclón. El ciclón debe permanecer ligeramente inclinado para evitar el depósito del material del cuerpo del ciclón al filtro.

11. Análisis de las muestras

- a) las muestras se analizarán colocando los filtros con las muestras y blancos en los crisoles de porcelana o platillos de aluminio, cubrir y calcinar. Para calcinar se pueden utilizar cualquiera de los siguientes métodos:
 - 1) calcinación a baja temperatura (RF plasma): colocar los filtros en platillos de aluminio correctamente identificados, previamente enjuagados con agua destilada, etanol y secados con aire seco; depositar los platillos en el calcinador de baja temperatura de tal forma que la exposición de la muestra al plasma sea óptima. Calcinar de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Asegúrese que antes de sacar los platillos, el equipo se encuentre a presión atmosférica.
- a) calcinación en mufla: coloque los filtros con las muestras y los blancos en los platillos de aluminio o crisoles de porcelana correctamente identificados, previamente enjuagados con agua destilada, etanol y secados con aire seco en la mufla y calcinar durante 2 horas a 600°C u 800°C si hay grafito presente. Si las muestras contienen concentraciones de calcita mayores al 20% del polvo total, se deberán lavar los filtros con ácido clorhídrico al 9% (volumen/volumen) antes de calcinarlos, de acuerdo a las siguientes instrucciones:

Coloque un filtro de policloruro de vinilo de 5 μm de tamaño de poro y 47 mm de diámetro en el equipo de filtración. Retire del muestreador el filtro con la muestra y deposítelo encima del filtro inicialmente mencionado. Agregue 10 ml de ácido clorhídrico al 9% (volumen/volumen) y 5 ml de 2-propanol grado reactivo, espere 5 minutos. Aplique vacío y aspire lentamente el ácido y el alcohol. Lave en tres ocasiones con 10 ml de agua deionizada. Una vez eliminado todo el líquido suspenda el vacío.

- b) añadir 300 mg de bromuro de potasio \pm 0.1 mg, previamente secado durante la noche a 110°C, directamente a la muestra calcinada;

- c) mezclar completamente las cenizas de la muestra y el bromuro de potasio con un pistilo, si es necesario pasar la mezcla al mortero de Agata para completar la homogeneización;
 - d) transferir la mezcla al dado evacuable de 13 mm usando el papel glassine y el cepillo de pelo de camello;
 - e) elaborar la pastilla usando la técnica estándar indicada por el fabricante y pesarla con una exactitud de 0.1 mg;
 - f) calcular la relación de peso de la pastilla terminada entre el peso agregado de bromuro de potasio, la cual debe ser aproximadamente de 0.98;
 - g) limpiar con etanol todo el equipo y material utilizado después de cada muestra.
- La humedad relativa baja, facilita el manejo de muestras cuando se usa bromuro de potasio. Durante el procedimiento de calcinación de muestra y preparación de pastillas, utilizar blancos de filtro y blancos con adicción para monitorear pérdidas o contaminación.

12. Estándares y calibración

Se deben preparar y realizar de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) elaborar y analizar las pastillas estándares de trabajo de la siguiente manera:
 - 1) pesar cantidades de patrón de calibración que contengan de 10 a 200 µg de cuarzo ± 0.1;
 - 2) añadir 300 mg de bromuro de potasio ± 0.1 a cada una de esas cantidades. Proceder como se establece en el inciso 11c);
 - 3) preparar las pastillas correspondientes como se establece en el inciso 11e) y calcular como se señala en el inciso 11f);
 - 4) determinar la absorbancia a 800 cm⁻¹ para cada pastilla estándar. Graficar la absorbancia contra µg de óxido de silicio.
- b) si la calcinación de las muestras es a baja temperatura y hay presencia de kaolinita, preparar pastillas que contengan de 100 a 600 µg de kaolinita. Determinar la absorbancia como abscisas a cm⁻¹ y 915 cm⁻¹. Preparar al menos 5 diferentes concentraciones de kaolinita. Usar esta curva para corregir el valor de la absorbancia a 800 cm⁻¹ para cualquier muestra que contenga kaolinita;
- c) preparar los blancos de filtro y blancos con adición de acuerdo a lo señalado en el capítulo II del presente procedimiento.

13. Medición

Las muestras, estándares y blancos se deben medir de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) ajustar el espectrofotómetro infrarrojo en el modo de absorbancia y establecer las condiciones apropiadas para el análisis cuantitativo. Realizar barridos de 1000 cm⁻¹ a 600 cm⁻¹. Rotar la pastilla 45° y realizar un nuevo espectro. Repita dos veces más hasta obtener 4 espectros. Si el pico obtenido en 800 cm⁻¹ es pequeño, usar la expansión de la ordenada de 5X para aumentar la altura del pico. Trazar una línea base desde aproximadamente 820 a 670 cm⁻¹. Medir la absorbancia a 800 cm⁻¹ desde el máximo hasta la línea base en unidades de absorbancia; promediar los cuatro valores para cada muestra;
- b) si se calcinó la muestra a baja temperatura la presencia de kaolinita se indicará por una banda de absorción máxima a 915 cm⁻¹. Trazar la línea de base desde 960 a 860 cm⁻¹ y medir la absorbancia a 915 cm⁻¹ desde la línea base hasta el punto máximo del pico.

14. Cálculos

Calcular la concentración de sílice, cumpliendo con lo señalado en los siguientes incisos:

- a) corrección para kaolinita: una absorbancia a 915 cm⁻¹ es debida a la presencia de kaolinita, por lo que deberá referirse a la curva de kaolinita para encontrar la absorbancia a 800 cm⁻¹. Tomar este valor para corregir los valores de cuarzo en la muestra;
- b) si no es requerida la corrección por la presencia de kaolinita, tomar el valor de la absorbancia a 800 cm⁻¹ para encontrar el peso del cuarzo (Wq) de la gráfica de calibración;
- c) calcular la concentración de sílice en el volumen de aire muestreado, utilizando la siguiente ecuación:

$$C = \frac{Wq}{V}$$

Para determinar el porcentaje de cuarzo, dividir el peso del cuarzo, Wq, entre el total del peso de la muestra, Ws:

$$\%Q = \frac{Wq \times 100}{Ws}$$

donde:

C = concentración de sílice en la muestra de aire, en mg/m³;

Wq = peso del cuarzo en la muestra, en µg;

V = volumen de aire muestreado, en litros;

Ws = peso de la muestra, en µg;

%Q = porcentaje de cuarzo en la muestra.

15. Informe de resultados

El reporte de resultados se hará según lo establecido en el apartado 8.4 de la presente Norma.

16. Validación del método

En un estudio realizado en 15 laboratorios se encontró, que los límites inferior y superior de la desviación estándar relativa para las muestras de cuarzo de 60 a 150 µg fueron:

	Inferior	Superior
Error total	0.13	0.22
Error intralaboratorio	0.07	0.10
Error interlaboratorio	0.08	0.14

El límite inferior aplica para muestras que contienen 1 mg de polvos de carbón mineral y menos del 2% de caolín, el límite superior aplica para muestras de 2 mg o menos de polvos de carbón mineral y un porcentaje menor de caolín.

El error total se incrementa de 0.36 a 0.40 en sus límites inferior y superior cuando se usan bombas de muestreo personal.

La precisión para muestras de cuarzo puro es de 0.05 en el rango de 100 a 500 µg.

Este método depende del tamaño de las partículas y de las muestras. Los estándares deben ser similares para evitar un sesgo en los resultados.

17. Bibliografía

- a) NIOSH Manual of Analytical Methods, 2nd Ed., V. 1, P&CAM 110, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publication (NIOSH) 77-157-A (1977), U.S.A.
- b) Talvitie N.A. Determination of Quartz in the Presence of Silicates Using Phosphoric Acid, Analytical Chemical, 23, 623-626 (1951).
- c) Larsen D.J., L.J. Von Loenhoff and J.V Crable. The Quantitative Determination of Quartz in Coal Dust by Infrared Spectroscopy, American Industrial Hygiene Association, J., 23; 3657-372 (1972), U.S.A.
- d) Dondson, J. And W Whittaker, The Determination of Quartz in Respirable Dust Samples by Infrared Spectrophotometry-1: The Potassium Bromide Disc Method, American Occupational Hygiene Association, J., 34,298-305 (1973).
- e) Cares J.Q., A.S. Doldiin, J.J. Lynch and W.A Brugess. The Determination of Quartz in Airborne Respirable Granite Dust by Infrared Spectrophotometry, American Industrial Hygiene Association, J., 34; 298-305 (1973).
- f) Taylor, D.G., C.M. Nenadic and J.V. Crable. Infrared Spectra for Mineral Identification, American Industrial Hygiene Association, J., 100-108 (1970), U.S.A.
- g) Criteria For a Recommended Standard Occupational Exposure to Crystalline Silic, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 75-120 (1974), U.S.A.
- h) Freedman, R. W., S. Z. Toma, and H. W. Lang. On-filter Analysis of Quartz in Respirable Coal Dust by Infraared Absorption and X-Ray Diffraction, American Industrial Hygiene Association, J., 35: 411 (1974), U.S.A.

APENDICE I

INTERFERENCIAS

I.1 Cuando están juntos el cuarzo y la cristobalita pueden determinarse utilizando bandas menos sensibles a 695 cm⁻¹ (cuarzo) y 625 (cristobalita). La tridimita puede ser determinada únicamente en ausencia de las otras dos formas cristalinas y se encuentra en raras ocasiones en muestras industriales. Los silicatos interferentes pueden removerse utilizando un procedimiento de limpieza a base de ácido fosfórico.

I.2 La cristobalita y la tridimita interfieren positivamente en el pico de 800 cm⁻¹ aunque raramente están presentes en muestras industriales.

I.3 La kaolinita, un componente común del carbón, cuando se encuentra presente en cantidades importantes, puede interferir cuando el incinerador de plasma (RF) se utiliza para calcinar el filtro colector. En los puntos 12. f) y 14. a) se describen los procedimientos para eliminar esta interferencia.

I.4 La calcita, en cantidades mayores al 20% de la carga total de polvos, puede interferir reaccionando con el cuarzo durante la calcinación con la mufla. Un método para eliminar esta interferencia se describe en el punto 11.a).2.

I.5 La sílice amorfa puede interferir si se encuentra presente en grandes cantidades. Esta interferencia se puede minimizar tomando en cuenta su absorbancia al construir la línea base.