

Introducción

Un gran número de agentes químicos se presentan en el ambiente laboral en forma de materia particulada, es decir, de partículas suspendidas en el aire. Cuando las partículas son sólidas y se generan de forma mecánica, se utiliza también comúnmente el término polvo. Para la evaluación de la exposición a agentes químicos presentes en el aire en forma de partículas -que es una de las más frecuentes en higiene industrial- es necesario considerar, además de su naturaleza, el tamaño de las partículas ya que de él dependerá la proporción de partículas que penetren en el tracto respiratorio y el lugar en el que se depositen.

En España, para la toma de muestra de la llamada "fracción total" de polvo se ha estado utilizando la casete de 37 mm de diámetro cerrada (Figura 1). Sin embargo, los estudios realizados indican que este muestreador no muestrea de forma eficiente la fracción inhalable, subestimando significativamente la concentración de partículas de tamaños entre 30 y 100 μm^1 . Es por tanto necesaria la sustitución de este sistema por otros muestreadores.

Este documento tiene como objeto servir de guía a todos los que necesiten medir la concentración de materia particulada inhalable en aire para evaluar la exposición personal. Se puede encontrar información más detallada en los documentos que se citan en la bibliografía.

Fracción inhalable

La fracción inhalable es la fracción másica del aerosol total que se inhala a través de la nariz y la boca durante la respiración y que, por lo tanto, puede depositarse en cualquier parte del tracto respiratorio².

Los valores límite para agentes químicos que se presentan como polvo o humos se refieren a la fracción inhalable o respirable. Cuando no aparece ninguna indicación se refieren a la fracción inhalable³. Aquellos agentes químicos en forma de polvo que no tienen un valor límite específico entran en la categoría de "Partículas (insolubles o poco solubles) no especificadas de otra forma" y se les aplica un VLA-ED de 10 mg/m³ para la fracción inhalable.

Factores que afectan a la eficacia de la toma de muestras

La eficacia de la toma de muestras puede verse afectada por numerosas variables, de entre ellas las más importantes son el tamaño de las partículas y la velocidad y dirección del viento. Sin embargo, también hay que considerar factores tales como: la composición del aerosol y su carga, la masa de aerosol muestreada, variaciones en el caudal de la bomba de aspiración, etc⁴. Por eso, no todos los muestreadores cumplen con los requisitos para todas las posibles condiciones ambientales, y es necesario considerar el ambiente -tanto las condiciones climáticas como las del puesto de trabajo- en el que el muestreador va a utilizarse para seleccionar el más adecuado. En general, las dificultades se presentan en los casos siguientes:

- Cuando la velocidad del viento es elevada (ej. trabajos en el exterior)
- Cuando se generan partículas grandes con un gran momento de inercia (ej. trabajos con madera)



Figura 1. Casete de 37 mm de diámetro cerrada



Figura 2. Muestreador IOM



Figura 3. Muestreador Button



Figura 4. Muestreador GSP 3,5

Tipos de muestreadores

Los muestreadores que potencialmente cumplen los requisitos de la norma UNE-EN 481 y UNE-EN 13205 -de los disponibles hasta el año 2004- son: IOM, PGP-GSP3.5, PGP-GSP10, CIP10-I, Button y PAS-6⁵. Sin embargo, como ya se ha mencionado, no hay un sistema de muestreo que cumpla los requisitos en todas las condiciones ambientales posibles. De entre ellos, cabe señalar que el muestreador PGP-GSP10 necesita una bomba de aspiración que mantenga un caudal de 10 L/min y el muestreador CIP10-I lleva incorporada una bomba de aspiración para trabajar también a 10 L/min. A continuación, centrándonos en los que utilizan bombas de aspiración "tipo P" ⁶, que son las bombas para el muestreo personal de materia particulada y operan a caudales entre 1 y 5 L/min, se describen estos muestreadores.

IOM

Muestreador desarrollado por el Instituto de Medicina Ocupacional de Edimburgo. El sistema incluye un portafiltras interno en cuyo interior se coloca el filtro. El aerosol se aspira a través de un orificio circular de 15 mm de diámetro, orientado en dirección perpendicular con respecto al cuerpo del trabajador, con un caudal de 2 L/min (Figuras 2 y 5). Las partículas se recogen en un filtro de 25 mm de diámetro o se depositan en las paredes internas del portafiltras. Tanto el filtro como el portafiltras deben pesarse juntos antes y después de la toma

de muestras, ya que todas las partículas que han entrado por el orificio de entrada forman parte de la muestra.

Aspectos a tener en cuenta:

- Se adecua al convenio para la toma de muestra de la fracción inhalable para velocidades de aire de 0,5 y 1 m/s.
- Cuando la dirección del viento coincide con la de aspiración presenta una sobrevaloración de las partículas de mayor tamaño, y una infravaloración cuando la orientación del viento es de 90 ó 180°.
- El amplio orificio de entrada facilita la entrada de partículas mayores de 100 µm por proyección.
- No se adecua al convenio de la fracción inhalable para partículas de diámetros aerodinámicos superiores a 70 µm.
- Tanto el muestreador como el portafiltras pueden ser de plástico conductor o de acero inoxidable. Los portafiltras de plástico pueden ocasionar inestabilidad de la pesada a diferencia de los de acero inoxidable.
- Hay una variante de este muestreador que permite la toma de muestra simultánea de la fracción inhalable y la respirable.

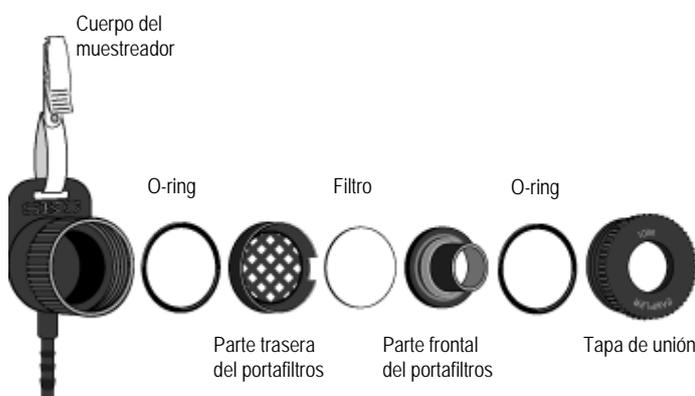


Figura 5. Partes que componen el muestreador IOM para la fracción inhalable de aerosol

Button

El cuerpo del muestreador es de aluminio y la sección de entrada está constituida por una superficie curvada y llena de orificios uniformemente distribuidos que está fabricada en acero inoxidable (Figuras 3 y 6). El caudal de trabajo es de 4 L/min y el filtro de 25 mm de diámetro.

Aspectos a tener en cuenta:

- El muestreador se adecua al convenio de la fracción inhalable para velocidades de aire de 0.5 y 1 m/s.
- También se ajusta muy bien al convenio de la fracción inhalable cuando las velocidades de aire son muy bajas⁷.
- La superficie de entrada curvada hace que el sistema presente una baja sensibilidad a la dirección y velocidad del aire, también reduce la entrada de partículas grandes (>100µm).
- Se recomienda utilizar filtros con tamaño de poro de 1 µm o superior.

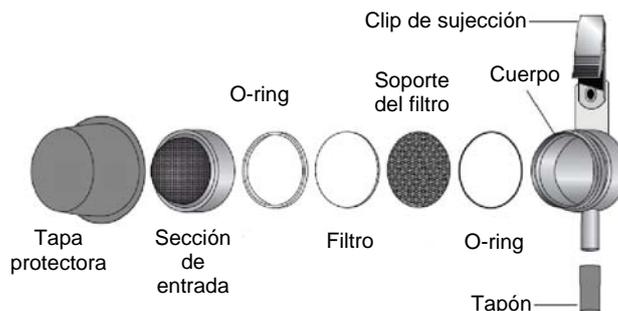


Figura 6. Partes que componen el muestreador Button

GSP 3,5

Este muestreador (Figuras 4 y 7) tiene una sección cónica de entrada con un orificio de 8 mm de diámetro y su caudal de trabajo es de 3,5 L/min. La mayor parte del muestreador es de metal. El aerosol se recoge en un filtro de 37 mm de diámetro que se coloca en un portafiltras de plástico.

Hay otros muestreadores de tipo cónico, uno de ellos es el PAS-6 en el que el aerosol se aspira a través de un orificio de 6 mm.

Aspectos a tener en cuenta:

- El muestreador se adecua al convenio de la fracción inhalable para velocidades de aire de 0.5 y 1 m/s.
- La dirección del viento influye en su eficacia de toma de muestra, pero menos que en el IOM.
- Su eficacia de muestreo no varía de forma importante al aumentar el tamaño de las partículas.

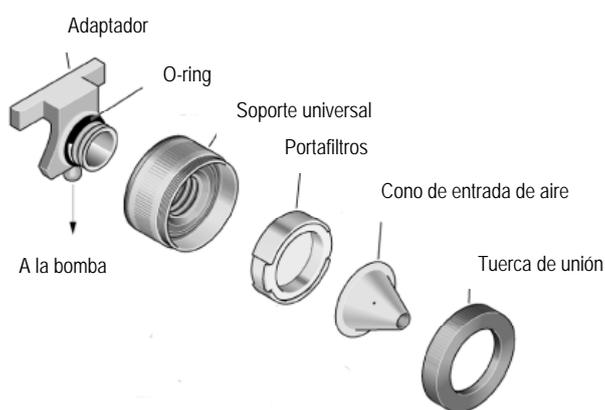


Figura 7. Partes que componen el muestreador GSP 3,5

En la tabla siguiente se recoge el caudal necesario de la bomba de aspiración y el diámetro de los filtros utilizados por los diferentes muestreadores.

Sistema de toma de muestra	Caudal para la toma de muestra	Diámetro del filtro
IOM	2 L/min	25 mm
Button	4 L/min	25 mm
GSP 3.5	3,5 L/min	37 mm
PAS-6	2 L/min	25 mm

Finalmente, hay que señalar que, entre los sistemas de toma de muestra recomendados por la Unión Europea⁵, hay dos muestreadores que permiten recoger varias fracciones del aerosol de forma simultánea. Uno de ellos es el muestreador IOM que, mediante insertos de espuma de poliuretano, puede utilizarse también como muestreador combinado para las fracciones inhalable y torácica o inhalable y respirable. El otro es el Respición, que es un sistema de tipo impactador con el que se puede tomar muestra tanto de la fracción inhalable como de la torácica y de la respirable.

Toma de muestra

Fundamento del método

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen conocido de aire a través de un medio de retención montado en el muestreador, previamente pesado. La diferencia de peso, antes y después de tomar la muestra, expresada en miligramos, corresponde a la cantidad de polvo o materia particulada retenida, a partir de la cual se obtiene la concentración de polvo o materia particulada en miligramos por metro cúbico de aire.

Los requisitos de las bombas de muestreo personal así como las recomendaciones de uso vienen descritos en el documento CR-01/2005⁸.

Procedimiento para la toma de muestra

La calibración de la bomba debe realizarse al caudal necesario al tipo de muestreador elegido y utilizando los accesorios de calibración que indique el fabricante, normalmente acoplado un adaptador.

- Se coloca la bomba de aspiración, ya calibrada, en el trabajador (por ejemplo en la parte posterior de la cintura asegurándola con un cinturón apropiado). La bomba debe ser capaz de mantener el caudal necesario durante todo el tiempo de muestreo.
- Se une la bomba al muestreador con un tubo de plástico de Tygon que se fijará al arnés o a la vestimenta del trabajador de forma segura, de manera que el muestreador quede sujeto a la altura de la solapa en la "zona de respiración" del trabajador. Es necesario asegurarse de que la posición en la que se coloca el muestreador reflejará la exposición del trabajador.
- Se comprueba la perfecta estanqueidad del conjunto. Se retira la tapa protectora del muestreador y se pone la bomba en funcionamiento, iniciándose la captación de la muestra. Durante la captación, debe vigilarse periódicamente el correcto funcionamiento de la bomba. En el caso de que se aprecien anomalías o variaciones sobre el caudal inicial, debe volverse a recalibrar la bomba y anular la muestra.

- Transcurrido el tiempo de muestreo, se detiene el funcionamiento de la bomba y se anotan todos los datos relevantes de la toma de muestras (tiempo de muestreo, caudal, temperatura ambiental, humedad, presión -si no puede averiguarse la presión, se estimará la altitud de la zona- y velocidad del aire).
- Se retira con cuidado el muestreador y se tapa. Es necesario seguir las instrucciones del fabricante respecto a la posición en que deba mantenerse el muestreador una vez tomada la muestra. Se etiqueta de forma clara con el número identificativo de la muestra tomada.
- Se mide de nuevo el caudal de la bomba de aspiración una vez finalizada la toma de muestra. La muestra tomada puede no ser válida si los caudales medidos antes y después de tomar la muestra difieren en más del 5%.
- El número mínimo necesario de "blancos" es tres. Cada lote adicional de muestras irá acompañado de otro "blanco de muestreo" más. Los "blancos de muestreo" deben tratarse de la misma forma que las muestras, pero sin que pase aire a su través.

Duración de la toma de muestra

Un tiempo de toma de muestra suficientemente largo asegurará que el depósito de materia particulada sea suficiente y, por tanto, mejorará la exactitud de la determinación gravimétrica. La duración del muestreo debe ser tan larga como las condiciones permitan y debe ser representativa de la jornada de trabajo de los trabajadores expuestos. Se utilizará la estrategia de muestreo adecuada en cada caso.

Transporte

El transporte de las muestras, junto con los blancos, al laboratorio se realizará en envases protegidos para evitar cualquier tipo de daño o pérdida de su contenido; el envase se etiquetará para asegurar que se manejará adecuadamente durante su transporte. Es necesario ser muy cuidadoso en el manejo de la muestra durante el transporte para evitar pérdidas de muestra, sobre todo para elevadas cargas de muestra. Comunicar al laboratorio si se sospecha cualquier anomalía.

Medios de retención

Para los sistemas que se recogen en la tabla, el medio de retención utilizado es un filtro. Respecto a sus características, es necesario siempre consultar las instrucciones del fabricante del muestreador. Además, la elección del tipo de filtro también dependerá del análisis que sea necesario realizar sobre el material recogido en el filtro. A continuación se describen los más comunes:

Fibra de vidrio o de cuarzo

Si el objetivo de la toma de muestra es únicamente la determinación gravimétrica, los filtros más adecuados son los de fibra de vidrio o de cuarzo. En ellos, las partículas no se retienen solo en la superficie sino que quedan también atrapadas en la estructura del filtro. Por tanto, estos filtros presentan una gran capacidad de recogida de muestra y buenas propiedades de adhesión. Presentan una baja pérdida de carga por lo que pueden utilizarse caudales altos y les afecta poco la humedad.

Los filtros de fibra de vidrio recomendados son los de tipo A/E, es decir, los que no llevan agentes aglutinantes para mantener las fibras unidas.

Filtros de membrana

Las partículas quedan recogidas exclusivamente en la superficie de la membrana. Presentan una pérdida de carga elevada y su capacidad es bastante inferior a los de fibra de vidrio, por lo que son menos adecuados para altos caudales o para concentraciones elevadas de polvo. Pueden ser de distintos materiales, entre los más utilizados se encuentran los de mezcla de ésteres de celulosa (MEC), cloruro de polivinilo (PVC) o Teflón.

Celulosa

La humedad les afecta por lo que no son adecuados para el análisis gravimétrico. Sin embargo, sí lo son para el análisis de los componentes metálicos del aerosol ya que tienen baja resistencia a los ácidos y, en general, los valores de los blancos -niveles de contaminación que pueden interferir en el análisis- son bajos y constantes. En el caso de partículas muy finas, como las de humos de soldadura, pueden presentar problemas.

PVC

Les afecta menos la humedad que a los de celulosa. Sin embargo, la acumulación de cargas estáticas en estos filtros, así como en los de policarbonato, puede ocasionar errores tanto en la toma de muestra como en el análisis gravimétrico, por lo que es necesario utilizar dispositivos para la eliminación de la electricidad estática de los filtros.

Filtros de Teflón

Son muy resistentes a los ácidos, bases y disolventes. Son hidrófobos y tienen gran estabilidad térmica. Su uso está indicado cuando los aerosoles que se van a muestrear son agresivos y ácidos. Son adecuados para el análisis gravimétrico pero, por su elevado precio, se usan solo en casos excepcionales donde se necesita una elevada precisión.

Policarbonato

Presentan una superficie uniforme por lo que son adecuados para el análisis microscópico, es decir, cuando es necesario obtener información acerca del tamaño, la morfología y la composición del aerosol muestreado.

Bibliografía

¹ CR-03/2006: Toma de muestras de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada. INSHT.

² UNE-EN 481:1995. Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles.

³ Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España. 2008. INSHT.

⁴ UNE-EN 13205:2002. Atmósferas en el lugar de trabajo. Evaluación del funcionamiento de los instrumentos para la medición de la concentración de aerosoles.

⁵ CEN/TR 15230:2005 Workplace atmospheres – Guidance for sampling inhalable, thoracic and respirable aerosol fractions.

⁶ UNE-EN 1232:1997. Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo personal de los agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo.

⁷ O. Witschger, S.A. Grinshpun, S. Fauvel, G. Basso, "Performance of personal inhalable aerosol samplers in very slowly moving air when facing the aerosol". Ann. occup. Hyg. 48, 351 (2004)

⁸ CR-01/2005: Bombas para el muestreo personal de agentes químicos. INSHT.