

# Evaluación de la exposición laboral a aerosoles: el muestreador personal IOM para la fracción inhalable

*Évaluation de l'exposition professionnelle a aérosols: L'échantillonneur personnel IOM pour la fraction inhalable*  
*Occupational exposure assessment to aerosols: IOM personal sampler for the inhalable fraction*

## Redactor:

Antonio Martí Veciana  
 Lcdo. en Ciencias Químicas y Farmacia

CENTRO NACIONAL DE  
 CONDICIONES DE TRABAJO

Vigencia	Actualizada por NTP	Observaciones
VÁLIDA		Están relacionadas con este tema las NTP 731, 764, 765, 799 y 800

## 1. INTRODUCCIÓN

En el mercado existe una amplia variedad de muestreadores para captar la fracción inhalable de los aerosoles. Aunque no se dispone todavía de un muestreador personal que pueda considerarse plenamente satisfactorio para cualquier situación ambiental posible, la mayor parte suelen tener un comportamiento aceptable, en relación a los criterios exigidos. Una relación de muestreadores que pueden satisfacer los requerimientos de las normas UNE-EN 481 (1) y UNE-EN 13205 (2) se pueden encontrar en la Guía CEN/TR 15230 (3), o también consultando el CR-03/2006 (4) o la NTP 764 (5), en que se recomienda que los potenciales usuarios de los muestreadores consulten las referencias bibliográficas y evalúen el muestreador seleccionado para verificar su comportamiento en las condiciones ambientales en las que se pretenda usar.

El muestreador personal IOM es uno de los muestreadores de la fracción inhalable que potencialmente puede satisfacer los requerimientos de las normas indicadas. Es muy utilizado en América y en Europa, especialmente en el Reino Unido y, frecuentemente, se ha escogido como muestreador de referencia en los estudios comparativos con otros muestreadores. Juntamente con otros muestreadores, como el PGP-GSP 3,5 y el CIP10-I, es de los que mejor cumple la convención de muestreo de la fracción inhalable.

En esta NTP se trata de forma monográfica del muestreador personal IOM, indicándose sus características principales, variedades (según el material de fabricación y combinaciones de los componentes), condiciones de muestreo, comportamiento ambiental y analítico derivado de la influencia de la humedad en la pesada del cassette de plástico, etc. Asimismo se exponen los resultados obtenidos en los ensayos llevados a cabo, en un laboratorio de análisis ambiental del INSHT (6), con objeto de conocer el comportamiento gravimétrico del muestreador en función de las condiciones ambientales y estimar su fiabilidad analítica.

## 2. CARACTERÍSTICAS DEL MUESTREADOR IOM

Este muestreador personal para la fracción inhalable del aerosol, fue desarrollado por D. Mark and y J.H. Vincent en el Institute of Occupational Medicine (IOM) de

Edimburgo, Reino Unido, en 1986 y fabricado por la firma SKC.

El modelo estándar está constituido por una cabeza o cuerpo de plástico de color negro (material conductor para disipar las cargas eléctricas y prevenir las estáticas), que contiene un portafiltros o cassette de plástico, también de color negro, reutilizable, en el que se ubica un filtro de 25 mm de diámetro, cuya naturaleza puede variar según sea el procedimiento analítico posterior a aplicar (fibra de vidrio GF/A, PVC 0,8 ó 5,0  $\mu\text{m}$ , ésteres de celulosa AA 0,8  $\mu\text{m}$ , policarbonato 0,8  $\mu\text{m}$  o teflón 0,5  $\mu\text{m}$ ).

Es un muestreador ligero y cómodo de usar (ver Figura 1), cuyo orificio de captación tiene 15 mm de diámetro, e incorpora una cubierta o tapón de goma para facilitar la integridad de la muestra durante su transporte y almacenamiento.

Existen 3 modalidades de muestreador IOM, según la naturaleza del material de fabricación y las combinaciones de sus componentes:

- **Muestreador IOM totalmente de plástico** (peso aproximado 20 g): con cabeza y cassette o portafiltros de plástico (peso de la unidad -cassette+filtro-: ~1,2 g).
- **Muestreador IOM mixto** (peso aproximado 23 g): con cabeza de plástico y cassette o portafiltros de acero inoxidable (peso de la unidad -cassette+filtro-: ~4-5 g).
- **Muestreador IOM totalmente de acero inoxidable** (peso aproximado 125 g): con cabeza y cassette o portafiltros de acero inoxidable (peso de la unidad -cassette+filtro-: ~4-5 g).

Los cassettes de plástico y metálicos se presentan en las Figuras 2 y 3.



Figura 1. Muestreador IOM de plástico



Figura 2. Cassette de plástico



Figura 3. Cassette de acero inoxidable

Todas las modalidades de cassette pueden incorporar un clip (ver Figura 4) que protege el conjunto de la unidad -cassette+filtro-, durante el transporte y almacenamiento, una vez extraída de la cabeza o cuerpo del IOM.

Existe también otra variante de muestreador IOM que posibilita muestrear simultáneamente la fracción respirable y la fracción inhalable de los aerosoles mediante la incorporación de un disco de espuma de poliuretano al portafiltros (ver Figura 5).

La diferencia de pesada, entre antes y después de la captación, del conjunto cassette-filtro-espuma corresponde a la fracción inhalable y la del conjunto cassette-filtro (sin el disco de espuma) a la fracción respirable (4) (7) (21).



Figura 4. Clip de transporte



Figura 5. Muestreador IOM multifracción

### 3. ASPECTOS AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN EL MUESTREADOR IOM

Los principales aspectos que pueden afectar la eficacia de captación de la fracción inhalable con el muestreador IOM son la dirección del aire, la velocidad del aire y el tamaño de las partículas.

#### Dirección del aire

Puede tener lugar una sobrevaloración de las partículas de mayor tamaño cuando la dirección del viento coincide con la dirección de aspiración ( $0^\circ$ ), y una infravaloración cuando la orientación del viento es de  $90^\circ$  y  $180^\circ$  respecto a la dirección de aspiración (4)(8).

#### Velocidad del aire

El mejor comportamiento tiene lugar a bajas velocidades de aire, inferiores a 1 m/s, siendo la velocidad óptima alrededor de los 0,5 m/s, velocidad considerada habitual en ambientes interiores sin corrientes de aire. Su eficacia de captación tiende a decrecer cuando la velocidad del aire aumenta, y también a velocidades muy bajas (4)(8-9).

#### Tamaño de las partículas

Las partículas de mayor tamaño son las más afectadas por las variaciones de la velocidad del aire. El muestreador IOM, al tener un orificio de entrada bastante amplio (15 mm de diámetro), puede facilitar la pene-

tración de partículas grandes (superiores a  $100 \mu\text{m}$ ) por proyección (fenómeno que puede ser significativo, por ejemplo, en las exposiciones a polvo de madera, en moultraciones y chorreados, etc.), o también facilitar la deposición pasiva de partículas. En ambos casos, la captación de estas partículas conllevaría una sobrevaloración de la concentración ambiental (10-11).

## 4. ASPECTOS RELATIVOS A LA TOMA DE MUESTRAS DEL MUESTREADOR IOM

### Eficacia de captación

Los estudios de la eficacia de captación del muestreador IOM en el laboratorio indican una buena conformidad con el convenio de la fracción inhalable para velocidades del aire entre 0,5 m/s y 1 m/s (4) (9). Su comportamiento es relativamente independiente de la velocidad del aire para partículas con un diámetro aerodinámico de hasta  $75 \mu\text{m}$ , aunque a velocidades del aire bajas, presentan una desviación positiva con respecto al convenio de la fracción inhalable.

El IOM es uno de los muestreadores que mejor cumple el convenio de muestreo de la fracción inhalable, conjuntamente con otros muestreadores (4-5), como el PGP-GSP 3,5 (muy utilizado en Alemania), o el CIP10-I (muy utilizado en Francia). El IOM es también uno de los tres muestreadores recomendados por el Health and Safety Laboratory (HSE), Reino Unido, para fracción inhalable: método MDHS 14/3 (12).

En sentido opuesto, conviene recordar que el clásico cassette de poliestireno de 37 mm (tradicionalmente utilizado para muestrear aerosoles bajo el antiguo concepto de "aerosol total, polvo total o partículas totales") no está recomendado para la toma de muestra de la fracción inhalable de aerosoles, ya que no cumple con el convenio de dicha fracción. Ello se ha puesto de manifiesto en numerosos ensayos comparativos con muestreadores de la fracción inhalable, en especial con el muestreador IOM, en los que se ha observado que dicho cassette infravalora esta fracción (4) (8-9) (13-16).

### Condiciones de la toma de muestras

El aire a muestrear es aspirado a través del orificio circular, de 15 mm de diámetro, del muestreador, conectado a una bomba personal ajustada a un caudal de  $2,0 \pm 0,1$  l/min. El muestreador dispone de un adaptador (ver Figuras 6 y 7), fácil de utilizar, que posibilita la calibración de la bomba de muestreo, previamente conectada al muestreador provisto de la unidad de muestreo (cassette+filtro).

En la captación las partículas se depositan en el interior del cassette provisto de un filtro de 25 mm, cuya naturaleza puede variar (fibra de vidrio, PVC, etc.) en función del



Figura 6. Adaptador IOM

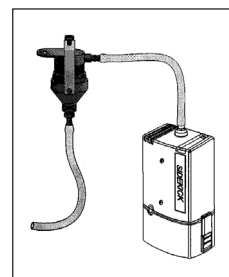


Figura 7. Conexión calibración bomba

Equipo de muestreo	Material	Orificio(Ø)	Caudal(lpm)	Filtro(mm)	Fracción del aerosol
IOM	Plástico, o acero inoxidable	15 mm	2,0	25	Inhalable (*)

(\*) Equipo con opción de captar simultáneamente la fracción respirable del aerosol

Tabla 1. Principales características del muestreador IOM para la fracción inhalable

tipo de análisis posterior a efectuar, teniendo especial atención, como ya se indicó anteriormente, a no sobrealimentar la muestra, debido a la captación de partículas con tamaño superior al convenio de la fracción inhalable.

El volumen de muestreo recomendado para la captación de la fracción inhalable, y posterior determinación gravimétrica de la materia particulada, puede variar en función del VLA establecido para el aerosol y del límite de detección o fiabilidad gravimétrica del laboratorio que efectúe el análisis. Por ejemplo, para la determinación de las *partículas (insolubles o poco soluble) no especificadas de otra forma*, con un VLA de 10 mg/m<sup>3</sup>, el volumen de muestreo adecuado es de 100 a 200 litros de aire, que, para un caudal establecido de 2 l/min, equivale a un tiempo de muestreo de 50 a 100 minutos.

### Transporte y almacenamiento

Una vez instalado el cassette conteniendo el filtro en el cuerpo del muestreador IOM, así como una vez finalizado el muestreo, debe acoplarse inmediatamente al orificio del muestreador un tapón de goma adaptable, suministrado con el equipo, que sella el orificio y lo protege de partículas de polvo, durante su transporte y almacenamiento. Tal como se ha indicado anteriormente, una vez terminada la captación, también puede extraerse del muestreador IOM la unidad -cassette+filtro- e incorporarla a un clip de transporte para su mejor protección, transporte y almacenamiento (ver Figura 4).

## 5. ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO DE LA FRACCIÓN INHALABLE

### Problemática analítica

Al pesarse filtro y cassette conjuntamente todas las partículas que han penetrado a través del orificio de entrada forman parte de la muestra y son pesadas en el análisis, ya sea porque estén recogidas sobre el filtro, depositadas en las paredes o, incluso, desprendidas. Este sistema tiene la ventaja de eliminar la manipulación del cassette al no tener que extraerse el filtro del mismo para efectuar su pesada. En cambio la repetibilidad de las pesadas de la unidad -cassette+filtro-, cuando el cassette es de plástico, no es buena debido a la absorción de vapor de agua por parte de éste. Al respecto se han publicado diversos estudios (17-18), en los que se indica que, si bien la masa del filtro es estable, las pesadas de la unidad cassette+filtro pueden presentar variaciones del orden de 0,5 mg e incluso hasta de 1 ó 2 mg. Por otra parte, cuando estos cassettes se colocan en un desecador, la pérdida de masa suele ser sustancial, pero sin llegar a conseguirse una masa estable o recuperarse el valor inicial. La utilización de "muestras blanco", expuestas a las mismas condiciones de humedad, resulta indispensable para la corrección posterior de los resultados.

En otro estudio (19) también se señala que se requiere un largo tiempo de acomodación del cassette de plástico

a la humedad de la habitación de balanzas después de la toma de muestras (entre 15 y 20 días para una pesada correcta). Se recomienda almacenarlo en el área de balanzas una semana antes de la prepesada y una después del muestreo. En mediciones de polvo utilizando el muestreador IOM con cassette de plástico (20), se han encontrado valores de reproducibilidad del 25% (2σ) con filtros de fibra de vidrio y del 13 % (2σ) con filtros de PVC. Si bien los filtros de PVC presentaron una mayor repetibilidad, la reproducibilidad fue similar para ambos tipos de filtro.

La sustitución del cassette de plástico por uno de acero inoxidable (17-18) elimina los problemas de estabilidad de la pesada y sus variaciones de masa en las pesadas resultan poco apreciables. Su utilización es recomendada siempre que interese reducir la imprecisión de las mediciones, en general por debajo de los 0,05 mg. En el apartado 6 se exponen los resultados de un estudio comparativo, llevado a cabo en el INSHT, con ambos tipos de cassette, distintos tipos de filtro y de condiciones ambientales (6).

### Metodología del análisis gravimétrico

La determinación gravimétrica de la fracción inhalable captada con el muestreador IOM se lleva a cabo por diferencia de pesadas de la unidad -cassette+filtro-, antes y después de la captación. Como ya se ha indicado anteriormente, al pesarse conjuntamente el filtro y el cassette todas las partículas que han penetrado a través del orificio forman parte de la muestra y también son pesadas. Para ello se requiere disponer de una balanza analítica con una resolución, como mínimo, de 0,01 mg y una precisión de ± 0,01 mg.

Las principales recomendaciones para la manipulación de los cassettes son la utilización siempre, de guantes y pinzas adecuadas para la colocación de los filtros en los mismos, así como, para la transferencia de la unidad -cassette+filtro- al plato de la balanza, en la prepesada y en la pesada.

En el caso de utilizar cassette de plástico, es importante equilibrar o estabilizar el conjunto cassette+filtro en un ambiente de humedad controlada durante varios días (no en un desecador), así como incluir en cada lote de muestras a analizar varias "muestras blanco".

Para la limpieza de los componentes del muestreador IOM (21) se recomienda proceder como sigue:

- Desmontarlos y colocarlos en un baño ultrasónico con agua y un agente humectante. También pueden limpiarse con la ayuda de un disolvente, como el alcohol isopropílico.
- Los anillos de goma del muestreador IOM, deben limpiarse por separado, utilizando solamente agua (nunca disolventes).
- Para la limpieza debe utilizarse papel suave, libre de hilos, o un pincel de púas suaves y esperar a que estén completamente secos.

## 6. FIABILIDAD DE LAS DETERMINACIONES GRAVIMÉTRICAS DEL MUESTREADOR IOM

A la vista de los problemas descritos en la bibliografía debido a la falta de repetibilidad y de fiabilidad de las pesadas del muestreador IOM con cassette de plástico, a causa de la fácil absorción de humedad, se llevó a cabo un estudio en el INSHT (6), con el objeto de conocer esta influencia y estudiar, como posible alternativa, la sustitución del cassette de plástico por el de acero inoxidable. Se exponen a continuación, de forma sintetizada los resultados obtenidos y la metodología adoptada derivada del estudio llevado a cabo para estimar la fiabilidad de las determinaciones gravimétricas de la fracción inhalable captada con el muestreador IOM (ver Tabla 3).

### Ensayos experimentales

Se estudió la *repetibilidad* y la *reproducibilidad* de las pesadas del muestreador IOM, con cassette de plástico y de acero inoxidable, utilizando filtros de 25 mm de diámetro de varias naturalezas, utilizados para la captación y análisis de la materia particulada (partículas no clasificadas de otra forma, polvo de sílice, polvo de madera, polvos metálicos, etc.) en las condiciones ambientales del área de balanzas del laboratorio. Asimismo también se estudió, comparativamente, el comportamiento del cassette de plástico, estabilizado en una cámara de humedad controlada y en las condiciones ambientales del laboratorio.

En todas las pesadas se anotó la humedad y la temperatura del área de la balanza y la variación estadística de estas condiciones se calculó con una probabilidad del 95% ( $2\sigma$ ). Cada ensayo, o condición a estudiar, se realizó por duplicado y los resultados estadísticos se calcularon globalmente para el conjunto de los dos tipos de cassette, con una probabilidad del 95% ( $2\sigma$ ) y del 99% ( $3\sigma$ ).

### Resultados

#### *Repetibilidad de las pesadas*

La repetibilidad de la pesada del muestreador IOM, tanto con el cassette de plástico, como de acero inoxidable, fue similar, con independencia de la naturaleza del filtro ensayado (fibra de vidrio, PVC, ésteres de celulosa o teflón), situándose, en el conjunto de los ensayos realizados, entre los 53  $\mu\text{g}$  y 44  $\mu\text{g}$  para el cassette de plástico ( $3\sigma$ ), y entre los 33 y 25  $\mu\text{g}$  ( $3\sigma$ ) para el cassette de acero inoxidable; si bien, en todos los casos, la pesada con el cassette de acero inoxidable resultó más repetible.

#### *Reproducibilidad de las pesadas en una cámara de humedad controlada y en las condiciones ambientales del laboratorio*

La reproducibilidad de las pesadas del muestreador IOM a lo largo del tiempo (15 días), obtenida con el cassette de plástico y los filtros ensayados (fibra de vidrio, PVC y ésteres de celulosa) estabilizados en una cámara de humedad o bien en las condiciones ambientales del laboratorio, fue muy parecida [226  $\mu\text{g}$  y 230  $\mu\text{g}$  ( $3\sigma$ ) respectivamente], por lo que se desestimó la utilización de la cámara de humedad controlada en ensayos posteriores para mejorar la reproducibilidad.

#### *Reproducibilidad de las pesadas con cassette de plástico y de acero inoxidable en las condiciones ambientales del laboratorio*

La comparación de la reproducibilidad de las pesadas del muestreador IOM, obtenida a lo largo de 3 semanas, con

cassette de plástico y con cassette de acero inoxidable, provistos de filtros de distinta naturaleza y estabilizados en las condiciones ambientales del propio laboratorio, puso claramente de manifiesto el mejor comportamiento gravimétrico del cassette de acero inoxidable frente al de plástico, cerca de ocho veces más reproducible (ver Tablas 2 y 3), con independencia de la naturaleza del filtro ensayado, excepto para de los ésteres de celulosa, conocidos por su comportamiento más hidrófilo.

Reproducibilidad global ( $3\sigma$ )	Cassette de plástico	Cassette de acero inoxidable
Fibra de vidrio	$\pm 341 \mu\text{g}$	$\pm 42 \mu\text{g}$
PVC	$\pm 352 \mu\text{g}$	$\pm 47 \mu\text{g}$
Teflón	$\pm 326 \mu\text{g}$	$\pm 43 \mu\text{g}$
Ésteres celulosa	$\pm 505 \mu\text{g}$	$\pm 265 \mu\text{g}$

Tabla 2. Reproducibilidad de la pesada del IOM: cassette de plástico y de acero inoxidable

### Conclusiones

- La repetibilidad gravimétrica del muestreador IOM no se ha visto afectada significativamente por el tipo de cassette o la naturaleza del filtro ensayado; no obstante, con cassette de acero inoxidable las pesadas son más repetitivas en todos los tipos de filtros ensayados.
- La reproducibilidad de la pesada del muestreador IOM a lo largo del tiempo, si se utiliza con cassette de plástico, se ve afectada negativamente cuando las variaciones de humedad ambiental son apreciables; en cambio utilizando el cassette de acero inoxidable, se ve muy poco afectada.
- La utilización del muestreador IOM para la captación de la fracción inhalable de aerosoles, utilizando cassette de acero inoxidable, se considera justificado por la excelente reproducibilidad que muestran sus pesadas en condiciones ambientales variables, a pesar de que su coste económico sea superior (del orden de 5 veces), aunque, también, en parte, compensado por la mayor duración de la vida de dicho material. La utilización del cassette de plástico puede considerarse aceptable para captaciones en las que se prevea una cantidad importante de partículas en la muestra (del orden de 2 mg o más) y siempre utilizando varios blancos para control.
- La metodología general establecida en los laboratorios del INSHT, tras los estudios y resultados obtenidos, recomienda la utilización del muestreador IOM con cassette de acero inoxidable y filtro de fibra de vidrio, si solo se precisa la determinación gravimétrica, o bien filtros de otra naturaleza, como de PVC 0,8 ó 5,0  $\mu\text{m}$  o teflón 0,5  $\mu\text{m}$ , si así lo requiere la metodología analítica posterior. En cualquier caso el conjunto -cassette-filtro- debe ser estabilizado en el área de balanzas, un mínimo de 48 h, antes de la captación (prepesada) y tras la captación (pesada).
- La incertidumbre de la determinación gravimétrica de la fracción inhalable con el muestreador IOM, con cassette de acero inoxidable y filtro de fibra de vidrio, se estima  $\leq \pm 35 \mu\text{g}$ , con una probabilidad del 95%, ó  $\leq \pm 50 \mu\text{g}$ , con una probabilidad del 99%; siendo factible el uso de otros filtros, como PVC o teflón (de una incertidumbre similar). En cambio, para la determinación gravimétrica, con cassette de plástico y los filtros mencionados, la incertidumbre estimada es  $\leq \pm 250 \mu\text{g}$  ( $2\sigma$ ) ó  $\leq \pm 350 \mu\text{g}$  ( $3\sigma$ ).

FILTRO (25 mm)	FIBRA VIDRIO	PVC	ÉSTER DE CELULOSA	TEFLÓN
<b>Fabricante</b>	GF/A Whatman	MILLIPORE 0,8 µm	MILLIPORE 0,8 µm	MILLIPORE 0,5 µm
<b>Referencia</b>	1820025	PVC082500	AAWP02500	FHLP02500
Balanza Sartorius R200D (apreciación 10 µg)	$\sigma$ (teórico) $\leq \pm 20$ µg	$\sigma$ (teórico) $\leq \pm 20$ µg	$\sigma$ (teórico) $\leq \pm 20$ µg	$\sigma$ (teór.) $\leq \pm 20$ µg
Nº de unidades (cassette-filtro) ensayadas	2	2	2	2 (1)
Nº de pesadas/ensayo	10	10	10	10
Duración ensayos de repetibilidad	15-20 minutos	15-20 minutos	15-20 minutos	15-20 minutos
Duración ensayos de reproducibilidad	3 semanas	3 semanas	3 semanas	3 semanas
<b>MUESTREADOR IOM: CASSETTE DE PLÁSTICO</b>				
<b>REPETIBILIDAD [Temperatura media lab.: 25,4 °C <math>\pm</math> 0,4 °C (2<math>\sigma</math>) ; Humedad relativa media lab.: 53,8 <math>\pm</math> 1,2% (2<math>\sigma</math>)]</b>				
2 $\sigma$ global (95%) (n=2 cassettes)	29 µg	31 µg	30 µg	35 µg
3 $\sigma$ global (99%) (n=2 cassettes)	44 µg	47 µg	45 µg	53 µg
<b>REPRODUCIBILIDAD [Temperatura media lab.: 23,1 °C <math>\pm</math> 1,6 °C (2<math>\sigma</math>) ; Humedad relativa media lab.: 31,9 <math>\pm</math> 24,2% (2<math>\sigma</math>)]</b>				
2 $\sigma$ global (95%) (n=2 cassettes)	227 µg	235 µg	336 µg	209 µg
3 $\sigma$ global (99%) (n=2 cassettes)	341 µg	352 µg	505 µg	313 µg
<b>MUESTREADOR IOM: CASSETTE DE ACERO INOXIDABLE</b>				
<b>REPETIBILIDAD [Temperatura media lab.: 24,8 °C <math>\pm</math> 0,2 °C (2<math>\sigma</math>) ; Humedad relativa media lab.: 28,4 <math>\pm</math> 0,6% (2<math>\sigma</math>)]</b>				
2 $\sigma$ global (95%) (n=2 cassettes)	17 µg	23 µg	25 µg	24 µg
3 $\sigma$ global (99%) (n=2 cassettes)	25 µg	35 µg	38 µg	35 µg
<b>REPRODUCIBILIDAD [Temperatura media lab.: 23,1 °C <math>\pm</math> 1,4 °C (2<math>\sigma</math>) ; Humedad relativa media lab.: 31,8 <math>\pm</math> 24,2% (2<math>\sigma</math>)]</b>				
2 $\sigma$ global (95%) (n=2 cassettes)	28 µg	32 µg	176 µg	29 µg
3 $\sigma$ global (99%) (n=2 cassettes)	42 µg	47 µg	265 µg	43 µg

Tabla 3. Repetibilidad y reproducibilidad gravimétrica del muestreador IOM

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Norma UNE-EN 481:1995  
**Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles.**
- (2) Norma UNE-EN 13205: 2002  
**Evaluación del funcionamiento para la medición de concentraciones de aerosoles.**
- (3) TECHNICAL REPORT. CEN/TR 15230:2005  
**Workplace atmospheres-Guidance for sampling of inhalable, thoracic and respirable aerosol fractions.**
- (4) INSHT  
**Toma de muestras de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada.**  
*Criterios y Recomendaciones. INSHT. CR-03/2006.*
- (5) MARTÍ, A.  
**Evaluación exposición laboral a aerosoles (II). Muestreadores personales de las fracciones del aerosol.**  
*INSHT. Nota Técnica de Prevención. NTP 764.*
- (6) MARTÍ, A.  
**Fiabilidad de los análisis gravimétricos del muestreador IOM en la evaluación de la fracción inhalable de los aerosoles.**  
*INSHT. CNCT. Documento interno. ITB/30.08.*
- (7) MARTÍ, A.  
**Evaluación exposición laboral a aerosoles (III). Muestreadores de la fracción torácica, respirable y multifracción.**  
*INSHT. Nota Técnica de Prevención. NTP 765.*

- (8) LI SHOU-NAN et al.  
**Evaluation of six inhalable aerosol samplers.**  
*Am. Ind. Hyg. J.*, 2000, 61 (july/august), 506-516.
- (9) KENNY, L.C. et al.  
**A collaborative european study of personal inhalable aerosol sampler performance.**  
*Ann. Occup. Hyg.*, 1997, 41 (2), 135-153.
- (10) BARON, P.A.  
**Factors affecting aerosol sampling.**  
*NIOSH. Manual of Analytical Methods, fourth ed., third supplement, 2003, 184-207.*
- (11) LIDEN G. et al.  
**Workplace validation of a laboratory evaluation test of samplers for inhalable and “total dust”.**  
*J. Aerosol Sci.*, 2000, 31, 191-219.
- (12) HEALTH and SAFETY LABORATORY  
**General methods for sampling and gravimetric analysis of respirable and inhalable dust.**  
*HSE. Method MDHS 14/3 (2000).*
- (13) DEMANGE, M. et al.  
**Field comparison of 37-mm closed-face cassettes and IOM samplers.**  
*Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 2002, 17 (3), 200-208.
- (14) TEIKARI, M. et al.  
**Laboratory and field testing of particle size-selective sampling methods for mineral dusts.**  
*Am. Ind. Hyg. J.*, 2003, 64 (may/june), 312-318.
- (15) HARPER, M and B.S. MULLER  
**An evaluation of total inhalable samplers for the collection of wood dust in three wood products industries.**  
*J. Environ. Monit.* 2002, 4 (5), 648-656.
- (16) WERNER, M.A. et al.  
**Investigation into the impact introducing workplace aerosol standards based on the inhalable fraction.**  
*Analyst*, 1996, 121 (september), 1207-1214.
- (17) SMITH, J. et al.  
**Laboratory investigation of the mass stability of sampling cassettes from inhalable aerosol samplers.**  
*Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 1998, 59 (august), 582-585.
- (18) SHOU-NAN LI and LUNDGREEN Dale A.  
**Weighing Accuracy of samples collected by IOM and CIS Inhalable samplers.**  
*Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 1999, 60, 235-236.
- (19) LIDEN G. and G. BERGMAN  
**Weighing imprecision and handleability of the sampling cassettes of de IOM sampler for inhalable dust.**  
*Ann. Occup. Hyg.*, 2001, 45 (3), 241-252.
- (20) STACEY, P. et al.  
**Accuracy and Repeatability of Weighing for Occupational Hygiene Measurements : Result from an Inter-laboratory Comparison.**  
*Ann. Occup. Hyg.* 2002, 46 (8), 691-699.
- (21) SKC  
**Operating Instructions. IOM Personal Sampler and IOM Sampler with MultiDust.**