

1. Introducción

La evaluación de los riesgos derivados de la exposición a agentes químicos por inhalación incluye, en muchos casos, la medición de la concentración del agente en el aire de la zona de respiración del trabajador siguiendo una estrategia de muestreo adecuada para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional. Si la muestra se toma con muestreadores activos es necesario el uso de una bomba de aspiración para hacer pasar un volumen de aire determinado por el medio de retención. Este volumen de aire es necesario para el posterior cálculo de la concentración. Si este valor no se conoce con exactitud, el obtenido para la concentración no será fiable.

Para asegurar un buen funcionamiento de la bomba de muestreo es necesario llevar a cabo un conjunto de acciones planificadas, sistemáticas y periódicas que proporcionen las suficientes garantías de una buena toma de muestras.

Esta ficha técnica resume los ensayos que pueden llevar a cabo los usuarios de las bombas de muestreo para una utilización y mantenimiento correctos que permitan la obtención de muestras válidas para la evaluación de la exposición laboral.



Fuentes: www.sensidyne.com; www.skincinc.com

2. Acondicionamiento previo, condiciones generales y secuencia de los ensayos

Acondicionamiento previo de las bombas: Antes de los ensayos debe realizarse un número de ciclos de carga y funcionamiento

Bombas con batería de Ni-Cd: al menos 5 ciclos

Bombas con batería de Ni-Hidruro de metal: al menos 3 ciclos

Bombas con batería lón-Li: al menos 3 ciclos

Condiciones generales de los ensayos: desviaciones máximas admitidas de los valores de caudal y pérdida de carga a los que se ajusta la bomba para efectuar el ensayo respecto de los valores requeridos

- Máxima desviación del caudal respecto del valor requerido: $\pm 5\%$. La medida del caudal no debe realizarse con el medidor de flujo integrado que llevan la mayoría de las bombas.
- Máxima desviación de la pérdida de carga respecto del valor requerido: $\pm 10\%$

Secuencia de los ensayos: se realizan en el orden en el que figuran en el texto

3. Material y equipos necesarios

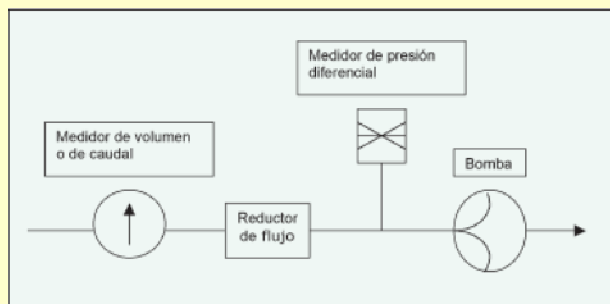
Los equipos y materiales necesarios para realizar los ensayos son:

1. Manómetro de presión diferencial
2. Tubo de polietileno. Suma de longitudes de todos los tramos de tubo $\leq 80 \pm 5$ cm y diámetro interior nominal de 6 mm.
3. Resistores de flujo
4. Medidor de caudal o de volumen
5. Anemómetro de hilo caliente (para ensayos de pulsación)

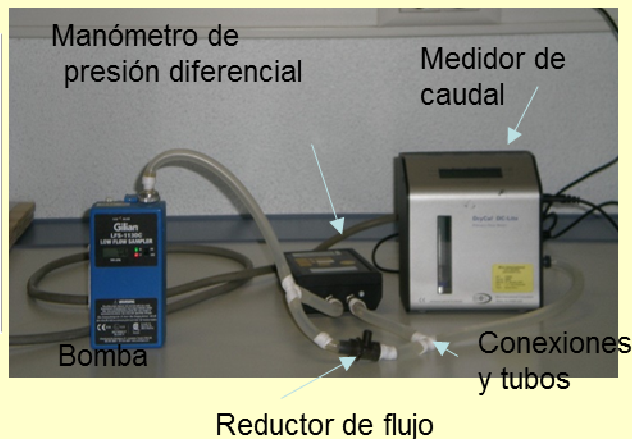
INSTRUMENTO DE ENSAYO	INCERTIDUMBRE
Medidor de caudal	Dentro de $\pm 2\%$
Medidor de volumen	Dentro de $\pm 2\%$
Manómetro	Dentro de $\pm 5\%$
Cronómetro	Dentro de $\pm 0,1\%$
Termómetro	Dentro de $\pm 1\%$

4. Montaje para la realización de ensayos

Esquema del montaje



Fuente NTP 778



5. Ensayo de autonomía de funcionamiento. Ensayo de arranque y funcionamiento de larga duración.

Montaje

El montaje es el descrito en el apartado anterior.
El ensayo a $(5\pm 2)^\circ\text{C}$ se realiza dentro de una cámara climática

Antes del ensayo:

Se carga completamente la batería y se acondiciona el montaje completo almacenándolo al menos durante 16 horas a la temperatura requerida (El ensayo debe realizarse a $20-25^\circ\text{C}$ y a $5\pm 2^\circ\text{C}$)

Ajuste del caudal y de la pérdida de carga:

Se realiza el ensayo a los dos caudales y a las condiciones de pérdida de carga ΔP especificadas en la tabla inferior. Si se realiza el ensayo a un caudal distinto del especificado, el ajuste de ΔP se calculará por interpolación lineal.

Tipo de bomba	Valor máximo del intervalo de caudal Q nominal de la bomba (ml/min)	Ajuste del caudal (ml/min)	Ajuste del resistor de pérdida de carga (kPa)
P	≤ 5000	2000	1,6 (0,4 x ΔP_{max} requerida para este caudal establecida en 4,0)
		Q _{max} del intervalo nominal	ΔP_{max} requerida para este caudal (4,0)
	> 5000	Q _{min} del intervalo nominal	0,4 x ΔP_{max} requerida para este caudal especificada por el fabricante
		Q _{max} del intervalo nominal	ΔP_{max} requerida para este caudal especificada por el fabricante
G	≤ 300	50	0,5 (0,4 x ΔP_{max} requerida para este caudal establecida en 1,2)
		Q _{max} del intervalo nominal	1,2 = ΔP_{max} requerida para este caudal
	> 300	300	4,0 (0,4 x ΔP_{max} requerida para este caudal establecida en 10,0)
		Q _{max} del intervalo nominal	ΔP_{max} requerida para este caudal especificada por el fabricante

Realización del ensayo

El ensayo de autonomía de funcionamiento y el de arranque y funcionamiento de larga duración se realizan conjuntamente.

El ensayo se realiza para cada par de valores de Q y ΔP a dos temperaturas: temperatura en el intervalo $20-25^\circ\text{C}$ y a $5\pm 2^\circ\text{C}$.

La bomba se pone en marcha y se ajusta el caudal y la pérdida de carga requeridos. Se pone en marcha el cronómetro a la vez que se pone en marcha la bomba. Es importante dejar que la bomba alcance el régimen de funcionamiento. Puede ser necesario dejar la bomba funcionando al menos dos minutos antes de tomar la primera medida del caudal, que tomaremos como caudal inicial, para no tener datos erróneos. Revise las instrucciones del fabricante para establecer ese tiempo.

Se mide el caudal de forma continuada. Se anota en cada medida el tiempo de funcionamiento y el valor del caudal. Es recomendable tomar en cada momento al menos tres medidas del caudal.

Autonomía de funcionamiento: el ensayo se considera finalizado cuando se complete el tiempo de autonomía de la bomba o cuando el caudal haya variado más del 5% respecto del valor inicial.

Arranque y funcionamiento de larga duración: durante el funcionamiento de la bomba a 5 ± 2 °C y en el intervalo de 20 a 25 °C, el caudal no se debe desviar más del 5% de valor medido al principio del ensayo de funcionamiento de larga duración.

6. Interrupción de flujo de larga duración

Montaje

El montaje es el descrito en el apartado 3.

Antes del ensayo, material adicional:

Además del material indicado en el apartado 3, es necesario disponer de una abrazadera para manguera. La abrazadera debe colocarse a la entrada del flujo de la bomba.

Ajuste del caudal y de la pérdida de carga

Se ajusta el caudal y la pérdida de carga a lo especificado en la tabla siguiente:

Tipo de bomba	Valor máximo del intervalo de caudal Q nominal de la bomba (ml/min)	Ajuste del caudal (ml/min)	Ajuste del resistor de pérdida de carga (kPa)
P	≤ 5000	2000	0,5
	>5000	$(Q_{min}+Q_{max})/2$	$1,5 \times \Delta P_{min} < (\Delta P_{min} + \Delta P_{max})/2$
G	≤ 300	50	0,2
	>300	300	1,5

Realización del ensayo

Se pone la bomba en marcha y se ajusta el caudal y la pérdida de carga a los requeridos según la tabla.

Se bloquea totalmente el flujo con la abrazadera estrangulando el tubo a la entrada de la bomba con la abrazadera. Con un cronómetro se mide el tiempo que tarda la bomba en reaccionar al bloqueo. Esta reacción puede identificarse por la parada de funcionamiento o el encendido del indicador de funcionamiento defectuoso. Se mantiene en bloqueo durante 120 ± 2 segundos.

Se retira la abrazadera. El ensayo es positivo si la bomba no arranca de manera automática o el indicador de funcionamiento defectuoso permanece activado, hasta que la bomba se reponga manualmente a su estado inicial.

7. Ensayo de dependencia de la temperatura

Montaje

El descrito en el apartado 3.

Se coloca en el interior de una cámara climática.

Antes del ensayo: Acondicionamiento.

Cargar completamente la batería.

Almacenar el montaje del ensayo completo a una temperatura en el intervalo 20-25 °C.

Ajuste del caudal y la pérdida de carga

Los ensayos se harán a los caudales y pérdidas de carga indicados en la tabla siguiente:

Tipo de bomba	Valor máximo del intervalo nominal de Q de la bomba (ml/min)	Ajuste del caudal (ml/min)	Ajuste de la pérdida de carga del resistor(kPa)
P	≤ 5000	2000	0,5
	>5000	$(Q_{min}+Q_{max})/2$	$1,5 \times \Delta P_{min} < (\Delta P_{min} + \Delta P_{max})/2$
G	≤ 300	50	0,2
	>300	300	1,5

Realización del ensayo

Colocar el montaje en una cámara climática a 5 ± 2 °C. Poner en marcha la bomba y mantener durante 2 horas.

Una vez la bomba haya funcionado durante 2 horas a 5 ± 2 °C en la cámara climática se mide el caudal Q.

Aumentar la temperatura a 10 °C y mantener el montaje a esta temperatura durante 60 ± 1 minutos. Transcurrido este tiempo se mide Q

Aumentar la temperatura a 20 °C y seguir con lo indicado en el punto anterior.

Se repite el proceso para 30 y 40 °C midiendo Q al final de cada período de 1 hora.

Bombas con autonomía < 8 horas

Cuando se alcanza cada una de las temperaturas requeridas se hace que la bomba funcione durante 15 ± 1 minuto y se mide Q.

Después se para la bomba. Estas bombas no deben funcionar durante todo el período del ensayo.

Bombas con un intervalo de temperaturas de funcionamiento mayor que 5-40 °C

El intervalo del ensayo debe ser mayor. Se ajustan los intervalos de temperatura al rango de funcionamiento pero sin que estos intervalos sean mayores de 10 °C.

El caudal no debe desviarse más del 5% respecto del caudal ajustado a 20-25°C antes de enfriar el conjunto.

8. Estabilidad del caudal con el aumento de la pérdida de carga

Montaje

El descrito en el apartado 3.

Antes del ensayo:

Instalar en el montaje un regulador de flujo que permita modificar la pérdida de carga de la bomba

Tabla 1. Intervalos de pérdida de carga requeridos

Tipo G			Tipo P		
Caudal (mL/min)	ΔP (kPa) *		Caudal (L/min)	ΔP (kPa)**	
	Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo
5	0,01	0,1	1	0,1	4,0
10	0,02	0,2	2	0,3	4,0
50	0,1	1,2	3	0,4	4,0
100	0,2	2,6	4	0,6	5,0
300	0,7	6,25	5	0,7	6,25

*Valor inferior: 1 tubo adsorbente. Valor superior: hasta dos tubos adsorbentes en línea

** Valor inferior: filtro no cargado. Valor superior: filtro cargado.

Ajuste del caudal y la pérdida de carga

Se ajusta el caudal a uno de los caudales de ensayo que se dan en la tabla siguiente

Tipo de bomba	Valor máximo del intervalo nominal de Q de la bomba (ml/min)	Ajuste para el ensayo del caudal (ml/min)
P	≤ 5000	Qmin del intervalo nominal Qmax del intervalo nominal
	>5000	Qmin del intervalo nominal Qmax del intervalo nominal
G	≤ 300	Qmax del intervalo nominal
	>300	Qmax del intervalo nominal

Realización del ensayo

Se pone en marcha la bomba y se ajusta la bomba a uno de los caudales de ensayo dados en la tabla de arriba y el resistor de flujo a la ΔP_{min} requerida para este caudal según la tabla 1.

Se deja funcionando durante (30 ± 1) minuto hasta la estabilización. Se toma la medida del caudal y se registran este valor y el de ΔP

Se aumenta la pérdida de carga proporcionada por el resistor, se espera (120 ± 10) segundos antes de tomar la medida del caudal y de ΔP .

Se aumenta la pérdida de carga hasta el valor máximo, en al menos 5 etapas, repitiendo en cada una de ellas, el punto anterior.

El ensayo debe continuarse hasta $\Delta P > \Delta P_{max}$. El ensayo finaliza cuando la bomba se pare o Q se desvíe de $Q_{inicial} \pm 5\%Q_{inicial}$.

Bibliografía

- AENOR. UNE EN ISO 13137:2014 Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para muestreo personal de los agentes químicos y biológicos. Requisitos y métodos de ensayo.

- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. *Bombas para el muestreo personal de agentes químicos. CR 01/2006.*