

# Bombas de muestreo personal para agentes químicos (II): verificación de las características técnicas

*Pompes d'échantillonnage personnel pour agents chimiques: vérification des caractéristiques techniques*  
*Personal sampling pumps for chemical agents: verification of the technical characteristics*

## Redactoras:

Begoña Uribe Ortega  
*Lda. en Ciencias Químicas*

M<sup>a</sup> José Quintana San José  
*Dra. en Ciencias Químicas*

CENTRO NACIONAL DE  
VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA

*En esta NTP, continuación de la 777, se describen los ensayos destinados a la verificación de las bombas de muestreo personal como son el de la estabilidad del caudal con la pérdida de carga y el tiempo de funcionamiento y el de la dependencia de la temperatura. También se presenta un programa de desarrollo de dichos ensayos y el montaje más adecuado para llevarlos a cabo.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El funcionamiento de las bombas se ve afectado por múltiples factores y sus características se van modificando con el uso. En general, las bombas más antiguas serán normalmente menos fiables y es probable que no cumplan las especificaciones del fabricante, especialmente cuando se han utilizado bajo condiciones extremas.

La característica fundamental a controlar para asegurar la fiabilidad de la medición es el caudal. El caudal de la bomba no se debería desviar más de  $\pm 5\%$  en las condiciones en las que se realice la toma de muestra. Por esta razón es muy recomendable comprobar de qué forma van cambiando las características de funcionamiento de las bombas desde su fecha de adquisición y, en especial, conocer los intervalos de pérdida de carga, tiempo y temperatura, en los que el caudal de la bomba permanece constante.

Para asegurar que las bombas se encuentran siempre en perfecto estado de uso y que su funcionamiento sea correcto, es recomendable establecer un programa de verificación que incluya las principales características técnicas funcionales. Un programa de este tipo adecuadamente establecido y llevado a la práctica, permite tener un conocimiento continuado del estado de las características de las bombas y por tanto posibilita la selección de la bomba más adecuada a cada situación.

Un programa de verificación de bombas de muestreo para agentes químicos debería incluir, como mínimo los ensayos siguientes:

1. Estabilidad del caudal con el aumento de la pérdida de carga ( $\Delta P$ )
2. Estabilidad del caudal con el tiempo ( $t$ ) y
3. Dependencia con la temperatura ( $T$ ).

Los ensayos que se describen en este documento están basados en la norma UNE-EN 1232. Para cada ensayo se describe el procedimiento a seguir para su realización y se proporcionan ejemplos de los resultados del ensayo obtenidos para una bomba Tipo G y otra Tipo P, así como las conclusiones respecto a su estado y posibilidades o limitaciones de uso.

## 2. CONDICIONES PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE VERIFICACIÓN

En el Apéndice A se describe el montaje y la instrumentación necesaria para llevar a cabo los ensayos. El montaje que se requiere es sencillo y puede ser realizado en cualquier laboratorio. Para su realización es necesario disponer de resistencias de flujo (o reductores de flujo) que proporcionen pérdidas de carga diferentes, de un medidor de presión diferencial y de otra instrumentación habitual como medidores de caudal, conexiones de vidrio y tubo de silicona.

Para los ejemplos se ha utilizado una bomba Tipo G y otra tipo P con una antigüedad de 6 años y 3 años respectivamente. En la tabla 2 de la NTP 777 se recogen las características declaradas por el fabricante para estas bombas.

Los medidores de caudal utilizados en los ensayos de verificación, han sido:

- Para la bomba Tipo G: medidor primario electrónico de burbuja de jabón, que mide automáticamente el tiempo que tarda una burbuja en atravesar un volumen fijo.
- Para la bomba Tipo P: medidor primario seco de pistón, que mide electrónicamente el tiempo que tarda un pistón de baja resistencia al flujo en atravesar un volumen determinado y a partir de ello calculan el caudal.

## 3. ENSAYO DE ESTABILIDAD DEL CAUDAL CON EL AUMENTO DE LA PÉRDIDA DE CARGA

El objetivo de este ensayo es establecer el intervalo de pérdida de carga (curva presión - caudal) en el cual las bombas funcionan adecuadamente.

De acuerdo con la norma UNE-EN 1232, el caudal no se debería desviar más de  $\pm 5\%$  del valor ajustado inicialmente para las pérdidas de carga que se pueden presentar durante la toma de muestra. En la tabla 1 se

recogen, para cada caudal, los intervalos de pérdida de carga ( $\Delta P$ ) en los que el caudal debe mantenerse constante, según se trate de una bomba Tipo P o G.

Los valores superiores e inferiores del intervalo de pérdida de carga que se requiere para las bombas del tipo P son característicos de un filtro no cargado y de un filtro muy cargado. Los valores para las bombas del tipo G son característicos de un solo tubo adsorbente de baja resistencia al flujo y hasta dos tubos adsorbentes en línea.

Bombas tipo P		Bombas tipo G	
Caudal (l/min)	$\Delta P$ (kPa)	Caudal (ml/min)	$\Delta P$ (kPa)
1	0,1 a 4,0	5	0,01 a 0,1
2	0,3 a 4,0	10	0,02 a 0,2
3	0,4 a 4,0	50	0,1 a 1,2
4	0,6 a 5,0	100	0,2 a 2,6
5	0,7 a 6,25	300	1,0 a 10

Tabla 1. Intervalos de pérdida de carga ( $\Delta P$ ) para cada caudal

### Procedimiento

El procedimiento a seguir para realizar el ensayo a temperaturas entre 20 °C y 25 °C es el siguiente:

- 1) Se ajusta la bomba a uno de los caudales y condiciones indicados en la tabla 2.
- 2) Se reemplaza el reductor por uno ajustable al flujo, como por ejemplo una válvula de aguja totalmente abierta.

Bomba	Reductor de flujo	$\Delta P$ generada (kPa)	Caudal
Tipo P	RA	0,5 $\pm$ 10% (2 l/min)	Caudal nominal máximo y mínimo
Tipo G	RC	0,5 $\pm$ 10% (50 ml/min) 5,0 $\pm$ 10% (300 ml/min)	Caudal nominal máximo y mínimo

Tabla 2. Condiciones para el ensayo de estabilidad con el aumento de la pérdida de carga para bombas Tipo P y Tipo G.

- 3) Sin cambiar el ajuste de la bomba, se va aumentando gradualmente la resistencia al flujo, pasando del valor más bajo al valor más alto de la tabla 2 hasta que la bomba se pare de manera automática o el caudal se desvíe más de  $\pm$  5% del caudal ajustado al inicio. Para obtener la curva presión-caudal, se efectúan, para cada valor de la resistencia de flujo, al menos 3 mediciones del caudal y de la pérdida de carga.

### Resultados del ensayo para la bomba Tipo G

Según las indicaciones del fabricante (tabla 2 de NTP 777), la bomba mantiene el caudal dentro de  $\pm$  5 % en todo el intervalo de caudales hasta una pérdida de carga de 25" H<sub>2</sub>O.

Los resultados obtenidos para caudales de 20 ml/min y 200 ml/min a una temperatura de (21  $\pm$  2) °C, se muestran en la tabla 3 y en la figura 1.

Los resultados obtenidos indican que la bomba sigue cumpliendo las indicaciones del fabricante de mantener el caudal dentro de  $\pm$  5 % hasta una pérdida de carga de 25" H<sub>2</sub>O ( $\approx$  5,6 kPa) a un caudal de 200 ml/min, pero que a 20 ml/min solo se cumple hasta una pérdida de carga de 15" H<sub>2</sub>O ( $\approx$  3,5 kPa).

( $\Delta P$ ) (kPa)	Q (ml/min)	CV (%)	( $\Delta P$ ) (kPa)	Q (ml/min)	CV (%)
0,5	200,4	0,28	0,4	20,1	0,48
1,5	199,9	0,09	1,0	20,0	1,08
2,5	198,1	0,18	1,5	19,8	0,16
3,5	198,0	0,16	2,2	19,8	0,19
4,5	195,4	0,24	3,1	19,2	0,13
5,5	195,2	0,06	3,7	19,0	0,26
6,5	193,1	0,18	4,5	18,6	0,14
7,5	193,8	0,15	5,1	18,4	0,23
10,5	191,0	0,08	6,2	18,2	0,10
12,5	189,4	0,09	7,8	17,8	0,18
17,5	183,3	0,12			

Tabla 3. Resultados del ensayo de estabilidad del caudal con el aumento de pérdida de carga ( $\Delta P$ ) para la bomba Tipo G. CV: Coeficiente de variación.

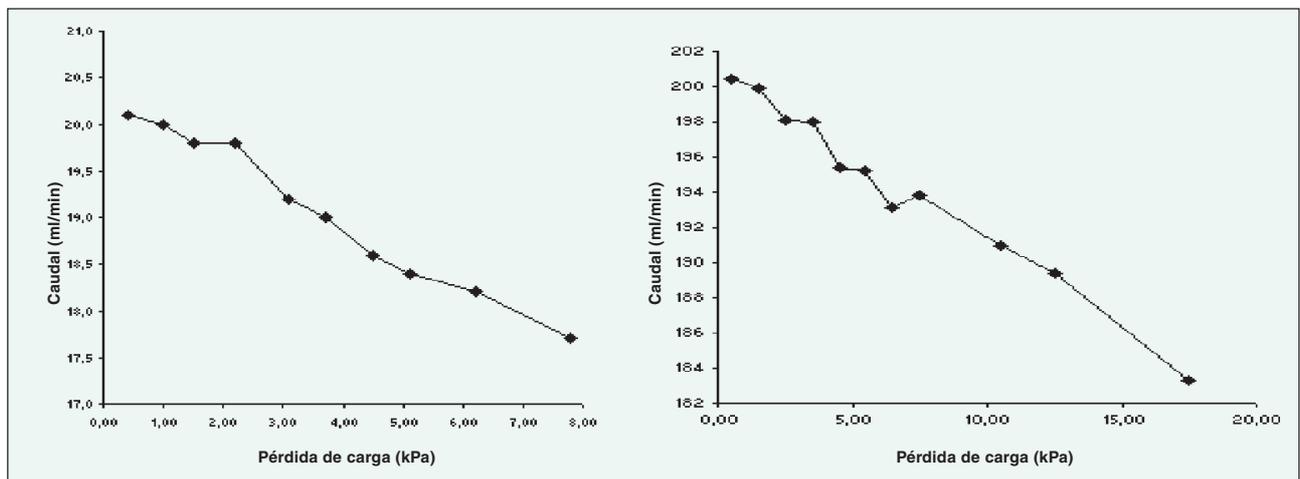


Figura 1. Representación gráfica del caudal (Q) frente a la pérdida de carga ( $\Delta P$ ) para la bomba Tipo G. a) 200 ml/min (°) b) 20 ml/min (◊).

### Resultados del ensayo para la bomba Tipo P

Según las indicaciones del fabricante (tabla 2 de NTP 777), la bomba mantiene el caudal dentro de  $\pm 3\%$  para el intervalo de caudal de 750 ml/min (40 «H<sub>2</sub>O») a 3 l/min (15" H<sub>2</sub>O)

Los resultados obtenidos para caudales de 1 l/min y 3 l/min a una temperatura de  $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ , se muestran en la tabla 4 y en la figura 2.

( $\Delta P$ ) (kPa)	Q (ml/min)	CV (%)	( $\Delta P$ ) (kPa)	Q (ml/min)	CV (%)
0,6	1,044	0,31	2,8	2,936	0,23
1,4	1,038	0,72	3,4	2,916	0,14
2,2	1,032	0,46	3,9	2,900	0,00
3,0	1,026	0,17	4,4	2,888	0,08
3,4	1,025	0,10	4,9	2,908	0,00
3,8	1,020	0,26	5,4	2,884	0,21
4,0	1,021	0,15	5,9	2,845	0,08
5,2	1,019	0,46	6,4	2,809	0,14
7,4	1,012	0,26			

Tabla 4. Resultados del ensayo de estabilidad del caudal (Q) con el aumento de pérdida de carga ( $\Delta P$ ) para la bomba Tipo P. CV: Coeficiente de variación.

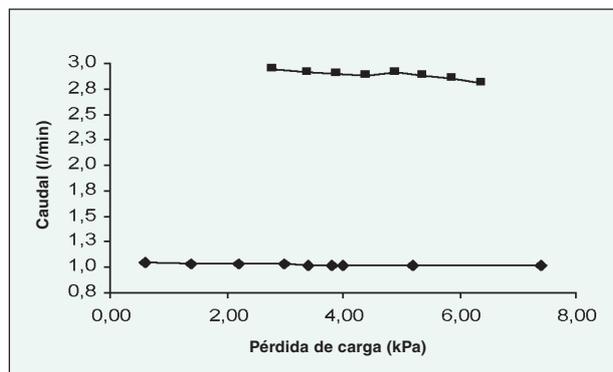


Figura 2. Representación gráfica del caudal (Q) frente a la pérdida de carga ( $\Delta P$ ) a 1 l/min ( $\nabla$ ) y a 3 l/min ( $\square$ ) para la bomba Tipo P.

Los resultados obtenidos indican que a 1 l/min, la bomba mantiene el caudal con una desviación inferior al 3 % respecto del caudal ajustado al inicio del ensayo, hasta una pérdida de carga de 8 kPa ( $\approx 32''$  H<sub>2</sub>O), y a 3 l/min hasta una pérdida de carga de 4 kPa ( $\approx 16''$  H<sub>2</sub>O), es decir, que la bomba sigue cumpliendo las características indicadas por el fabricante.

### 4. ENSAYO DE LA ESTABILIDAD DEL CAUDAL CON EL TIEMPO

El objetivo de este ensayo es comprobar el periodo durante el cual la bomba puede funcionar a un caudal constante y a una pérdida de carga determinada sin recargar ó reemplazar la batería.

De acuerdo con la norma UNE-EN 1232, las bombas deberían tener una autonomía de funcionamiento de al menos 2 h y preferiblemente 8 h. Durante el periodo de funcionamiento, el caudal no se debería desviar más del

5 % del valor medido al inicio del ensayo. Este requisito se debería cumplir en todo el intervalo de caudal para una determinada pérdida de carga y a dos temperaturas, ambiente ( $20^\circ\text{C}$  a  $25^\circ\text{C}$ ) y  $5^\circ\text{C}$ .

Si habitualmente no se realizan tomas de muestra a bajas temperaturas puede omitirse el ensayo a  $5^\circ\text{C}$  o realizarlo a otra temperatura dependiendo de las condiciones en las que se espera utilizar la bomba.

### Procedimiento

El procedimiento a seguir para el ensayo a temperatura ambiente es el siguiente:

- 1) Antes de comenzar el ensayo se mantiene la bomba a  $20^\circ\text{C}$  y se carga la batería.
- 2) Al comienzo del ensayo se ajusta la bomba a uno de los caudales y condiciones indicados en la tabla 5 y se mide el caudal.
- 3) Se realizan mediciones cada 5 min durante los primeros 30 minutos que siguen a la puesta en marcha de la bomba. Se realizan medidas adicionales a 45 min y 60 min a partir del comienzo y, después, a intervalos de 30 min hasta que se registra un funcionamiento defectuoso o la bomba se para de manera automática.

Bomba	Reductor de flujo	$\Delta P$ generada (kPa)	Caudal
Tipo P	RB	$1,6 \pm 10\%$ (2 l/min)	2 l/min y al caudal nominal máx.
Tipo G	RD	$1,0 \pm 10\%$ (50 ml/min) $10,0 \pm 10\%$ (300 ml/min)	(50 ml/min ó 300 ml/min) y al caudal nominal máx.

Tabla 5. Condiciones para el ensayo de estabilidad del caudal con el tiempo para las bombas Tipo P y Tipo G.

### Resultados del ensayo para la bomba tipo G

La bomba, según las indicaciones del fabricante (tabla 2 de NTP 777), mantiene el caudal dentro de  $\pm 5\%$  durante 8 horas a una pérdida de carga de  $25''$  H<sub>2</sub>O.

Al inicio del ensayo el caudal se ajusta y se mide, realizándose tres mediciones. Los resultados obtenidos para caudales de 20 ml/min y 200 ml/min a una temperatura de  $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ , se muestran en la tabla 6 y en la figura 3.

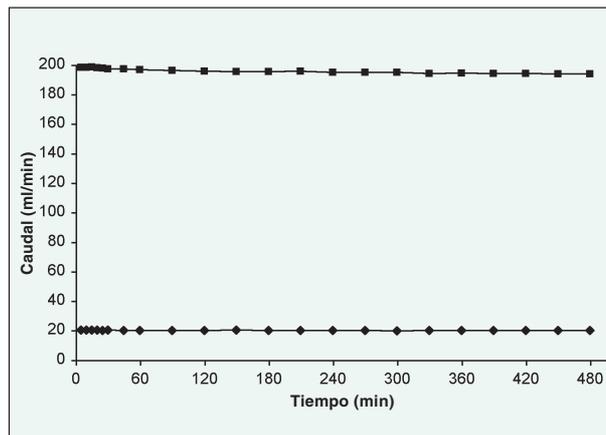


Figura 3. Representación gráfica del caudal frente al tiempo para la bomba Tipo G a 200 ml/min ( $\square$ ) y a 20 ml/min ( $\nabla$ ).

t (minutos)	Q inicial = 198,3 ml/min (n=3, CV (%) = 0,16)		Q inicial = 20,0 ml/min (n=3, CV (%) = 0,08)	
	Q (ml/min)	CV (%)	Q (ml/min)	CV (%)
5	198,1	0,06	20,0	0,28
10	198,3	0,11	20,0	0,13
15	198,5	0,21	19,9	0,10
20	197,9	0,06	19,9	0,17
25	197,6	0,21	19,8	0,18
30	197,2	0,00	19,9	0,07
45	197,1	0,12	19,8	0,05
60	196,6	0,06	19,8	0,11
90	196,1	0,10	19,8	0,17
120	195,5	0,15	19,8	0,26
150	195,4	0,11	19,9	0,25
180	195,4	0,08	19,7	0,11
210	195,5	0,10	19,7	0,11
240	194,9	0,18	19,7	0,14
270	194,7	0,00	19,6	0,08
300	194,8	0,08	19,5	0,02
330	194,1	0,06	19,6	0,06
360	194,2	0,10	19,7	0,13
390	194,0	0,12	19,6	0,11
420	194,1	0,09	19,7	0,19
450	193,9	0,06	19,7	0,08
480	193,7	0,15	19,6	0,12

Tabla 6. Resultados del ensayo de estabilidad del caudal (Q) con del tiempo (t) para la bomba Tipo G. CV: Coeficiente de variación, n: número de mediciones.

Los resultados obtenidos indican que la bomba mantiene el caudal constante con una desviación inferior a 5 % respecto del caudal de ajuste, como mínimo, durante 8 horas.

#### Resultados del ensayo para la bomba tipo P

La bomba Tipo P, según las indicaciones del fabricante (tabla 2 de NTP 777), mantiene el caudal dentro de  $\pm 3$  % durante 8 horas a una pérdida de carga de 30" H<sub>2</sub>O.

Al inicio del ensayo el caudal se ajusta y se mide, realizándose tres mediciones. Los resultados obtenidos

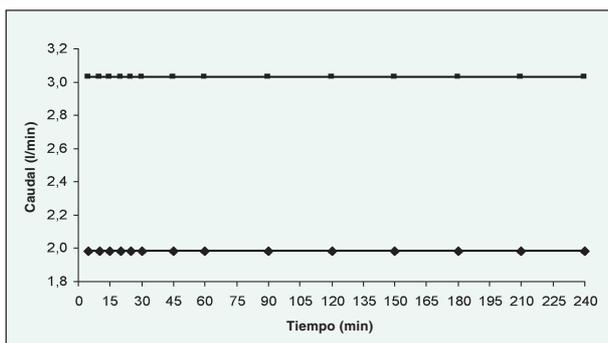


Figura 4. Representación gráfica del caudal frente al tiempo para la bomba Tipo P a 2 l/min ( $\triangle$ ) y a 3 l/min ( $\nabla$ ).

para caudales de 2 l/min y 3 l/min a una temperatura de  $(21 \pm 2)$  °C, se muestran en la tabla 7 y en la figura 4.

t (minutos)	Q inicial = 2,00 l/min (n=3, CV (%) = 0,03)		Q inicial = 3,04 l/min (n=3, CV (%) = 0,36)	
	Q (ml/min)	CV (%)	Q (ml/min)	CV (%)
5	1,985	0,12	3,028	0,06
10	1,984	0,00	3,010	0,06
15	1,980	0,08	3,010	0,12
20	1,980	0,29	2,996	0,12
25	1,975	0,13	2,999	0,15
30	1,977	0,08	2,995	0,21
45	1,975	0,13	3,000	0,20
60	1,975	0,08	3,005	0,13
90	1,972	0,06	2,993	0,39
60	1,970	0,21	3,011	0,32
120	1,972	0,12	3,006	0,17
150	1,976	0,13	2,998	0,21
210	1,973	0,17	2,994	0,17
240	1,975	0,15	3,001	0,15

Tabla 7. Resultados del ensayo de estabilidad del caudal (Q) con del tiempo (t) para la bomba Tipo P. CV: Coeficiente de variación, n: número de mediciones.

Los resultados obtenidos indican que la bomba mantiene el caudal constante con una desviación inferior al 3 %, con relación al caudal ajustado al inicio, como mínimo, durante 4 horas. El ensayo se puede continuar hasta cubrir las indicaciones del fabricante.

#### 4. ENSAYO DE DEPENDENCIA DE LA TEMPERATURA

Este ensayo permite establecer el intervalo de temperatura para el cual el caudal no se desvía más de un 5 % del caudal a 20 °C.

De acuerdo con la norma UNE-EN 1232, el caudal en las condiciones de funcionamiento no se debería desviar más de 5 % del caudal medido a 20 °C, en el intervalo de temperatura de 5 °C a 40 °C.

Para llevar a cabo este ensayo, sería necesario disponer de una cámara climática en la que se introduce el montaje descrito en el apéndice A. Si no se dispone de una cámara climática, se pueden utilizar diferentes opciones (frigorífico, estufa, etc).

Conviene que el usuario lleve a cabo el ensayo en el intervalo de temperatura en el que realice habitualmente las tomas de muestra.

#### Procedimiento

El procedimiento a seguir para realizar el ensayo en todo el intervalo de temperatura es el siguiente:

- 1) Antes de comenzar el ensayo se mantiene la bomba a 20 °C y se carga la batería.
- 2) Se pone en marcha la bomba y se ajusta a uno de los caudales indicados en la tabla 8.
- 3) Se somete el montaje completo para el ensayo a una temperatura de 5 °C durante 2 horas, mientras la

Bomba	Reductor de fjuolo	Caudal
Tipo P	RA	2 l/min)
Tipo G	RC	50 ml/min ó 300 ml/min

Tabla 8. Condiciones para el ensayo de dependencia de la temperatura para bombas Tipo P y Tipo G.

bomba está en funcionamiento. Al final del periodo se mide el caudal.

- 4) A continuación, se somete el montaje para el ensayo a las temperaturas de 10 °C, 20 °C, 30 °C y 40 °C durante periodos de 1 h para cada temperatura. Al final de cada periodo se mide el caudal. No es necesario que la bomba esté en funcionamiento durante los periodos completos de una hora a cada temperatura. Es suficiente con que se ponga en marcha 15 min antes de la medición del caudal y se pare de nuevo después de haber terminado la medición.

### Resultados del ensayo para las bombas Tipo G y Tipo P

Según las indicaciones del fabricante (tabla 2 de NTP 777), el intervalo de temperatura de operación es de 0 °C a 45 °C para la bomba Tipo P y de -20 °C a 45 °C para la bomba Tipo G.

El ensayo se ha llevado en un intervalo de temperatura de 5 °C a 30 °C utilizando, como alternativa a la cámara climática, un refrigerador para las temperaturas de 5 °C y 10 °C, un local climatizado para la temperatura de 20 °C y una estufa de laboratorio para la temperatura de 30 °C.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 9 y en la figura 5.

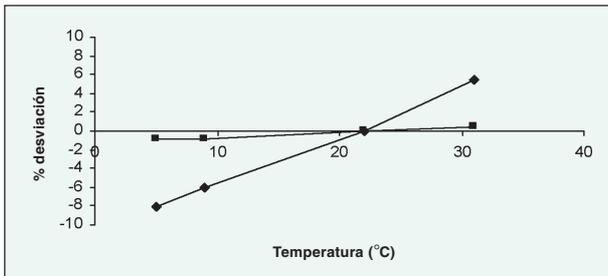


Figura 5. Representación gráfica del porcentaje de desviación del caudal frente a la temperatura para las bombas Tipo P (□) y G (△).

Los resultados indican que mientras la bomba Tipo P mantiene el caudal constante para todo el intervalo de temperatura, el caudal de la bomba Tipo G únicamente se mantiene dentro de ± 5 % entre 15 °C a 25 °C aproximadamente.

Bomba G				Bomba P			
T (°C)	Caudal (ml/min)	Desviación (%)	CV(%)	T (°C)	Caudal (ml/min)	Desviación (%)	CV(%)
5	185,2	- 8,00	0,03	5	2,013	-1,47	0,12
10	189,2	- 6,06	0,03	10	2,014	-1,42	0,20
20	201,4	0,00	0,15	20	2,031	-0,59	0,15
30	212,3	+5,41	0,10	30	2,040	-0,15	0,06

Tabla 9. Resultados del ensayo de dependencia de la temperatura (T) para las bombas Tipo P y G. CV: Coeficiente de variación.

## 5. PROGRAMA DE VERIFICACIÓN DE LAS BOMBAS

El programa de verificación, detallando los ensayos y su frecuencia debería ser establecido por el usuario teniendo en cuenta el uso de las bombas y los resultados obtenidos en verificaciones anteriores.

Es conveniente disponer de una hoja de control de bombas, en la cual se debería indicar, al menos:

- La fecha de adquisición de la bomba.
- Una referencia que la identifique, definida por el laboratorio.
- Los resultados de los ensayos de verificación (por ejemplo, desviación del caudal en % durante el ensayo de la autonomía de funcionamiento, exactitud del cronómetro, intervalo de pérdida de carga en el que funciona correctamente, etc).
- La fecha de la última vez que fue utilizada, (condiciones ambientales de calibración, resultados obtenidos, caudal y duración de la toma de muestra, condiciones ambientales del lugar de trabajo, etc).
- Información sobre el medidor de caudal utilizado en la calibración de la bomba (por ejemplo, de volumen, caudal, de área variable etc).
- La fecha de cambio de la batería.
- Cualquier otra indicación que pueda ser de utilidad.

## APÉNDICE A

### MONTAJE PARA LOS ENSAYOS DE VERIFICACIÓN

Los ensayos descritos en esta nota técnica de prevención se realizan utilizando un montaje como el de la Figura 1. La bomba objeto de ensayo se conecta en serie a una resistencia de flujo y a un medidor de volumen ó caudal. Entre la bomba y la resistencia se conecta un medidor de presión diferencial. Todas las conexiones deberán ser estancas y la longitud total de los tubos utilizados tan corta como sea posible, con una longitud máxima de alrededor de 80 cm y un diámetro interno de alrededor de 6 mm.

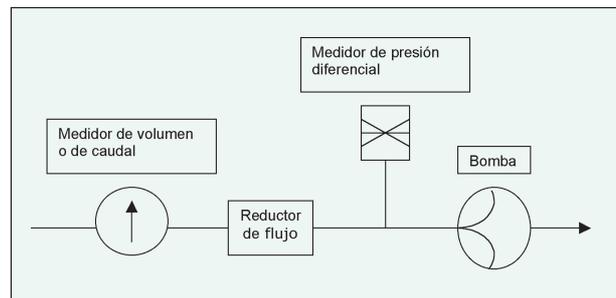


Figura 1. Montaje para los ensayos de verificación

Los ensayos deberían llevarse a cabo con las baterías completamente cargadas y a una temperatura de 20 °C a 25 °C, salvo mención contraria en la descripción de las condiciones de ensayo. La temperatura se medirá y se anotará con los resultados del ensayo.

#### Listado de la instrumentación a utilizar en los ensayos:

- Medidores de volumen (por ejemplo, medidor de burbuja de jabón) ó caudal (por ejemplo, medidor de caudal de área variable).
- Resistencias o reductores de flujo que proporcionen las pérdidas de carga siguientes:
  - Reductor de flujo RA, que genere una pérdida de carga de 0,5 kPa  $\pm$  10 % a un caudal de 2 l/min,
  - Reductor de flujo RB, que genere una pérdida de carga de 1,6 kPa  $\pm$  10 % a un caudal de 2 l/min,

- Reductor de flujo RC, que genere una pérdida de carga de 0,5 kPa  $\pm$  10 % a un caudal de 50 ml/min y una pérdida de carga de 5 kPa  $\pm$  10 % a un caudal de 300 ml/min
- Reductor de flujo RD, que genere una pérdida de carga de 1,0 kPa  $\pm$  10 % a un caudal de 50 ml/min y una pérdida de carga de 10 kPa  $\pm$  10 % a un caudal de 300 ml/min.

- Si no se dispone de estos reductores se pueden utilizar en su lugar válvulas de aguja.
- Medidor de presión diferencial, con un campo de medida que incluya el intervalo de presiones de interés.
- Termómetro de vidrio ó electrónico.
- Medidor de tiempo (por ejemplo, cronómetro).
- Medidor de presión de aire (por ejemplo, barómetro).
- Tubos y accesorios de conexión.

#### BIBLIOGRAFÍA

- 1) ARRIANDIAGA M.V, SALCEDO R.M.  
**El caudal en las bombas de muestreo personal.**  
*Ibermutua, nº 12, 17-23, 1997.*
- 2) Arriandiaga M.V, Salcedo R.M.  
**La comprobación de la estabilidad del caudal en las bombas de muestreo personal.**  
*Poster presentado en el XIV Congreso Mundial sobre Seguridad y Salud en el Trabajo. Madrid, 1996.*
- 3) DFG.  
**Sampling and determining aerosols and their chemical components.**  
*The MAK-Collection Part III: Air Monitoring methods, Vol.9, 2005.*
- 4) FRÉVILLE L., P. MARTIN.  
**Réalisation d'un banc d'essais automatisés pour les pompes individuelles de prélèvement.**  
*Cahiers de notes documentaires. ND 2107-175-99. INRS, 1999.*
- 5) GRAVEL R.  
**Evaluation de pompes personnelles d'échantillonnage. Guide technique.**  
*Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST). Québec, 1993.*
- 6) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO  
**Límites de exposición profesional para agentes químicos en España.**  
*INSHT 2007.*
- 7) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO  
**Métodos de Toma de Muestra y Análisis.**  
*INSHT. Colección 1987 - 2007.*
- 8) INSTITUT DE RECHERCHE EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL  
**Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milie de travail. Guide technique.**  
*IRSST. Quebec, 2005.*
- 9) **Real Decreto 374/2001 de 6.4 (Ministerio de la Presidencia, BOE 1.5.2001).** Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- 10) **UNE EN 1232:1997.** Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo personal de los agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo.
- 11) **UNE EN 12919:1999.** Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo de los agentes químicos con un caudal volumétrico superior a 5 l/min. Requisitos y métodos de ensayo.
- 12) **UNE EN 482:2007.** Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos.
- 13) URIBE B; QUINTANA M.J.  
**Bombas de muestreo personal para agentes químicos. Criterios y recomendaciones. CR-01/2005.**  
*Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*