

Instrumentos de Medición y Muestreo

Índice

Introducción	2
Conceptos fundamentales	3
Medición y muestreo.....	4
Medición	6
Instrumentos de lectura directa.....	7
Medición de gases y vapores	8
Medición de aerosoles	17
Toma de Muestras	18
Toma de muestras de contaminantes químicos	19
Sistemas de muestreo activos	22
Sistema de muestreo pasivo.....	32

Instrumentos de Medición y Muestreo

Introducción

Conceptos fundamentales

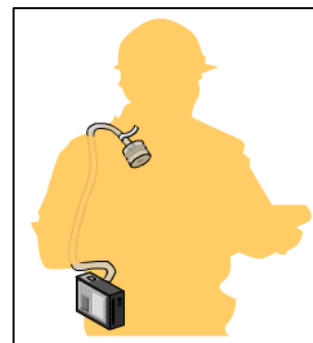
Para afrontar cualquier problema higiénico, originado por la exposición a contaminantes químicos, de forma racional y eficaz se debe seguir la **metodología higiénica** que nos lleva a realizar una serie de acciones de modo sistemático con el fin de encontrar las soluciones más adecuadas en cada caso. Dicha metodología consiste en:

- **Identificación** (encuesta higiénica) de los contaminantes químicos presentes en el puesto de trabajo basándose en la siguiente información: productos químicos utilizados, cantidades, fichas de datos de seguridad, etiquetado, condiciones de transformación de los productos, descripción de los procesos, medidas preventivas existentes, trabajadores expuestos, tiempos de exposición, etc.
- **Medición**: una vez identificado el contaminante se procede a su medición o muestreo.
- **Valoración de los resultados**: una vez analizados los resultados de la medición o del muestreo se comparan los resultados con los criterios de valoración disponibles para concluir si es probable la aparición de efectos adversos para los trabajadores.
- **Control**: adopción de medidas preventivas para controlar los contaminantes químicos presentes en el ambiente y prevenir posibles efectos adversos para la salud de los trabajadores.

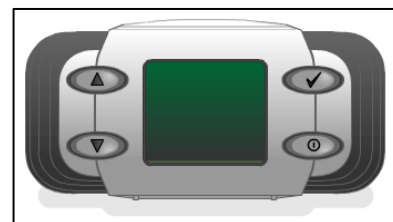
Medición y muestreo

Dentro de la metodología higiénica, la cuantificación del riesgo higiénico debido a la presencia de contaminantes químicos en los puestos de trabajo implica la medición o toma de muestras de los mismos, para lo cual, se precisa conocer las diferentes técnicas de medición y muestreo a fin de facilitar la elección de la metodología más adecuada en cada situación.

- **Muestreo:** se basa en la utilización de un soporte que capte y retenga el contaminante presente en el ambiente. Posteriormente, la muestra (soporte + contaminante), se remite a un laboratorio para el análisis cualitativo y cuantitativo de la misma. El soporte utilizado debe elegirse en función de las características físico-químicas del contaminante que se quiere captar y del método analítico que se requiera.



- **Medición:** se basa en la utilización de un equipo que nos permite conocer de forma inmediata y sobre el display del aparato la concentración de contaminante presente en el ambiente sin necesidad de recurrir a su posterior análisis en un laboratorio.



Las mediciones y muestreos deben ser representativos de la concentración real, en cuanto al lugar, momento y duración.

Las tomas de muestras y mediciones no constituyen un fin en sí mismas, sino un medio para abordar posteriores estudios encuadrados en una estrategia global dirigida a la planificación de la acción preventiva en el ambiente laboral. Así, lo primero que nos debemos plantear son nuestros **OBJETIVOS CON LAS MEDICIONES Y TOMA DE MUESTRAS:**

- Evaluación del riesgo de exposición a contaminantes químicos.
- Investigación de enfermedad profesional.
- Detección de fuentes de contaminantes y períodos de elevada exposición. Operaciones incorrectas. Fugas.
- Colaboración en el diseño de medidas correctoras y posterior verificación de su buen funcionamiento y eficacia.
- Mediciones / muestreos periódicos. Conocimiento de los cambios de las condiciones ambientales.
- Cumplimiento de la legislación.
- Establecimiento de correlaciones entre concentraciones ambientales y efectos producidos en el organismo del trabajador. Valoración de los puestos de trabajo.

En función de estos objetivos, el planteamiento, la elección del sistema de medición o muestreo y la estrategia de medición o muestreo pueden ser diferentes. También hay que tener en cuenta los **criterios de valoración** que se utilizarán para evaluar la concentración obtenida durante las mediciones y/o muestreos:

- Valores límite (**VLA-ED**) promediados para 8 horas, para evaluar la probabilidad de que se produzcan efectos crónicos (a largo plazo)
- Valores límite (**VLA-EC**) para cortos períodos de tiempo, para evaluar la probabilidad de que se produzcan efectos agudos (a corto plazo)

Los principales **factores a tener en cuenta** en la elección de un sistema de medición o toma de muestras son:

- Las características físicas y químicas del contaminante, tales como su estado físico, estado de disgregación, polaridad, solubilidad, volatilidad, estabilidad, etc.
- El método analítico (para muestreos) adecuado que incluye la sensibilidad y exactitud del instrumento a utilizar, el método de ataque o solubilización de la muestra, el rango de validez del método, interferencias posibles, etc. Destacar que muestreo y método de análisis están íntimamente relacionados y son dependientes entre sí.
- El equipo de muestreo o medición existente y las disponibilidades económicas.

La medición y el muestreo de los contaminantes en el medio ambiente laboral se puede llevar a cabo de diferentes formas teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo de instrumentación: lectura directa o toma de muestra
- Duración: puntual o continua
- Localización: estática o personal, pudiendo ser ésta última, zonal o permanente.

La medición y muestreo de contaminantes químicos está regulada por los siguientes **reglamentos y normas**:

- RD 374/2001 Reglamento de agentes químicos.
- REGLAMENTO del AMIANTO (RD 396/2006) → MTA/MA - 051 / A04
- ORDEN ITC/2585/2007 aprueba ITC 2.0.02 Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en las industrias extractivas.
- MÉTODOS INSHT
- NORMAS UNE- EN
- MÉTODOS NIOSH
- MÉTODOS OSHA

Instrumentos de Medición y Muestreo

Medición

Instrumentos de lectura directa

La determinación de concentraciones ambientales mediante instrumentos de lectura directa presenta algunas **VENTAJAS respecto al sistema de toma de muestras**, entre las que podemos destacar:

Ventajas

- Rapidez en las determinaciones.
- Muestras puntuales de interés.
- Economía.

Inconvenientes

- Por contra, según el tipo de equipo de medición, **pueden ser menos precisos y darse problemas de interferencias**, pudiendo falsear el resultado final de la medición.
- Se debe tener en cuenta que aunque, la manipulación de estos equipos sea sencilla, la interpretación de los resultados debe ser realizada por personal especializado.

Tipos de instrumentos de lectura directa

- Los sistemas de medición de lectura directa pueden diferenciarse en:
 - Sistemas de **medición de gases y vapores**.
 - Sistemas de medición de **aerosoles**.

Medición de gases y vapores

Para realizar la medición de la presencia de gases y vapores en el ambiente podemos utilizar:

- Instrumentos **colorimétricos**
- Monitores de **lectura directa**

Instrumentos colorimétricos

- Es uno de los métodos más extendidos por su sencillez, facilidad de utilización y por la amplia gama de contaminantes que abarcan.
- Se basan en el cambio de color que sufre una sustancia al reaccionar con un contaminante determinado.
- Entre esta clase de instrumentos los más utilizados son los **tubos colorimétricos**. Se basan en el cambio de color que sufre el tubo al reaccionar la sustancia de su interior con el contaminante que se desea medir.
- La longitud de la mancha marca la concentración de contaminantes según el volumen de aire que ha circulado.

Ventajas

- Sencillo
- Fácil uso
- Abarca una amplia gama de contaminantes

Limitaciones

- **Precisión:**

La precisión de los tubos es función en gran medida de la técnica de fabricación. En general ofrecen un coeficiente de variación entre el 5 y el 40% de su lectura.

- **Interferencias:**

Frecuentemente no son lo suficientemente específicos y la presencia de otros contaminantes es susceptible de alterar la extensión y el color de la capa coloreada. Por ello es importante conocer previamente las sustancias existentes en el ambiente.

- **Condiciones ambientales:**

Las temperaturas frías provocan variaciones de color y las temperaturas altas influyen en el volumen muestreado pudiendo producir, en ambos casos, alteraciones en la lectura del color y, por tanto, de la medición.

Aplicaciones

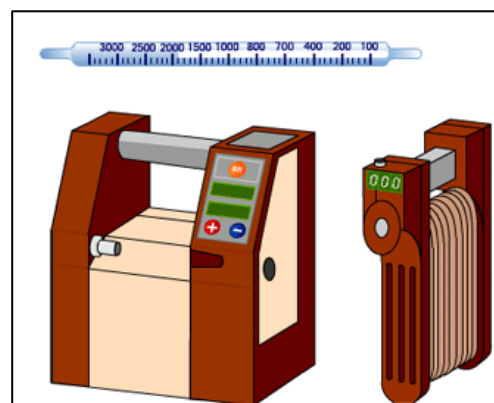
En la actualidad pueden determinarse más de cien contaminantes diferentes con tubos colorimétricos específicos. Sus **aplicaciones prácticas** son las siguientes:

- Determinación en ambientes cerrados o peligrosos
- Detección rápida de focos de contaminación
- Estudios preliminares
- Evaluación ambiental de sustancias previamente conocidas
- Determinaciones de concentraciones esporádicas
- Determinaciones puntuales de concentraciones

Utilización

La medición de gases y vapores en el ambiente con tubos colorimétricos se puede hacer tanto con bombas de aspiración automática como manual:

- Partir los extremos del tubo
- Colocar en la bomba de aspiración
- En función del tipo de bomba actuar como se indica a continuación:
 - **Bomba de aspiración automática:** programar y realizar el número de emboladas recomendado en las instrucciones.
 - **Bomba de aspiración manual:** realizar las emboladas manualmente tantas veces como indiquen las instrucciones.



Monitores de lectura directa

- Son equipos en los que **la medición se realiza en el propio instrumento**, obteniéndose la concentración del contaminante a partir de la lectura reflejada en un dial, display o indicador. Además pueden disponer de alarmas programadas que avisen de situaciones peligrosas cuando las concentraciones de contaminantes lleguen a un determinado nivel, realizar mediciones puntuales o de larga duración, etc.
- Los monitores están constituidos por un sensor que, en contacto con el gas a medir, genera una señal eléctrica que es registrada en un dial y que se transforma en unidades de concentración del gas presente en el ambiente.
- Con la ayuda de una bomba de aspiración, normalmente incorporada en los monitores de lectura directa y una sonda se pueden realizar mediciones desde el exterior de lugares cerrados o de difícil acceso antes de entrar a realizar los trabajos (espacios confinados: alcantarillas, cisternas, silos, pozos, arquetas, galerías, etc.).



Ventajas

- No implica un gasto adicional en el análisis de las muestras
- El resultado de la medición es inmediato
- Da valores puntuales o para largos períodos

Limitaciones

- Elevado coste del equipo
- Posibilidad de interferencias (Sensibilidad cruzada)
- Errores de interpretación (la interpretación de los resultados debe realizarse por personal experto)

Aplicaciones

- Evaluaciones y controles preliminares
- Localización de focos de contaminación
- Estimación del posible riesgo para la salud

Tener en cuenta

- Rango de medida. Sensibilidad. Resolución.
- La fiabilidad. Exactitud y precisión.
- Selectividad. Posibles interferencias (sensibilidad cruzada).
- Tiempos de respuesta.
- Vida media de los sensores.
- Posible envenenamiento del catalizador.
- Reproducibilidad de los resultados.
- Riesgo de su utilización en atmósferas explosivas, si no están protegidos (por ejemplo: intrínsecamente seguros). Deben estar certificados para poder utilizarse en zonas de riesgo.
- Mantenimiento de los equipos. Calibración de los sensores.

Tipos de sensores de los monitores de lectura directa

Electroquímicos:

Se basan en la medida de una corriente que se establece entre dos electrodos del sensor cuando el gas a medir reacciona electroquímicamente con el electrodo de trabajo.

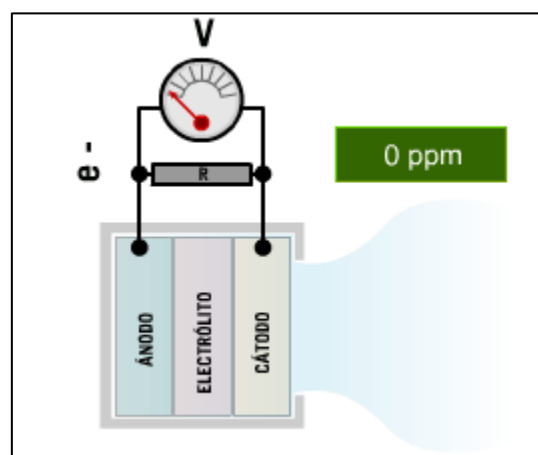
Estos sensores contienen una membrana porosa, normalmente PTFE o un sistema capilar, que permite al gas difundirse en la celda del sensor que contiene el líquido o gel electrolítico y los electrodos. La configuración de los sensores varía según los fabricantes y según el gas a medir.



■ **Funcionamiento:**

En el caso de los sensores electroquímicos el gas se difunde en la celda del sensor que contiene un electrólito y dos electrodos. Cuando el gas entra en contacto con el electrólito se crea una corriente eléctrica entre el ánodo y el cátodo que hace variar la diferencia de potencial entre ambos.

Esta variación de la señal eléctrica se mide y amplifica siendo proporcional a la concentración del gas presente.



■ Tipos de sensores electroquímicos

- **Sensores de modificación de la corriente eléctrica:** miden concentraciones de gases (disuelto en el electrólito) mediante la existencia de un orificio que controla el volumen de gas analizado. Al paso de aire contaminado se modifica el valor de la resistencia entre los dos electrodos, por tanto también lo hace el valor de la intensidad. Estas modificaciones son muy bajas, por lo que necesita ser amplificada la señal. Esto es una ventaja para la aplicación de estos sensores en lugares con riesgo de explosión, ya que los hace intrínsecamente seguros.

Estos sensores son bastante específicos para cada gas, aunque en algunos casos se utilizan catalizadores para evitar posibles interferencias de otros gases presentes (sensibilidad cruzada). Algunos gases que se pueden medir (en ppm) con estos sensores son: CO, NH₃, H₂S, NO, NO₂, SO₂, HCl, Cl₂, etc.

- **Sensores de variación de diferencia de potencial:** miden presiones parciales de los gases y la reacción electroquímica se controla a través de una membrana (caso del O₂). La exposición del sensor al aire contaminado modifica la estructura química del electrólito en función de la presión parcial del gas (Ej. O₂) existente en el aire medido, se crea una diferencia de potencial, una corriente entre el cátodo, (donde se reduce el O₂; $O_2 + 2 H_2O + 4e^- \rightarrow 4 OH^-$) y el ánodo. Después se amplifica la señal, dándonos el % del gas medido. Por ejemplo medición de % O₂, H₂, etc.

Térmicos:

Detectan las variaciones en las propiedades térmicas de los gases, el calor de combustión y la conductividad.

■ Tipos de sensores térmicos

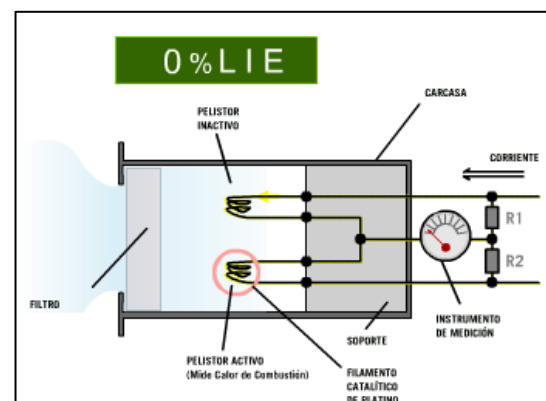
- Sensores de combustión catalítica:

Miden el % del Límite Inferior de Explosividad (LIE). Es importante conocer la composición de la atmósfera inflamable para calibrar el aparato al valor de LIE más bajo de los gases presentes, normalmente metano. Se trata de aparatos con buenos tiempos de respuesta. Presentan un inconveniente: puede envenenarse (el catalizador del sensor) quedando inservible temporal o permanentemente.



○ Funcionamiento

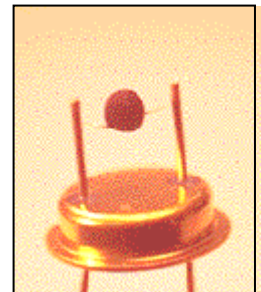
El principio de funcionamiento se basa en el puente de **WHEATSTONE**. Cuando el puente está equilibrado, (elemento catalítico expuesto al aire formado por un filamento de platino envuelto por cámara de alúmina), no pasa corriente por el miliamperímetro. La oxidación de la superficie del elemento catalítico, en presencia de un gas combustible, aumenta su resistencia eléctrica y produce un paso de corriente por el amperímetro que es proporcional a la concentración de gas. Nos da el tanto por ciento (%) del Límite Inferior de Explosividad (LIE).





○ **Pellistor**

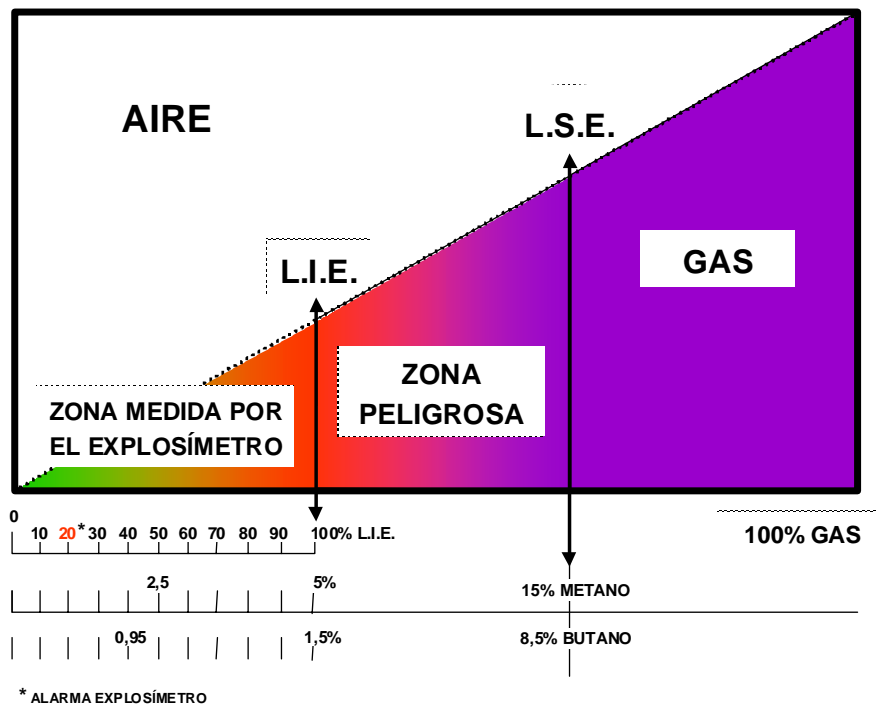
El pellistor del filamento catalizado favorece la oxidación del gas a medir, mientras que el otro está impregnado de un compuesto inhibidor de la reacción. El paso de corriente por los hilos hace que alcancen la temperatura necesaria para que se produzca la combustión en la cámara catalizadora, aumentando la temperatura y la resistencia, desequilibrándose el circuito (puente).



○ **Límite Inferior de Explosividad (LIE) y el Límite Superior de Explosividad (LSE)**

Los gases y vapores son inflamables o explosivos solamente entre el Límite Inferior de Explosividad (LIE) y el Límite Superior de Explosividad (LSE). Ambos se miden en % de gas o vapor en volumen de aire.

El **LIE** es la concentración a partir de la cual puede producirse una explosión. Si la



concentración es inferior al LIE, no hay suficiente combustible para explosionar. (LIEs: metano 5%, propano 2,2%, hidrógeno 4%).

El **LSE** es la concentración máxima de la mezcla explosiva. Por encima de ésta, hay demasiado combustible y poco oxígeno y no se produce la explosión. (LSE: metano 15%, propano 9,5 %, hidrógeno 75%).

Los valores de los LIE y LSE varían de una fuente a otra, ya que los experimentos son afectados por el tipo de recipiente, tipo de fuente de ignición, pureza del gas o vapor, presión, temperatura, etc.

□ **Sensores de conductividad térmica (hilo caliente)**

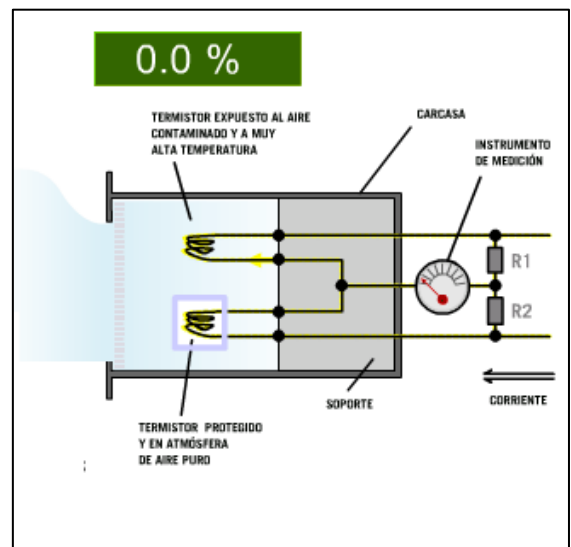
Utilizan termistores (miden la conductividad térmica) y su principio de funcionamiento es muy parecido a los sensores de combustión catalítica, aunque se basan en la comparación de la conductividad térmica de una mezcla de gas con una muestra de aire puro. No son recomendables para gases con LIEs muy bajos, a no ser que el aparato esté preparado. Su sensibilidad es muy baja, sobretudo en mezclas. Nos da el % del gas medido (H_2 , CH_4 , etc.).

El sensor está compuesto por dos cámaras, cada una con un termistor, uno de ellos expuesto a la atmósfera exterior (sin protección y a una elevada T), el otro en una atmósfera con aire puro. Cuando se mide en una atmósfera contaminada, se desequilibra el puente, al variar la conductividad térmica.



○ **Funcionamiento:**

El principio de funcionamiento de los sensores de combustión catalítica se basa en el puente de WHEATSTONE. Cuando el puente está equilibrado, no pasa corriente por el amperímetro. La presencia de un gas combustible en la celda del sensor junto con el calor producido por el paso de corriente provoca la oxidación por combustión del gas en la superficie del pellistor activo. Esta reacción se ve favorecida por un elemento catalítico del pellistor, normalmente platino, que provoca un aumento de su resistencia eléctrica y en consecuencia desvía el paso de corriente por el amperímetro. La corriente registrada por el amperímetro es proporcional a la concentración de gas expresada como tanto por ciento del Límite Inferior de Explosividad.



Electromagnéticos:

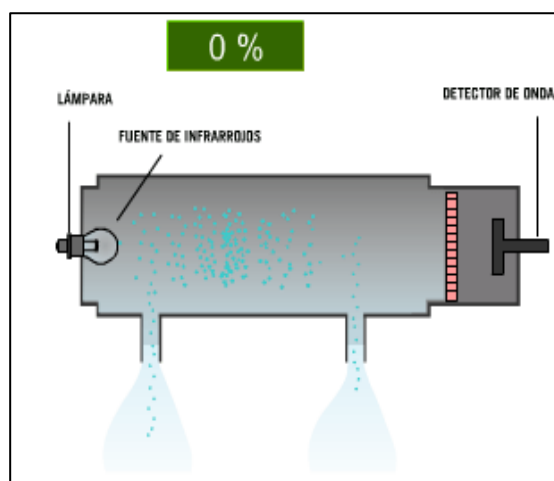
Los sensores electromagnéticos se utilizan básicamente para medir CO_2 aunque modificando la longitud de onda del filtro se pueden medir otros gases como Óxido de Etileno y Óxido Nitroso.

Son estables y fiables, aunque en algunos casos su largo tiempo de respuesta en funcionamiento no los hace recomendables como equipos de intervención rápida y además, suelen ser caros.



■ Funcionamiento

El funcionamiento de los sensores electromagnéticos se basa en la irradiación del gas que entra en la celda con una lámpara de infrarrojos. El gas absorbe parcialmente la radiación a una determinada longitud de onda. Mediante un filtro óptico determinado se selecciona la parte del espectro de luz o longitud de onda a la que el gas absorbe dicha radiación, una vez ha pasado por la cámara de medición. Finalmente, el detector de onda registra la diferencia entre la radiación inicial y la final, a una longitud de onda determinada, que es proporcional a la concentración de contaminante expresada en porcentaje o partes por millón.



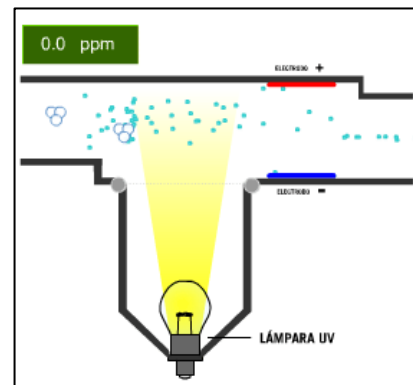
Detectores de fotoionización (PID)

La detección de gases por fotoionización (Photoionization Detection) se utiliza para detección y medición de bajas concentraciones de sustancias químicas ionizables tales como Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) y otros gases tóxicos.



■ Funcionamiento

Los detectores de fotoionización se basan en la descarga de luz ultravioleta de alta energía sobre el gas que pasa por una cámara de medición, ionizando sus partículas. Los iones cargados eléctricamente (aniones y cationes) producen una corriente que se puede medir en los electrodos de un sensor siendo proporcional a la concentración de gas en porcentaje o partes por millón. Finalmente, los iones se recombinan al descargarse en los electrodos para volver a formar la molécula original.



Concepto de Potencial de Ionización:

Todos los elementos y sustancias químicas pueden ionizarse, pero difieren de la cantidad de energía que precisan. La energía necesaria para separar un electrón y ionizar un compuesto es su Potencial de Ionización (P.I.), medido en electrón volts (eV).

La energía de luz emitida por una lámpara UV se mide también en eV. Si el P.I. de una muestra de gas es menor que la emisión eV de la lámpara, entonces la muestra se ionizará. El Benceno tiene un P.I. de 9,24 eV y puede medirse con una lámpara de 10,6 eV. El Ácido Acético tiene un P.I. de 10,66 eV y puede medirse solamente con una lámpara de 11,7 eV. El monóxido de carbono tiene un P.I. de 14,01 eV y no puede ser ionizado con una lámpara P.I.D.

Medición de aerosoles

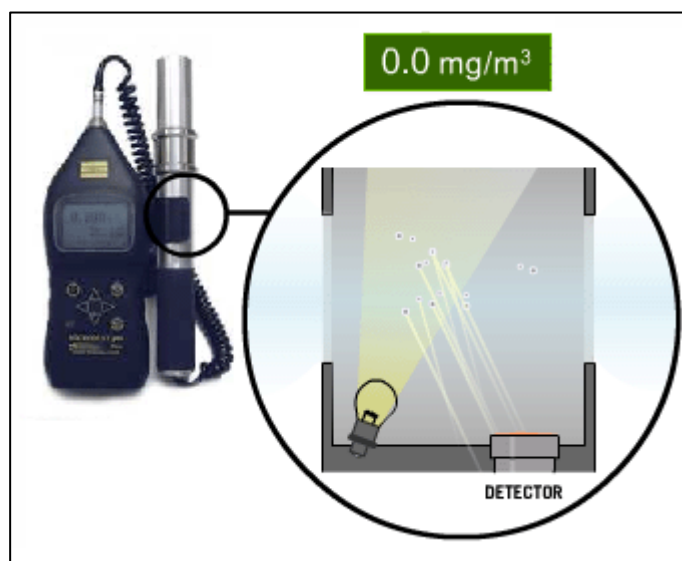
Para la medición de aerosoles usaremos los **Instrumentos ópticos**.

Instrumentos ópticos

Se basan en la extinción de luz al pasar a través de un aerosol.

Funcionamiento:

Los instrumentos ópticos proyectan una luz incidente sobre la cámara de medición por donde pasa un volumen determinado de aire que contiene el aerosol a medir. Las partículas de los aerosoles dispersan la luz, para un ángulo determinado de dispersión, según el tamaño de las partículas, su forma y su índice de refracción. Finalmente, un detector registra la cantidad de luz dispersada, para un ángulo determinado de dispersión, que es proporcional a la concentración de aerosol en mg/m^3 .



Instrumentos eléctricos

Se basan en la interacción partícula - carga. Existen dos tipos de instrumentos:

- En el primero, las partículas adquieren una carga eléctrica proporcional a su tamaño al pasar a través de una nube de iones. La cuantificación se realiza por interacción de dichas partículas cargadas con un campo eléctrico.
- En el segundo, se mide la intercepción de un haz de iones debido a la presencia del aerosol.

Instrumentos piezoeléctricos

Se mide la masa del aerosol por el cambio en la frecuencia de resonancia de un cristal piezoeléctrico de cuarzo. Esta alteración se produce por la precipitación de las partículas en la superficie del cristal.

Instrumentos de Medición y Muestreo

Toma de Muestras

Toma de muestras de contaminantes químicos

La **toma de muestras** es un procedimiento mediante el cuál se captan los contaminantes presentes en el aire.

Proceso

Para obtener la concentración de contaminantes en una muestra necesitamos:

- **Toma de muestra:** retención del contaminante presente en el aire sobre un soporte de captación adecuado → **MUESTRA**
- Enviar la muestra al laboratorio de análisis, donde se recupera el contaminante, se prepara y se analiza siguiendo un procedimiento analítico establecido → **ANÁLISIS**



Antes de realizar una toma de muestras tendremos en cuenta:

- El sistema de captación y soporte de la muestra
- El volumen a muestrear (o el tiempo de muestreo)
- Caudal de captación

MEJOR ESTRATEGIA DE MUESTREO → > REPRESENTATIVIDAD A < COSTE

Una mejor estrategia de muestreo nos proporcionará una mayor representatividad de la concentración de contaminante a un menor coste.

Los factores que debemos tener en cuenta a la hora de asociar un contaminante a un soporte son:

- **El tipo de soporte de captación:**

Es conveniente conocer qué tipo de soporte vamos a utilizar para realizar la toma de muestras de los contaminantes ya que, según su naturaleza, su capacidad, su calidad o su eficacia, son más adecuados para uno u otro tipo de contaminante, en función de sus propiedades físicas y químicas.

- **La cantidad de muestra:**

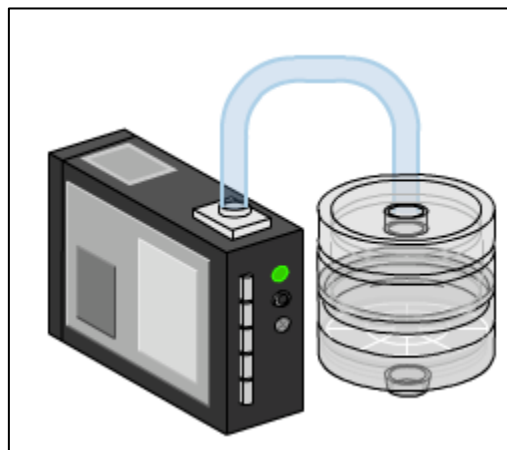
El soporte debe ser el adecuado para recoger la cantidad de muestra necesaria. Esto permitirá poder analizar con mayor exactitud la concentración de contaminante. Una cantidad de muestra, tanto, excesiva como escasa puede afectar negativamente en: la determinación analítica, quedando fuera del margen de trabajo del método analítico.

- **Las interferencias:**

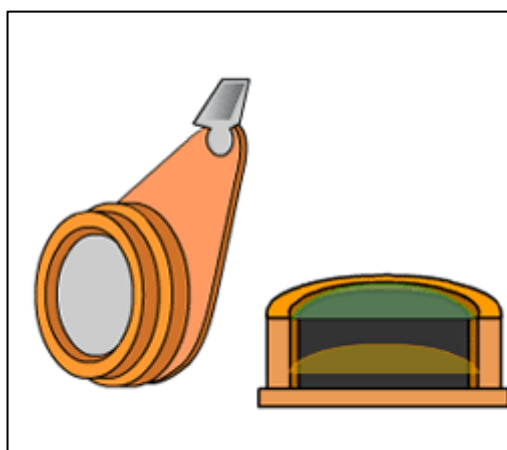
La toma de muestras de un contaminante puede verse interferida por la presencia de otros contaminantes en el ambiente. Elegir un soporte de captación adecuado para realizar la toma de muestras nos permitirá reducir e incluso eliminar este riesgo.

Tipos de sistemas de toma de muestra

- **Activos:** la obtención de la muestra se realiza mediante el paso de aire por un soporte de captación, que retiene las partículas del contaminante, con la ayuda de una bomba de aspiración de caudal regulable.



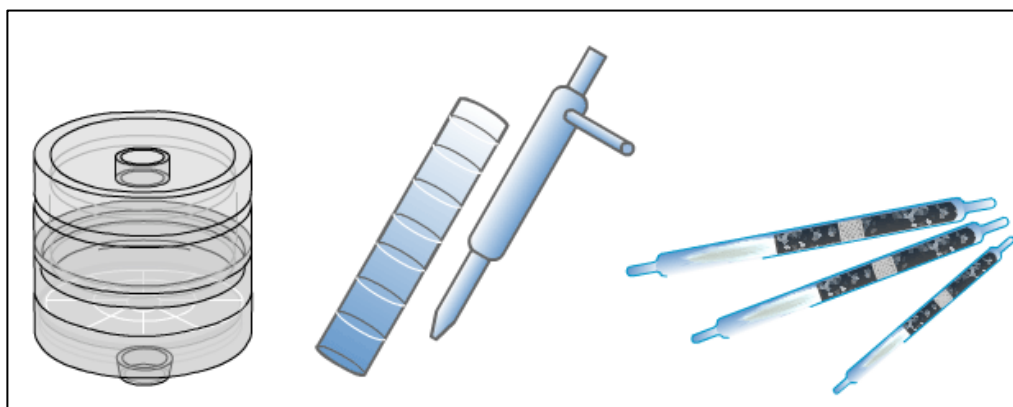
- **Pasivos:** es el propio contaminante el que por fenómenos de difusión y permeación alcanza el soporte de la muestra y se reparte uniformemente en su seno.



Sistemas de muestreo activos

Los principales **tipos de soportes** son:

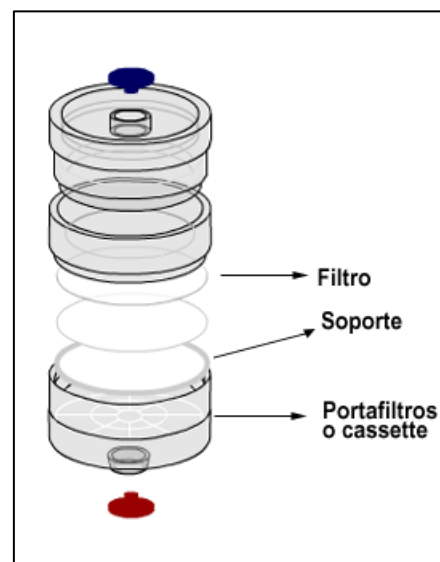
- **Filtros**
 - Filtro de 37 mm
 - Filtro de 25 mm
 - Ciclón
- **Soluciones absorbentes (impingers o borboteadores)**
- **Tubos adsorbentes**



Filtros de 37 mm

El sistema de captación sobre filtros se basa en hacer pasar un volumen de aire a través de un filtro montado en un portafiltro o cassette. La retención de las partículas del contaminante se produce por fenómenos de tamizado, inercia, gravedad y fuerzas electrostáticas, sobre un soporte material o membrana porosa, denominado filtro. La unidad de captación básica la constituyen:

- **Filtro:** su naturaleza puede ser muy variada (ésteres de celulosa, PVC, fibra de vidrio, plata, policarbonato, teflón, etc.), y su tamaño de poro oscila entre 0.45 y 5 micras (el más utilizado es el de 0.8 micras).
- **Soporte:** generalmente de celulosa, no es un soporte de captación, su utilización es básicamente para sostener, evitar que se arrugue el filtro debido al vacío y adaptar mejor el filtro dentro del cassette.



- **Portafiltros o cassette:** Generalmente de poliestireno, y puede estar constituido por dos o tres cuerpos o secciones. Para la mayoría de contaminantes es optativo utilizar un tipo u otro de cassette, pero con la utilización de uno de tres cuerpos se suele mejorar la distribución de la materia particulada sobre el filtro y evitar la formación de colmataciones en la zona central.

Ventajas

- Fácil manejo
- Fiable
- Fácil transporte
- Fácil conservación de las muestras

Limitaciones

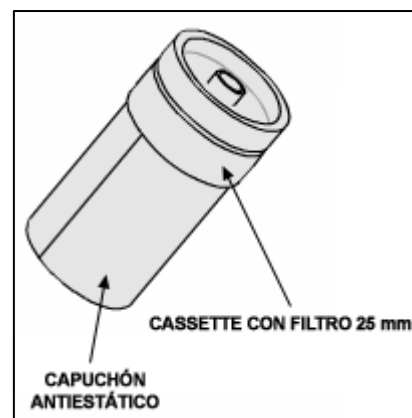
- Cantidad de muestra muy pequeña → por debajo del límite de detección del método analítico
- Cantidad de muestra muy grande → saturación del filtro

Aplicación

- Filtros de 37 mm: contaminantes en forma particulada:
 - Polvos
 - Nieblas
 - Humos, etc.

Filtros de 25 mm

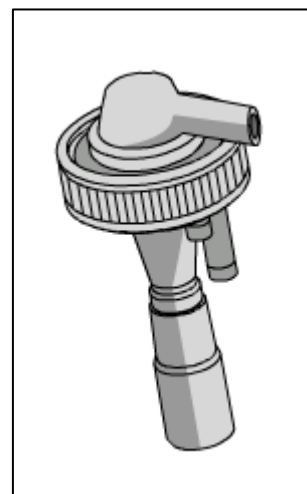
Para el **muestreo de fibras de amianto** usaremos un filtro de 25 mm de diámetro cuadrado, 1,2 micras de poro y un capuchón metálico. Este capuchón evita que las fibras queden adheridas a la pared del filtro por cargas electrostáticas y, además, permite que se distribuyan uniformemente en el filtro para facilitar su contaje por microscopía óptica de contraste de fases.



Ciclón

El **ciclón** se utiliza para **captar partículas de polvo de fracción respirable**.

Mediante el uso de un ciclón las partículas de contaminante más ligeras, consideradas como fracción respirable, son atraídas hacia el filtro quedando allí retenidas, mientras que las de mayor tamaño caen a un depósito de goma, situado en la parte inferior del ciclón. Este funcionamiento se basa en un sistema de centrifugación que simula el proceso natural del sistema bronquial.

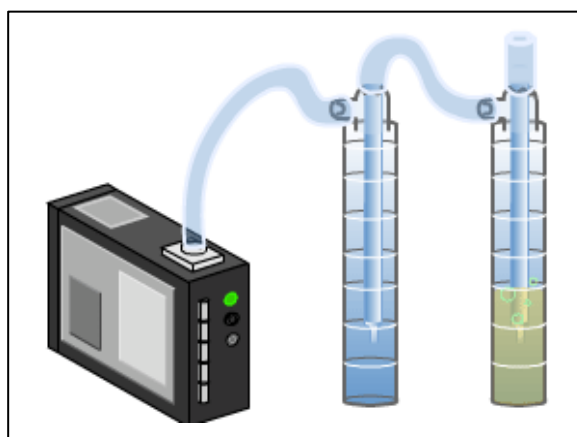


Soluciones absorbentes (impingers o borboteadores)

Los impingers o borboteadores con soluciones absorbentes se basan en **hacer pasar un volumen determinado de aire a través de una solución absorbente**. El aire entra por el cabezal del impinger hasta llegar a la solución absorbente apropiada contenida en el vaso. Cuando el contaminante entra en contacto con esta solución queda retenido por absorción.

La unidad de captación está constituida por:

- Impinger o borboteador.
- Solución absorbente.
- Trampa para proteger el equipo muestreador de posibles arrastres o reabsorciones de la solución absorbente.
- Cada impinger consta de dos piezas: el cuerpo o vaso (generalmente de 30 ml) y el cabezal (con el borboteador terminal simple o de vidrio fritado)



Ventajas

- Preparación rápida de la muestra
- Metodología analítica simple

Limitaciones

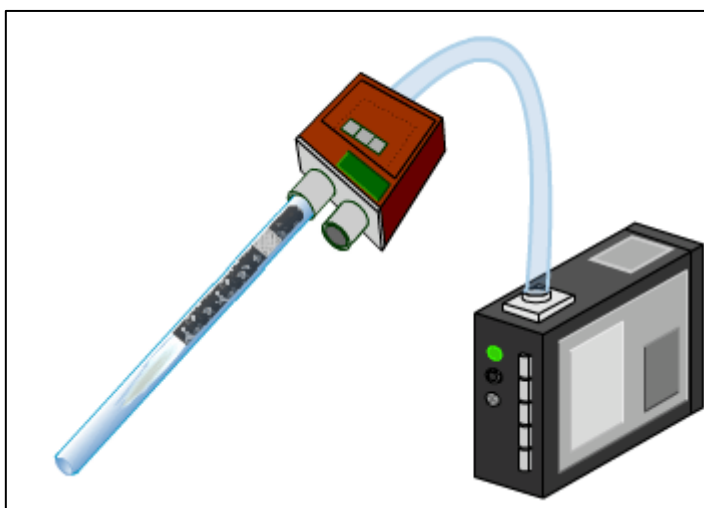
- Dificultad de manejo
- Facilidad de contaminación
- Dificultad de transporte
- Inestabilidad de las muestras en disolución

Aplicaciones

- Aerosoles líquidos
- Vapores
- Gases

Tubos adsorbentes

En el caso de los tubos adsorbentes, se hace **pasar un volumen determinado de aire a través de un tubo de vidrio relleno de un material sólido**, generalmente carbón activo, que retiene, mediante adsorción gases y vapores. Además, este tubo incluye un filtro de lana de vidrio que impide el paso a otro tipo de contaminantes en forma particulada. El modelo de tubo más corriente es el que dispone de dos secciones adsorbentes separadas entre sí: una sección frontal, que actúa como verdadero soporte de la muestra, y una sección posterior, que contiene menor cantidad y que actúa como control de la saturación de la primera.



Adaptador de caudal

La toma de muestras con tubos adsorbentes requiere el uso de un adaptador de bajo caudal ya que con tubos de carbón activo se debe muestrear a un caudal tan bajo que la bomba no sería capaz de mantener estable.

Ventajas

- Aplicación a un gran número de contaminantes
- Alto grado de selectividad eligiendo un adsorbente adecuado
- Gran sencillez y bajo coste
- Método eficaz y fiable
- Buena estabilidad de las muestras
- Fácil manejo

Limitaciones

- La presencia simultánea de otros contaminantes y la humedad ambiental elevada, pueden llegar a saturar el material adsorbente del tubo.

Aplicación

- Vapores
- Gases

Soportes mixtos

Las características físicas y químicas de algunas sustancias obligan a utilizar, en ocasiones, soportes mixtos para su captación. Normalmente deben hacerse montajes con dos tubos de adsorción en serie o un filtro precediendo a un tubo de adsorción o a un impinger.

Tipos de soportes mixtos:

- **Acrilamida:** filtro de fibra de vidrio seguido de tubo de gel de sílice (150/75 mg).
- **Aldrín:** filtro de fibra de vidrio seguido de impinger conteniendo 15 ml de isooctano.
- **Cloruro de metilo:** dos tubos de carbón activo conectados en serie, el primero de 400/200 mg y el segundo de 100/50 mg.
- **Hidrocarburos aromáticos policíclicos:** filtro de teflón (PTFE) en serie con un tubo XAD-2 (100/50 mg).

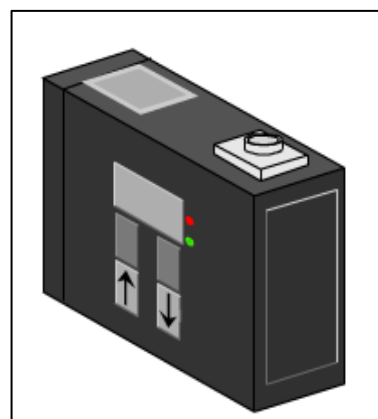
Bombas para el muestreo de agentes químicos

Como hemos visto hasta ahora el muestreo de contaminantes químicos en el ambiente con sistemas activos requieren la utilización de una bomba de aspiración de aire. Debemos ajustar estas bombas al caudal indicado en el método de muestreo, en el único caso en el que podemos hablar de calibración es cuando utilizemos una bomba con sensor interno de caudal, comprobando que el caudal indicado en el display de la misma corresponde al marcado por el calibrador.

Tipos de bomba

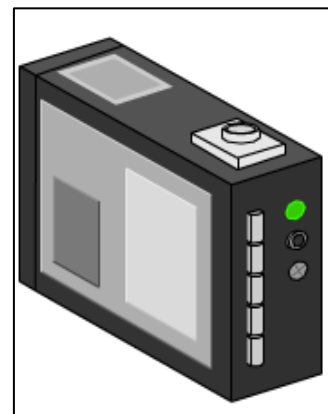
■ Con sensor interno de caudal

En el caso de las bombas con sensor interno, el caudal de aire al que aspiran se controla mediante un sensor. No obstante periódicamente es necesario calibrar dicho sensor.



■ Sin sensor interno de caudal

El caudal al que aspiran las bombas sin sensor interno se ajusta mediante un tornillo, de forma que cuanto más se aprieta más alto es el caudal al que aspiran y viceversa.



Características de las bombas de aspiración

- Tamaño y peso reducido
- Autonomía de funcionamiento de 8-14h.
- Rangos de caudal: bajo (0.02-0.5 L/ min.) y alto (0.5-4.5 L/min.). Su elección vendrá marcada por el tipo de soporte y las necesidades del método analítico.
- Caudal de aspiración constante.
- Posibilidad de regular el caudal de aspiración.
- Factores a tener en cuenta
- Resistencia física.
- Autonomía.
- Servicio de reparación y asistencia técnica de la empresa proveedora.
- Efecto memoria en las recarga de baterías (Ni-Cd)
- Mantenimiento.

En el mantenimiento de las bombas se debe tener en cuenta el efecto memoria de las baterías de Ni-Cd. Se produce cuando, de forma repetida, cargamos la batería de la bomba antes de que se haya descargado.

Lo que sucede es que parte de la capacidad de la batería se inhabilita de forma que la batería no se llega a descargar totalmente, perdiendo horas de autonomía.

Ajuste / Calibración de las bombas

Antes de utilizar una bomba de aspiración para tomar una muestra se tienen que ajustar para garantizar que aspiran el caudal de aire deseado. Una vez ajustada la bomba se puede determinar el caudal al que se quiere que aspire.

Podemos ajustar una bomba de aspiración con un calibrador de bureta invertida, un calibrador de burbuja digital o un calibrador seco, entre otros.

Para ajustar una bomba la conectaremos al soporte con el que vayamos a realizar la toma de muestra y éste al calibrador.

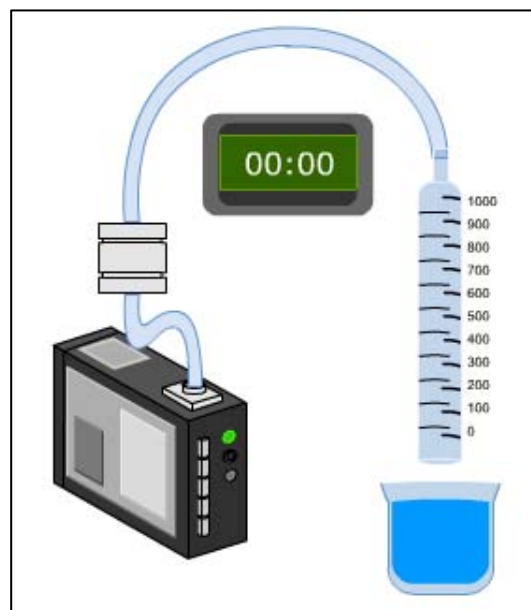
En el único caso en el que no se debe intercalar soporte alguno entre la bomba y el calibrador es cuando deseemos calibrar el sensor de una bomba con sensor interno de caudal empleando un calibrador de burbuja.

■ **Ajustar una bomba sin sensor interno mediante el método de bureta invertida**

- El método de bureta invertida consiste en la generación de una burbuja empleando una solución jabonosa contenida en un recipiente. Al poner en funcionamiento la bomba la burbuja comienza a ascender verticalmente por la bureta. En ese momento debemos cronometrar el tiempo que tarda la burbuja jabonosa en recorrer la distancia entre los dos puntos determinados en la bureta graduada.

Para saber el caudal al que está aspirando la bomba aplicaremos la siguiente **fórmula** sustituyendo los valores conocidos, volumen y tiempo.

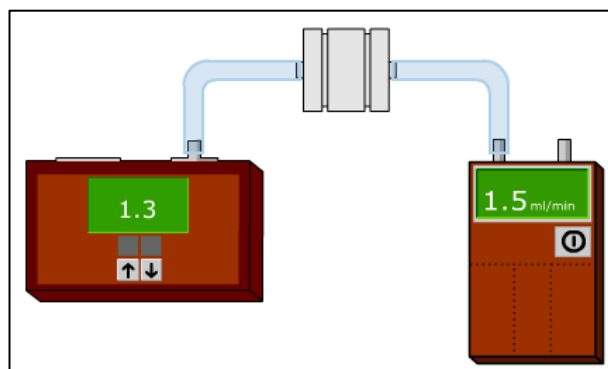
$$Q = \frac{V(L) \times 60}{T(S)}$$



Es importante tener en cuenta la pérdida de carga. La pérdida de carga es la resistencia que ofrece al paso del aire a través del soporte utilizado para la captación del contaminante. Por ello el ajuste se realiza empleando un soporte del mismo tipo que se emplea en el muestreo y se comprueba antes y después de dicho muestreo que el caudal de la bomba no ha variado en más o menos un 5% del caudal inicial, de lo contrario se desechará la muestra.

■ **Calibrar una bomba con sensor interno mediante un calibrador seco.**

- Hacer un cero interno del calibrador seco.
- Encender la bomba en modo CAL.
- Conectar la bomba al soporte y al calibrador.
- Ajustar el caudal de la bomba mediante los controles de caudal (botones de flecha) indicando a la bomba el caudal marcado por el calibrador.
- Apagar la bomba.
- El sensor interno de la bomba ya está calibrado, para utilizarla la encenderemos en modo normal y ajustaremos el caudal al que nos indique el método de muestreo.

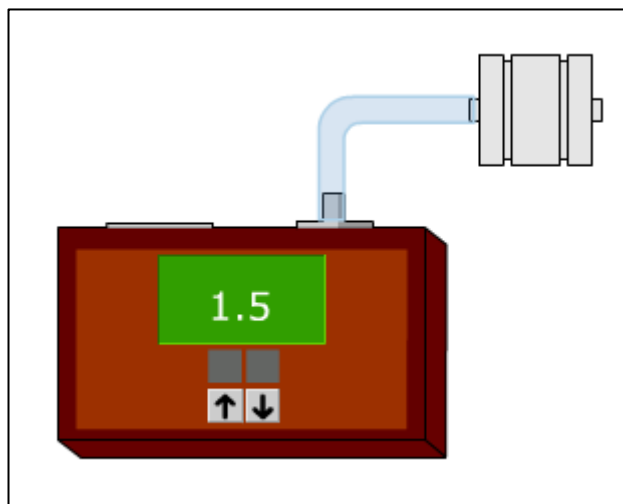


Nota: En el único caso en el que, al calibrar, no se debe intercalar un soporte del tipo que emplearemos en el muestreo, es cuando calibremos el sensor de una bomba con sensor interno mediante un calibrador de burbujas.

¿Cómo realizar una toma de muestras?

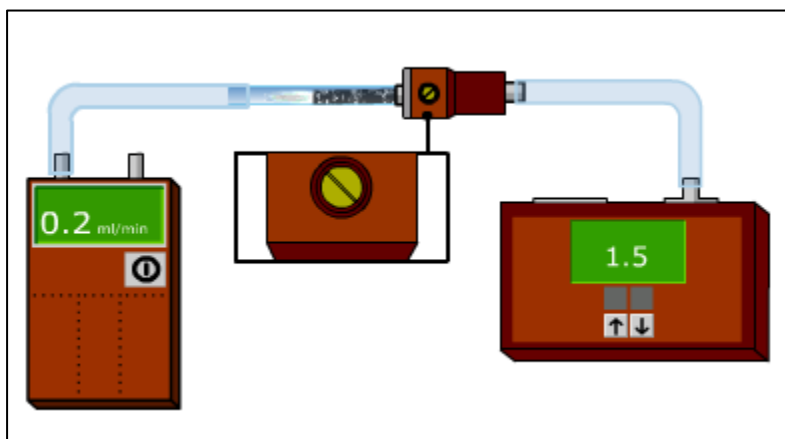
Una vez hemos calibrado la bomba y ajustado al caudal adecuado ya podemos realizar la toma de muestras del contaminante, para ello, seguiremos los siguientes pasos:

- Regular el caudal de aspiración de la bomba según el contaminante a muestrear.
- Muestrear durante el tiempo necesario según normativa.
- Enviar la muestra al laboratorio.
- Realizar los cálculos necesarios para obtener la concentración de contaminante.
- Calcularemos la concentración de contaminante presente en el ambiente mediante una serie de fórmulas indicadas en la guía de agentes químicos.
- Evaluar la posibilidad de existencia de peligro higiénico.



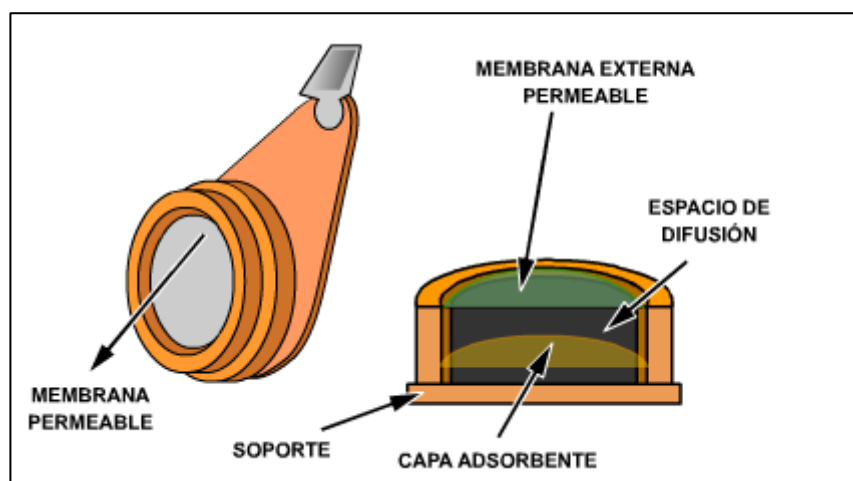
Ajustar una bomba cuando el soporte es un tubo adsorbente

- Para tomar muestras a bajo caudal ($< 1\text{ l/min}$) usaremos un adaptador de bajo caudal. Es un dispositivo que permite ajustar el caudal de aspiración a un nivel que la bomba por si sola no podría mantener.
- Por ello, el conjunto adaptador-soporte forma uno solo y al igual que en los casos anteriores se intercala entre la bomba y el calibrador. El ajuste se realiza actuando sobre los tornillos del adaptador. La bomba estará regulada a $1,5\text{ l/min}$.



Sistema de muestreo pasivo

En los sistemas de muestreo pasivos la captación de gases o vapores tiene lugar debido a fenómenos de difusión y permeación a través de un soporte. Cuando se introduce el monitor pasivo en un ambiente contaminado, las moléculas de contaminante se mueven atravesando la membrana permeable, se difunden y quedan adsorbidas sobre la capa de adsorbente. En la interfase, situada entre la capa de adsorbente y el espacio de difusión, la concentración de contaminante es casi nula, porque las moléculas que llegan allí son rápidamente adsorbidas. El proceso de difusión continuará mientras exista una diferencia de concentración entre el exterior de la capa adsorbente y la superficie de la misma. Cuando la capa adsorbente se sature, la concentración del contaminante en la interfase aumentará hasta igualar la del exterior, momento en el cual cesará el proceso de difusión. La concentración de contaminante en el soporte será proporcional a su concentración en el exterior del monitor y al tiempo de duración del muestreo.



Ventajas

- Fácil uso
- Fácil transporte
- Método eficaz y fiable

Limitaciones

- Invariabilidad del caudal de muestreo
- Sensibilidad a factores ambientales
- Coste elevado
- Posibilidad de saturación en muestreos excesivamente largos

Aplicación

- Gases y vapores
- Contaminantes específicos (formaldehído, vapores de mercurio, óxido de etileno)