



Evaluación de las emisiones difusas mediante la utilización de captadores pasivos

| | | |
|-------------------------|-----------|------------|
| Nº Instrucción Técnica: | Revisión: | Fecha: |
| ATM-E-ED-07 | REV. 1 | 18-06-2018 |

| Seguimiento de revisiones | | |
|---------------------------|------------|---|
| Número | Fecha | Motivo |
| 0 | 12-07-2013 | Publicación inicial. |
| 1 | 18-06-2018 | Incorporación de aclaraciones. Actualización normativa. |



INDICE

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | OBJETO | 4 |
| 2 | ÁMBITO DE APLICACIÓN | 4 |
| 3 | DEFINICIONES | 4 |
| 4 | FUNDAMENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN PASIVO | 4 |
| 5 | FACTORES A CONSIDERAR EN LA UTILIZACIÓN DE CAPTADORES PASIVOS | 6 |
| 5.1 | Elección del absorbente | 6 |
| 5.2 | Geometría del captador | 7 |
| 5.3 | Efectos de los factores ambientales | 7 |
| 5.3.1 | Temperatura y presión | 8 |
| 5.3.2 | Humedad | 8 |
| 5.3.3 | Variaciones bruscas de la concentración exterior de los contaminantes | 8 |
| 5.3.4 | Velocidad del viento | 9 |
| 6 | TIPOS DE DISPOSITIVOS | 10 |
| 6.1 | Método de medición pasivo “tipo filtro” (por ejemplo Ogawa) | 11 |
| 6.2 | Método de medición pasivo “tipo tubo” (por ejemplo Palmes) | 12 |
| 6.3 | Método de medición pasivo “tipo radial” (por ejemplo Radiello) | 14 |
| 7 | PROCEDIMIENTO DE UTILIZACIÓN | 16 |
| 7.1 | Operativa | 17 |
| 7.2 | Transporte y almacenamiento | 18 |
| 8 | PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS | 18 |
| 9 | CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN | 19 |
| 10 | UTILIZACIÓN DE OTROS CAPTADORES PASIVOS | 19 |
| 11 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 19 |



INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Captador pasivo Ogawa | 11 |
| Figura 2. Elementos del captador pasivo Ogawa | 12 |
| Figura 3. (a) y (b) Tubo Palmes. (c) Esquema de funcionamiento. | 12 |
| Figura 4. Espectrofotómetro utilizado para el análisis de tubos y ejemplos de tubos captadores (NO ₂ los dos de arriba –blancos- y O ₃ los dos de abajo –azules-) | 13 |
| Figura 5. Contenedor especial de protección de los tubos captadores | 13 |
| Figura 6. Captador pasivo Radiello montado. Cartucho o filtro impregnado. Captador desensamblado. | 14 |
| Figura 7. Esquema del fundamento de la difusión radial | 15 |
| Figura 8. Imagen de colocación | 15 |
| Figura 9. Detalle de colocación y fundamento de la difusión radial | 16 |



1 OBJETO

El objeto de esta instrucción técnica es definir los criterios para cuantificar las emisiones difusas de contaminantes atmosféricos mediante la utilización de captadores pasivos.

2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

El ámbito de aplicación de la presente instrucción técnica son las instalaciones incluidas en el Catálogo de Actividades Potencialmente Contaminadoras de la Atmósfera (CAPCA), ubicadas en la Comunidad de Madrid, para las cuales se han establecido la necesidad de realizar controles de emisión difusa de parámetros compatibles con la captación pasiva.

Debido al mecanismo de difusión, la captación pasiva sólo es posible para sustancias en fase gaseosa o de vapor. La determinación mediante captadores pasivos se empleará únicamente para los parámetros que se han indicado en la instrucción técnica ATM-E-ED-01 como compatibles con este tipo de captación.

Para la utilización de estos soportes de muestreo será necesario tener un conocimiento exacto del coeficiente de difusión para cada contaminante y tipo de captador. Por otro lado, la sensibilidad del captador pasivo a factores ambientales físicos y químicos deberá ser mínima.

3 DEFINICIONES

- **Emisiones difusas:** Toda descarga a la atmósfera, no realizada por focos canalizados, continua o discontinua, de partículas o gases procedentes directa o indirectamente de cualquier fuente susceptible de producir contaminación atmosférica. Quedan incluidas las emisiones no capturadas liberadas al ambiente exterior por ventanas, puertas, respiraderos y aberturas similares, o directamente generadas en exteriores.

4 FUNDAMENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN PASIVO

El procedimiento pasivo de captación de muestras tiene su fundamento en los fenómenos de difusión y permeación. De esta forma, las moléculas de un gas, que están en constante movimiento, son capaces de penetrar y difundirse espontáneamente a través de la masa de otro gas, hasta repartirse uniformemente en su seno. Igualmente, dichas moléculas pueden atravesar una membrana sólida que presente, para la molécula gaseosa en cuestión, una determinada capacidad de permeación.

En el difusor pasivo se produce un gradiente de concentraciones del contaminante a determinar entre la concentración en el ambiente exterior y la concentración nula de este contaminante en el aire interior del agente absorbente. Este gradiente de concentraciones es la fuerza que mueve, por difusión, al contaminante desde el ambiente exterior, a través del captador, hasta llegar al absorbente.

La Ley de Fick se basa en que las moléculas de gas se difunden en todas direcciones con igual probabilidad. De la suma de todos los movimientos resulta un transporte neto en la dirección de la concentración decreciente, puesto que el número de moléculas que se mueve desde un punto en una determinada dirección, es directamente proporcional a la concentración en dicho punto. Se puede entender también como si la difusión intentara eliminar el gradiente de concentraciones existente en un determinado espacio, con el movimiento de moléculas hacia las zonas donde hay carencia de ellas.

La Ley de Fick se expresa mediante la siguiente ecuación (1):

$$F = D \frac{[X]}{L}$$

siendo,

F: Flujo del contaminante X, en moles por centímetro cuadrado y minutos ($\text{mol}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$)

D: Coeficiente de difusión del gas, en centímetros cuadrados por minuto (cm^2/min)

[X]: Concentración ambiental del contaminante X, en moles por centímetro cúbico (mol/cm^3)

L: Longitud de la zona de difusión, en centímetros (cm)

La cantidad de gas Q (en moles), que difunde a través de un captador pasivo con un área a (en cm^2) y una longitud L (en cm) por unidad de tiempo t (en min), viene determinado por la siguiente ecuación (2):

$$Q = F * a * t$$

sustituyendo el valor de F de la ecuación (1) obtenemos la siguiente ecuación (3):

$$Q = D * \frac{[X]}{L} * a * t$$

Teniendo en cuenta que el coeficiente de captación, S (en cm³/min) viene definido por la ecuación (4):

$$S = \frac{D \cdot a}{L}$$

Sustituyendo la expresión (4) en la ecuación (3) se obtiene:

$$Q = S \cdot [X] \cdot t$$

y despejando:

$$[X] = \frac{Q}{S \cdot t}$$

Por lo tanto, conociendo el coeficiente de captación S del captador pasivo, la cantidad de gas en moles que ha difundido a través del captador (Q) y el tiempo que ha estado expuesto el captador (t) se conoce la concentración ambiental promedio del contaminante X, en el aire durante el periodo muestreado.

5 FACTORES A CONSIDERAR EN LA UTILIZACIÓN DE CAPTADORES PASIVOS

5.1 Elección del absorbente

El funcionamiento del captador pasivo depende críticamente de la selección y uso del absorbente, el cual, debe tener una eficiencia de absorción elevada para el contaminante que se desea determinar. De esta forma, la presión de vapor residual del contaminante muestreado en la superficie del absorbente debe ser muy pequeña en relación a la concentración del contaminante en el ambiente. Con ello, la velocidad de captación será elevada.

En el caso de utilizar un absorbente débil, la presión de vapor del contaminante muestreado en la superficie del absorbente no es nula, por lo tanto, la diferencia de concentraciones entre el ambiente y el captador, que es la fuerza impulsora del proceso de difusión, es menor y la velocidad de captación es baja.

Otra manifestación de una mala elección del absorbente es la retrodifusión o difusión inversa. Esto puede suceder cuando después de un tiempo de muestreo, la concentración del contaminante es mayor en la superficie del absorbente que en el ambiente externo, por lo tanto la fuerza impulsora de la difusión se produce en dirección contraria.

De forma general, en esta instrucción técnica, se hará referencia a procesos de absorción, puesto que muchos de los materiales de captación están impregnados con reactivos que interaccionan con el contaminante a determinar. No obstante, se pueden dar adicional o alternativamente, procesos de adsorción, como en el caso de que el captador sea de carbón activo, material que no reacciona con el contaminante retenido.

5.2 Geometría del captador

La geometría del captador es un aspecto clave que afecta al coeficiente de captación S , o también llamado caudal equivalente, tal y como muestra su propia definición (expresión (4) del punto 4 anterior):

$$S = \frac{D \cdot a}{L}$$

La sección transversal del captador, a , y la longitud de la zona de difusión en el interior del captador, L , determinan principalmente el coeficiente de captación S o velocidad de captación para un contaminante determinado.

El coeficiente de captación es por tanto fijo para un gas o vapor concreto y puede únicamente ser alterado con cambios en el tamaño o forma de los captadores.

Los captadores que tienen forma de tubo (muestreo a través de un extremo abierto –sección pequeña-), tienen generalmente coeficientes de muestreo pequeños, del orden de 1 ml/min o menos). Los captadores en forma de disco o placa (badge-type) tienen un coeficiente de captación intermedio, del orden de 10 ml/min. Los captadores radiales, en forma de tubo, pero muestreando a través de las paredes y no por un extremo abierto, tienen los coeficientes de muestreo más elevados, del orden de 100 ml/min.

5.3 Efectos de los factores ambientales

Los factores ambientales pueden afectar a los captadores pasivos. Entre ellos, podemos destacar la velocidad del aire, las variaciones bruscas de la concentración en el exterior de los contaminantes, la humedad, la temperatura y la presión. Los más importantes de todos ellos son la temperatura y la presión, los cuales afectan directamente al coeficiente de difusión D y pueden afectar también la capacidad de absorción del absorbente.



5.3.1 Temperatura y presión

En el caso de difusores pasivos ideales, la dependencia del flujo de contaminante muestreado con respecto a la temperatura y la presión está marcada por el coeficiente de difusión del analito. La dependencia del coeficiente de difusión, y por lo tanto, del flujo de difusión, se muestra en la siguiente expresión:

$$D = f(T^{n+1}, P^{-1})$$

$$0,5 < n < 1$$

La dependencia del Flujo de contaminante F con la temperatura es del orden de 0,2-0,4 % por cada grado Kelvin. En el caso de un captador no ideal, la dependencia con la temperatura del flujo de contaminante, será compensada con la dependencia del coeficiente de absorción del analito con la temperatura.

En cualquier caso, es necesario conocer la temperatura media y la presión media a lo largo del periodo de muestreo.

5.3.2 Humedad

La humedad puede afectar a la capacidad de absorción de absorbentes hidrofílicos, tal como el carbón vegetal. La humedad normalmente reduce el tiempo de exposición a una concentración determinada, puesto que aparece una concentración de analito en la superficie absorbente que hace que el muestreo pase a ser no lineal.

La condensación en las paredes internas expuestas de los captadores “tipo tubo” o en las rejillas de corriente, producidas por elevadas humedades, puede alterar el comportamiento de absorción. Algunos absorbentes sólo son efectivos en condiciones húmedas, por lo que una sequedad excesiva, puede llegar a paralizar el proceso de absorción.

5.3.3 Variaciones bruscas de la concentración exterior de los contaminantes

Las ecuaciones obtenidas de la Ley de Fick, asumen que el proceso se produce en condiciones estacionarias. Sin embargo, normalmente la concentración de contaminantes en el ambiente varía ampliamente a lo largo del tiempo. La cuestión que se plantea es si un captador pasivo dará una buena respuesta integrada o por lo contrario perderá los picos de concentración antes de que puedan ser atrapados por el absorbente. El problema ha sido discutido de forma teórica y

práctica, demostrándose que no hay problema, siempre y cuando, el tiempo de muestreo total sea como mínimo diez veces superior a la constante de tiempo del captador pasivo.

La constante de tiempo del captador pasivo se define como el tiempo que necesita una molécula para difundir a través del captador en condiciones estacionarias. La constante de tiempo, para la mayoría de los captadores comerciales está entre 1 y 10 segundos y viene determinada por la expresión:

$$\tau = \frac{L^2}{D}$$

Donde:

τ : Constante de tiempo del captador pasivo (en s) y L la longitud de la zona de difusión (en cm).

5.3.4 Velocidad del viento

El movimiento del viento y la orientación de la muestra pueden afectar al funcionamiento de los captadores pasivos debido a su influencia sobre la longitud de paso difusiva. La masa captada por difusión es función de la longitud, L, y de la sección transversal, a, de la zona de difusión en el captador. La longitud de paso difusiva nominal viene definida por la geometría del captador y es la distancia entre la superficie del absorbente y la cara externa del captador.

En Europa, el promedio de la velocidad del viento está entre 1-10 m/s, pero puede descender a niveles de 0,5 m/s temporalmente en el caso de condiciones meteorológicas estables (situaciones de inversión) y/o en valles o zonas montañosas. Más aún, para el caso de fuentes de emisión local, la concentración de contaminantes es inversamente proporcional a la velocidad del viento, por lo que cualquier error de muestreo a bajas velocidades será ampliado en el promedio temporal de la medida obtenida.

Bajo condiciones de calma, con vientos de baja velocidad, no hay suficiente movimiento de aire para reponer las moléculas de gas cercanas al captador que han sido captadas por difusión. En tales condiciones, la longitud de difusión efectiva será mucho mayor que la nominal. Esto es debido a que existe una capa límite entre el aire estancado cerca del captador y el aire ambiente exterior.



Bajo condiciones de vientos fuertes, la longitud de difusión efectiva se reduce. Esto es debido a que el viento afecta la capa de aire estático del captador reduciendo la longitud efectiva de difusión y alterando la ecuación de difusión.

El problema de la variación de la longitud de paso efectiva puede ser minimizado incorporando una carcasa protectora del viento.

Los captadores “tipo tubo” normalmente no se ven afectados por las bajas velocidades del aire, a excepción de aquellos que no tengan una carcasa protectora, que si pueden verse afectados.

Los captadores “tipo disco” generalmente tienen una gran superficie transversal y una pequeña longitud de paso, por lo que estos pueden verse más afectados por las velocidades del viento que los diseños “tipo tubo”. Típicamente necesitan unas velocidades del viento mínimas de 0,2 a 0,5 m/s. Algunos captadores “tipo disco”, que no tengan una carcasa protectora adecuada, pueden verse afectados por altas velocidades del viento.

Los captadores “tipo radial” necesitan una velocidad del viento mínima de 0,25 m/s.

6 TIPOS DE DISPOSITIVOS

La variedad de modelos de muestreadores pasivos disponibles en el mercado es creciente. La diferencia fundamental entre ellos se concreta en los materiales empleados como soporte de captación, que incluyen una amplia gama de sustancias, algunas de las cuales son las mismas que se utilizan en los sistemas activos.

En general los captadores pasivos pueden clasificarse en dos tipos: específicos e inespecíficos. Los primeros están diseñados para la captación de un compuesto o un reducido grupo de compuestos en concreto, utilizando un material captador apropiado, que suele actuar por absorción química del analito.

Los captadores inespecíficos, en cambio, permiten el muestreo de un conjunto de compuestos muy amplio, utilizando un material captador de tipo adsorbente, por lo general.

Otra posible distinción entre los muestreadores pasivos se basa en la utilización de una rejilla o placa porosa para cerrar la boca del captador, propia de los dispositivos normales de difusión, o el empleo como cierre de una membrana permeable, característico de los dispositivos que actúan mediante permeación-difusión.

En cuanto a la estructura física, se da una cierta variedad de modelos, presentándose con formas circulares, rectangulares o cilíndricas, construidas con materiales diversos, siempre de dimensiones y peso muy reducidos.

6.1 Método de medición pasivo “tipo filtro” (por ejemplo Ogawa)

Este método se basa en la impregnación de filtros captadores con una solución adecuada para captar el contaminante a cuantificar, por ejemplo existen captadores de este tipo para:

- O_3 . Utilizan como solución de impregnado una de iones nitrito. El análisis se realiza por cromatografía iónica.
- NO_2 . Utilizan como solución de impregnado la trietanolamina. El análisis se realiza por reacción espectrofotométrica o por cromatografía iónica.

Un captador pasivo de este tipo es el denominado Ogawa®. Consta de un cuerpo polimérico cilíndrico (de 2 cm de diámetro x 3 cm de longitud) y un broche dentado (4 x 3 cm). Tiene dos cavidades en los extremos del cilindro, cada una de las cuales custodia, entre dos rejillas de acero inoxidable, un filtro impregnado. Las cápsulas de difusión cubren y fijan los filtros y las rejillas.

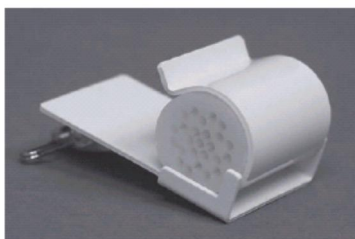


Figura 1. Captador pasivo Ogawa. (Fuente: Manual Radiello).



Figura 2. Elementos del captador pasivo Ogawa. (Fuente: Manual Radiello).

Elementos del captador pasivo Ogawa, ordenados de derecha a izquierda según la Figura 2:

1. Tapa de difusión.
2. Rejilla de acero inoxidable.
3. Filtro impregnado.
4. Rejilla de acero inoxidable.
5. Espaciador.
6. Filtro impregnado (con una rejilla de acero inoxidable por cada lado).
7. Cuerpo del difusor con tapa de difusión final.

6.2 Método de medición pasivo “tipo tubo” (por ejemplo Palmes)

Existen captadores pasivos “tipo tubo” para muestrear dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), y Ozono (O_3) principalmente. Un captador pasivo de este tipo es el denominado Palmes®. Estos tubos colectan las moléculas del contaminante objeto de medición por difusión molecular a lo largo del tubo inerte hacia un medio absorbente, tal y como se indica en la figura siguiente:

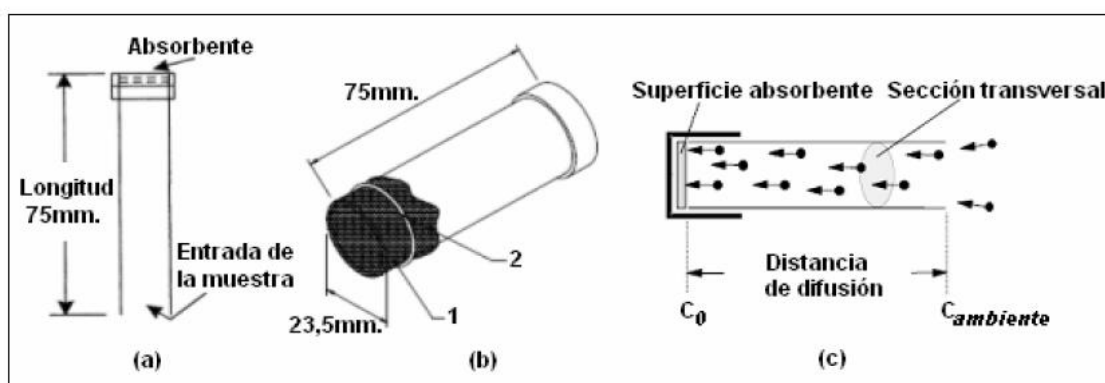


Figura 3.(a) y (b) Tubo Palmes. (c) Esquema de funcionamiento.

Estos tubos tienen diferentes conformaciones y particularidades según el contaminante a captar.



Figura 4. Espectrofotómetro utilizado para el análisis de tubos y ejemplos de tubos captadores (NO_2 los dos de arriba –blancos- y O_3 los dos de abajo –azules-). (Fuente: Manual Radiello).

Los tubos pueden disponerse en un contenedor especial para protegerlos de la lluvia, minimizar la influencia del viento y de la exposición solar. Una vez colocados se quita el tapón inferior (el de color rojo).



Figura 5. Contenedor especial de protección de los tubos captadores.

6.3 Método de medición pasivo “tipo radial” (por ejemplo Radiello)

Este captador tiene una geometría radial, la cual permite unas velocidades de difusión del gas extremadamente elevadas y constantes. El diseño radial permite una superficie de difusión mayor, lo cual repercute en una mayor sensibilidad para medir la concentración de los contaminantes.

Como ejemplo existen captadores de este tipo para: O₃, NO₂, SO₂, HF, HCl, Formaldehído, Vapores orgánicos, SH₂, NH₃, N₂O.

Un captador pasivo de este tipo es el denominado Radiello®. Este captador está formado por los siguientes componentes:

1. Soporte triangular.
2. Cartucho captador. Dicho cartucho varía según el tipo de contaminante que se va a medir.
3. Cuerpo difusor que restringe el tipo de moléculas que se difunden a través de él y minimiza la sensibilidad del sistema frente a la velocidad del viento y las turbulencias. El cuerpo difusor varía en función del gas que va a ser muestreado.
4. El adaptador sirve para cambiar la orientación del tubo difusor, permitiendo el muestreo en posición vertical y horizontal.
5. La carcasa protectora, conveniente para muestreo en exteriores, está diseñada para proteger los filtros de las inclemencias atmosféricas como la lluvia, el viento, etc.

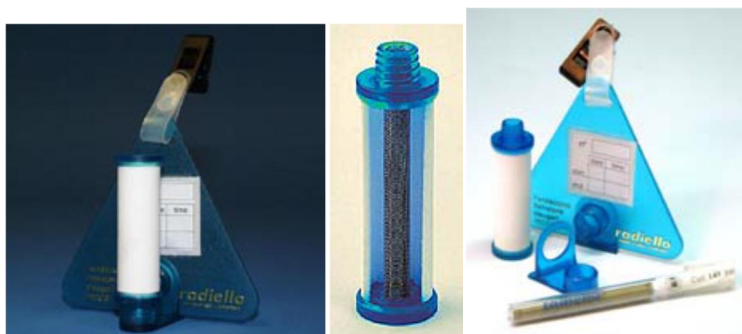


Figura 6. Captador pasivo Radiello montado. Cartucho o filtro impregnado. Captador desensamblado. (Fuente: Manual Radiello).

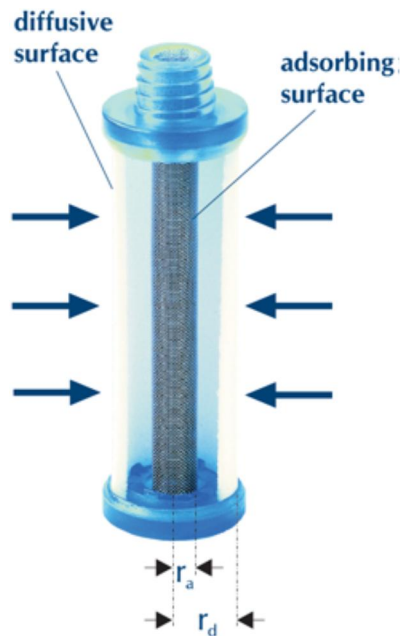


Figura 7. Esquema del fundamento de la difusión radial. (Fuente: Manual Radiello).



Figura 8. Imagen de colocación. (Fuente: Manual Radiello.)

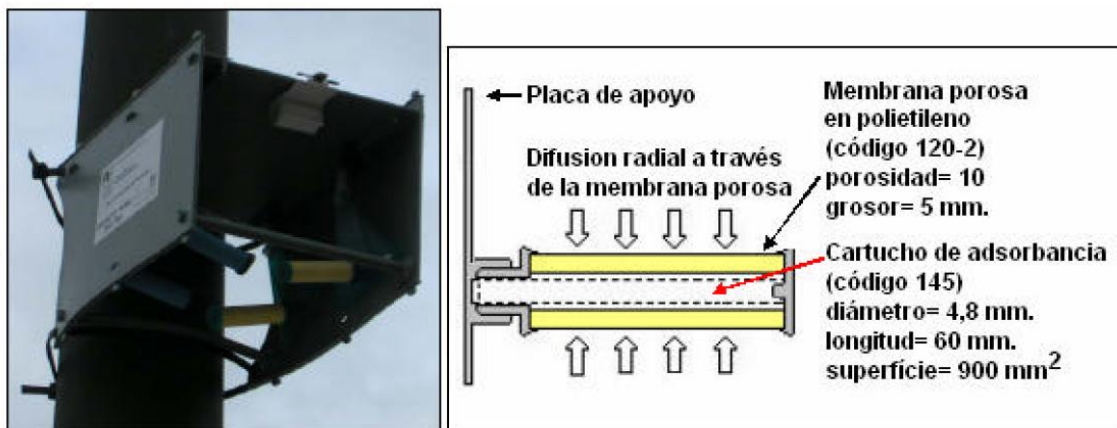


Figura 9. Detalle de colocación y fundamento de la difusión radial. (Fuente: Manual Radiello.)

7 PROCEDIMIENTO DE UTILIZACIÓN

Debido a las características de los captadores pasivos, la toma de muestras con uno de estos dispositivos sólo admite, como variable de elección, la duración del muestreo. El valor máximo para este tiempo dependerá del caudal equivalente del contaminante a determinar, de su concentración ambiental estimada, y de la capacidad de carga límite M_{max} . Del muestreador, debiéndose cumplir la relación:

$$t < \frac{M_{max}}{[X] \cdot S}$$

Como ya se ha indicado, el caudal equivalente S y también la capacidad de carga límite M_{max} son datos específicos que debe suministrar el fabricante del dispositivo utilizado.

Cuando puedan estar presentes en el ambiente varios contaminantes, se deberá considerar especialmente, el tiempo de muestreo, para evitar la saturación del captador por el conjunto de los contaminantes, o la posible disminución de la capacidad de carga límite para alguno de ellos por la influencia de otro. Un caso frecuente, en el que deberán tenerse en cuenta especialmente estas indicaciones, es cuando la humedad ambiental es alta y se realice una toma de muestras de compuestos poco polares (disolventes u otros compuestos orgánicos) con un dispositivo provisto de captador absorbente.

Otra condición a cumplir en la toma de muestras con dispositivos pasivos es que la masa de aire alrededor del captador no esté en reposo absoluto. Esta situación negativa deberá cuidarse en las tomas de muestras en ambiente. Una velocidad frontal del aire mayor de 7 cm/s es suficiente para evitar cualquier factor de desviación por este motivo.

En cuanto a la influencia de la temperatura, debe tenerse en cuenta que los valores extremos pueden producir ligeras variaciones en los resultados de los muestreos. En general, se considera posible una variación máxima en el valor experimental de la cantidad de analito captada de un 0,2% por cada $\pm 1^{\circ}\text{C}$ de diferencia de temperatura.

7.1 Operativa

Los distintos materiales que componen los captadores pasivos deben encontrarse perfectamente limpios.

La apertura y preparación de estos dispositivos deberá realizarse de modo inmediato antes de iniciar la toma de muestras. La apertura y el montaje necesario se realizarán en una zona limpia y utilizando guantes de látex o similares.

Para asegurar la representatividad de las muestras, la elección de los puntos de muestreo y la colocación de los captadores pasivos se deben realizar utilizando los mismos criterios que se han descrito, para los sistemas activos, en la instrucción técnica ATM-E-ED-02. Adicionalmente, es muy importante evitar los lugares en los que el aire pudiera estar en completo reposo. Los captadores se colocarán protegidos de la lluvia y según los casos, protegidos de la radiación solar. No se colocarán en las proximidades de emisiones directas del contaminante a determinar.

Se etiquetará el captador pasivo de tal forma que permita registrar de forma trazable, al menos los siguientes datos: el lugar de muestreo, el contaminante a captar, el día y la hora de colocación, así como las condiciones climáticas durante la colocación.

El tiempo de muestreo será el que se establezca en las normas aplicables. Para ello, se utilizarán captadores pasivos cuyas especificaciones permitan su utilización durante el tiempo de muestreo necesario.

Transcurrido el periodo de muestreo, se volverán a cerrar los captadores con cuidado, y se almacenarán y transportarán al laboratorio tal como se indica en el punto 7.2 de esta instrucción técnica. Se completará la identificación de los captadores pasivos anotando los correspondientes

tiempos de muestreo, las condiciones climáticas durante el muestreo, y otros aspectos que pudieran tener influencia en los resultados de la medida.

En los casos de toma de muestras simultáneas, para evitar una captación competitiva, es recomendable no acumular demasiados dispositivos en una vecindad inmediata. De producirse esta situación, los resultados proporcionados serían inferiores a los reales.

En cada campaña de medición, se tomará, al menos, un blanco de captador pasivo por contaminante medido. Para ello, el blanco de captador pasivo será sometido a las mismas operaciones de manipulación, incluida su apertura, que los captadores pasivos de muestra. El blanco de captador pasivo, una vez abierto, se cerrará de forma que no exista difusión de aire en su interior y se almacenará adecuadamente. Cuando se recojan las muestras, también se realizará otra manipulación del blanco, para ello se volverá a abrir y a cerrar en el punto de muestreo. A continuación se someterán a las mismas precauciones de almacenamiento y transporte que los captadores pasivos de muestra.

7.2 Transporte y almacenamiento

Las condiciones de almacenamiento y de transporte de los captadores pasivos desde el laboratorio al punto de muestreo y del punto de muestreo al laboratorio, serán las que se indican a continuación.

Los distintos componentes de los captadores deberán transportarse en condiciones que impidan su ensuciamiento. En los casos en los que sea necesario, deberán mantenerse refrigerados y protegidos de la luz y de la humedad. En todo caso, se observarán todas las especificaciones que indique el fabricante.

Los captadores pasivos deben mantenerse en todo momento, salvo el periodo de muestreo, perfectamente cerrados y al abrigo, en sus envoltorios de protección.

8 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

Se analizarán dentro del plazo máximo indicado por el fabricante, observando en todo caso las directrices de almacenamiento y conservación indicadas por dicho fabricante (por ejemplo refrigeración, protección de la luz y de la humedad, etc.). Se utilizarán las técnicas analíticas indicadas por el fabricante o en su caso las indicadas en la instrucción técnica ATM-E-ED-01.

9 CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN

La concentración se calcula con la siguiente expresión:

$$C_E = 1.000.000 \times \frac{m}{S \times t}$$

Siendo:

C_E : Concentración de contaminante expresada $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (a 293 K de temperatura y 101,3 kPa de presión).

m: Masa de contaminante captada en el sistema pasivo (μg) y determinada por el laboratorio de ensayo.

S: Coeficiente de captación (cm^3 a 293 K y 101,3 kPa /minuto), considerando en su caso el efecto que ejercen la humedad y la temperatura ambiente en la difusión.

t: Tiempo de exposición (minutos).

Nota: En el informe deberá figurar el dato del Coeficiente de captación del soporte utilizado y el tiempo de exposición.

10 UTILIZACIÓN DE OTROS CAPTADORES PASIVOS

Podrán utilizarse otros captadores pasivos distintos a los descritos en esta instrucción técnica. Para ello, el fabricante debe tener descrita completamente y validada la metodología de utilización.

11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NTP 151: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Toma de muestras con captadores pasivos.
- Manual Radiello.
- Medida de contaminantes atmosféricos. Métodos pasivos frente a métodos automáticos. Dpto. de Química Inorgánica y Orgánica, Universidad Jaume I, Castellón.