

MEDIO AMBIENTE

La resolución de un problema de contaminación comienza cuantificando la cantidad de contaminación existente, su distribución espacial y temporal, y los orígenes de la misma.



LABORATORIOS MOVILES DE MEDIDA DE CONTAMINANTES

La contaminación atmosférica es una consecuencia del desarrollo tecnológico del hombre y ha de ser resuelta, por tanto, utilizando esa misma tecnología. La primera fase de resolución de un problema es el correcto diagnóstico del origen y alcance del mismo, en este sentido la resolución de un problema de contaminación comienza cuantificando la cantidad de contaminación existente, su distribución espacial y temporal, y los orígenes de la misma.

Solamente después de esta etapa,

junto con la evaluación del impacto originado sobre el medio ambiente, se está en condiciones de abordar, con garantías de éxito, la eliminación de la raíz del problema.

En términos económicos ésta es una etapa de coste irrelevante frente a las inversiones precisas para la erradicación del problema, pero que las más de las veces no se realiza correctamente, por lo que las costosas inversiones posteriores no siempre conducen a los resultados deseados.

Desgraciadamente, con demasiada

JUAN ANTONIO CANTELI

*Ingeniero Industrial
Director Ingeniería Ambiental
AIRTEX, S.A.*

frecuencia se piensa que el problema de la contaminación es un problema de grandes inversiones y difícil resolución y cuando así resulta es porque el problema ha sido mal planteado y por tanto no tiene solución. Para la industria está ya asumiendo que hay que gastar grandes canti-



dades de dinero porque la lucha anti-contaminación así lo exige, pero que esto es tan sólo un tributo o "impuesto" que hay que pagar en aras del desarrollo económico, aún con la duda de que a pesar del esfuerzo, el problema se resuelva satisfactoriamente.

Por otro lado, la opinión pública tiene una idea diametralmente opuesta y cree que no se invierte lo suficiente para garantizar un entorno limpio. Esta dicotomía está basada en que aunque las inversiones realizadas en España se pueden evaluar en miles de millones de pesetas, se han gastando mal y el resultado obtenido no

se corresponde con el esfuerzo realizado. En otras palabras se ha gastado mucho en remedios y muy poco en el diagnóstico de la enfermedad, y no se puede remediar lo que no se conoce.

La contaminación de la atmósfera es un fenómeno dinámico como lo es el medio en el que se produce. No es posible hablar de la contaminación de una región en términos estáticos y dando cifras promedios que tan sólo sirven a nivel matemático. Decir que la concentración de anhídrido sulfuroso fue ayer de $400 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ como promedio de 24 horas, no nos indica si esta dosis se

mantuvo constante a lo largo de las 24 horas del día, o si durante dos horas hubo una contaminación tan alta que la media diaria alcanzó ese valor.

Hablar de contaminación ambiental ha de implicar hablar conjuntamente de evolución en tiempo real de dicha contaminación, de meteorología, de condiciones de difusión de contaminantes en la atmósfera, de topografía, etc., sin todo lo cual las cifras carecen de significación real.

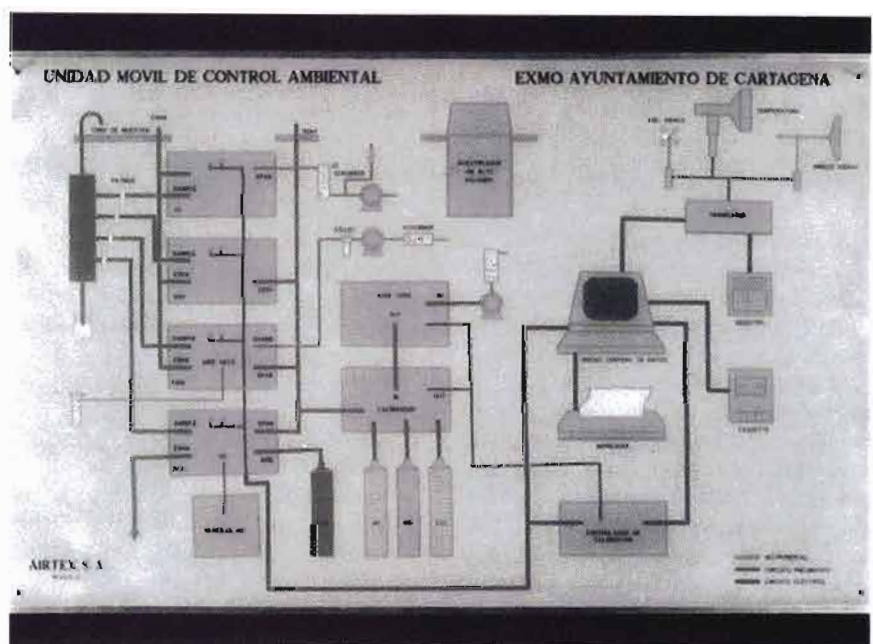
Los primeros intentos de cuantificación de los niveles de contaminación ambiental estuvieron basados en el análisis en laboratorio de muestras de aire.

Dados los bajos niveles de concentración de compuestos contaminantes cuya presencia en la atmósfera resultan nocivos para el hombre y sus bienes, la única forma de poder medirlos, por procedimientos clásicos de laboratorio, era su concentración para lograr una sensibilidad suficiente en los métodos de medida. Así pues, los aparatos de toma de muestra se situaban en un punto fijo y durante al menos 24 horas captaban aire ambiente que tras pasar por filtros y/o disoluciones absorbentes, cedía su contaminación a éstos, siendo posteriormente analizados en el laboratorio.

Así podía conocerse que pasó el día anterior en un punto concreto como promedio de 24 horas.

Evidentemente, si el punto seleccionado para la instalación del toma-

En esencia, una unidad móvil no es más que un vehículo acondicionado para portar en su interior la instrumentación precisa para medir en tiempo real y de una manera automática aquellos parámetros que se precisa conocer para el diagnóstico de un problema medioambiental.



muestras no era representativo de la zona que se quería evaluar, el dictamen no podría ser correcto y, aunque sí lo fuera, los datos se sabían un día después y sin conocer más que la media integrada de 24 horas.

El paso siguiente fue la utilización de monitores automáticos y continuos capaces de medir en tiempo real las concentraciones ambientales de diversos contaminantes y dotados de sistemas de adquisición, tratamiento y registro de datos. Incluso se dotó en algunos casos a estos monitores de transmisión de datos por radio a una estación central desde la que podía seguirse la evolución de la contaminación con el tiempo.

Este fue un paso ciertamente importante que supuso una apreciable mejora en el conocimiento de la realidad. Aún así, continuaba sabiéndose únicamente lo ocurrido en un *punto concreto*, o en una serie de puntos, dependiendo del número de estaciones de medida de la contaminación que se hubiesen instalado.

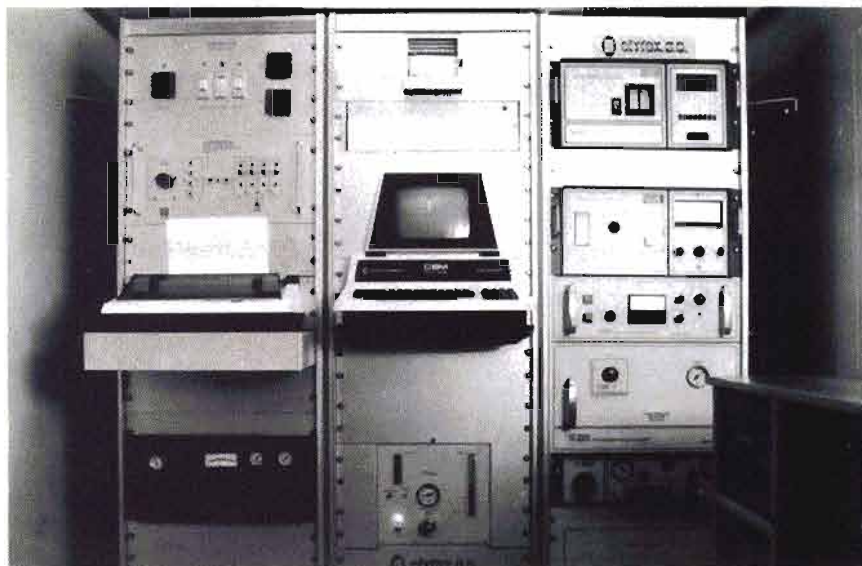
Resultaba claro que el diagnóstico sería tanto mejor cuanto más acertada hubiese sido la elección de los puntos de medida.

A pesar de aplicar una serie de experiencias y conocimientos teóricos a la determinación de la mejor ubicación de las estaciones de medida, tales como modelos matemáticos de difusión de contaminantes provenientes de focos emisores, la realidad demostraba que en la práctica las estaciones se ubicaban en los puntos donde existían las facilidades necesarias para su instalación, como por ejemplo, disponibilidad de terreno, corriente eléctrica, etc.

Además, un modelo matemático es una herramienta útil si los datos que alimentan dicho modelo son correctos y si después se "calibra" el modelo general para cada caso concreto, de lo contrario no pasa de ser una primera aproximación a la realidad que incluso puede llegar a desvirtuarla.

El último paso ha sido la utilización de unidades móviles y completamente autosuficientes que midiendo conjuntamente contaminación y meteorología, permiten rastrear el entorno y detectar el problema junto con el origen del mismo.

En esencia, una unidad móvil no es más que un vehículo acondicionado para portar en su interior la instru-



mentación precisa para medir en tiempo real y de una manera automática aquellos parámetros que se precisa conocer para el diagnóstico de un problema medioambiental.

Dependiendo del número y calidad de la instrumentación, estas unidades pueden evaluar en tiempo real parámetros tales como:

- Concentración de contaminantes en la atmósfera a nivel de suelo
- Concentración de contaminantes en la atmósfera a varios cientos de metros sobre el suelo
- Condiciones meteorológicas al nivel de 10 m
- Condiciones meteorológicas hasta 1.000 m sobre el suelo
- Condiciones de difusibilidad de contaminantes en la atmósfera

Todo esto permite un perfecto diagnóstico de una situación concreta, ya que del conocimiento de estos cinco tipos de datos, se pueden deducir una serie de conclusiones tales como:

- Detección de los puntos sensibles desde el punto de vista de concentración de contaminantes a nivel de suelo, es decir, la contaminación a la que el hombre está expuesto
- Seguimiento de los penachos de los focos emisores más allá de donde el ojo humano es capaz de percibir. Esta percepción no alcanza normalmente más de unos cientos de metros a partir de la boca de una chimenea
- Correlación entre la dirección y velocidad del viento en altura y a ni-

Evidentemente, si el punto seleccionado para la instalación de toma-muestras no era representativo de la zona que se quería evaluar, el dictamen no podría ser correcto y, aunque sí lo fuera, los datos se sabían un día después y sin conocer más que la media integrada de 24 horas.

vel de suelo, evaluando tanto la cizalladura del viento como su cambio de dirección, con lo que junto con el seguimiento de penachos, se puede establecer una correlación causa-efecto y determinar el origen del problema.

- Calibración del modelo teórico matemático de predicción de niveles de contaminación ambiental a partir de las emisiones de focos fijos.
- Determinación de la correcta ubicación de las estaciones fijas de medida de la contaminación ambiental.

Una vez estudiada una zona geográfica, conocidos los parámetros precisos y obtenidas las conclusiones apuntadas, es decir, hecho el diagnóstico de la zona, se puede pasar a la etapa de solución del problema y empezar a invertir en medidas anticontaminantes con la seguridad de que cada peseta invertida lo será en el sitio donde mayor beneficio produzca. En este punto hay que re-

saltar que una unidad móvil capaz de evaluar los parámetros antes mencionados, sólo supone una pequeña fracción del coste de una medida correctora en una instalación industrial concreta, permitiendo en contrapartida diagnosticar una amplia área en la que estarían ubicadas multitud de instalaciones industriales.

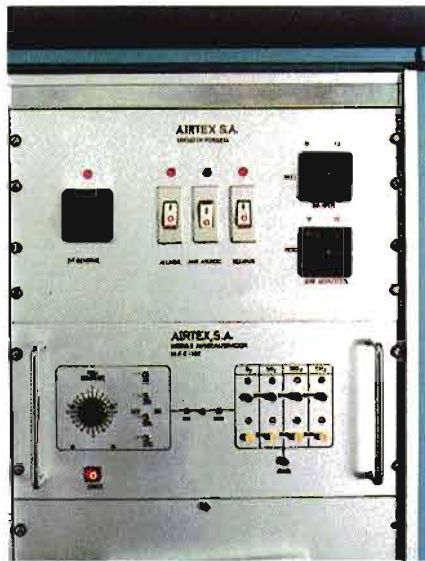
Queda fuera del alcance de un breve artículo como éste entrar en la cuestión de quién o quiénes deberían aportar los recursos económicos y humanos para la implantación de este tipo de instrumentación, apuntando tan sólo que esta herramienta es útil, tanto para la administración local, como para aquellas zonas de alta concentración industrial, donde varias empresas podrían, mancomunadamente, obtener beneficios de su disponibilidad.

Es de esperar que con la entrada de nuestro país en la C.E.E., este tipo de instrumentación alcance el éxito que en aquélla tiene, ya que por Ley estaremos obligados a afrontar el problema ambiental con idéntico rigor a como la Comunidad hace tiempo lo está haciendo.

No es la intención de este artículo abrumar al lector con datos técnicos relativos a los pormenores de en qué consiste una unidad móvil, simplemente y a modo de información se enumeran a continuación algunos aspectos de los medios técnicos de que están dotadas:

El vehículo portador del laboratorio está acondicionado para proteger la delicada instrumentación que porta, disponiendo de sistemas antivibración que permiten que el vehículo pueda circular por cualquier tipo de terreno sin problemas. Están acondicionados para soportar los rigores meteorológicos de forma que están aislados térmicamente y dotados de sistema de aire acondicionado. Son completamente autosuficientes, disponiendo de sistemas propios de generación de corriente eléctrica y pudiendo actuar en cualquier lugar. Disponen de ordenador que mediante el software adecuado correlaciona los distintos parámetros que evalúa y presenta los datos de forma que se puedan obtener fácilmente las conclusiones pertinentes. La instrumentación es totalmente automática y no precisa de la intervención del hombre para funcionar.

Los parámetros que comunmente incorporan estas unidades móviles,



son, en el caso de gases: SO_2 , $\text{NO}/\text{NO}_2/\text{NO}_x$, CO e Hidrocarburos totales, y en el caso de partículas: en suspensión y sedimentables. Desde el punto de vista meteorológico, se suelen determinar al menos, velocidad, dirección y temperatura del viento.

Las técnicas analíticas y de calibración de cada uno de los parámetros gaseosos, aun existiendo en gran número y con garantía analítica, cualitativa y cuantitativa, son generalmente espectroscópicas y cromatográficas.

Describamos a continuación las características generales de los monitores automáticos existentes para la determinación de los compuestos anteriormente mencionados.

SO_2

De los diferentes métodos de detección, tales como vía húmeda, electroquímico, fotometría de llama y fluorescencia, este último es sin duda el más utilizado en la actualidad dada su selectividad y sensibilidad.

Los otros métodos presentan desventajas, tales como poca sensibilidad e interferencias en el caso de técnica electroquímica y necesidad de utilización de hidrógeno para generación de la llama en el de fotometría.

Los márgenes de concentración de SO_2 , suelen estar comprendidos entre 0-5 ppm.

El valor mínimo detectable ronda los 0,002-0,005 ppm SO_2 y la precisión de $\pm 0,5\%$.

OXIDOS DE NITROGENO

En este caso, el método de detección universalmente aceptado, es el de quimiluminiscencia. En el cual se determina únicamente la concentración de NO y posteriormente mediante reducción catalítica del NO_2 presente en la muestra, se vuelve a determinar el NO procedente de dicha reducción, obteniéndose finalmente $\text{NO} + \text{NO}_2$.

Los márgenes de concentración de NO/NO_2 suelen estar comprendidos entre 0-10 ppm, como NO_2 .

El valor mínimo detectable está entre 0,002-0,005 ppm y la precisión de 0,0005 ppm.

CO

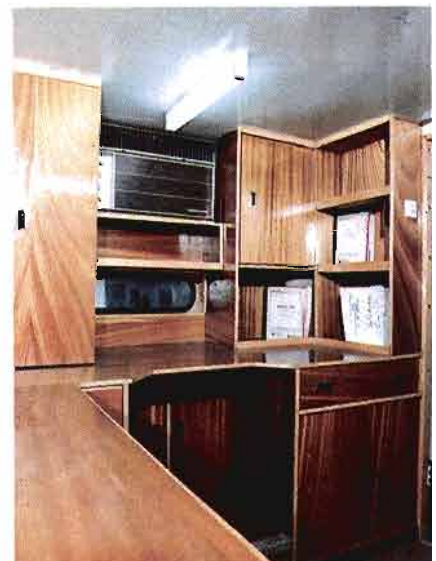
La técnica patrón para la determinación de CO , es la de espectroscopia de infrarrojo, utilizándose bien en su variedad no dispersivo o mediante correlación de filtros de gas. Existen asimismo técnicas electroquímicas muy utilizadas en Higiene Industrial, pero que tienen que resolver con éxito los problemas de interferencias.

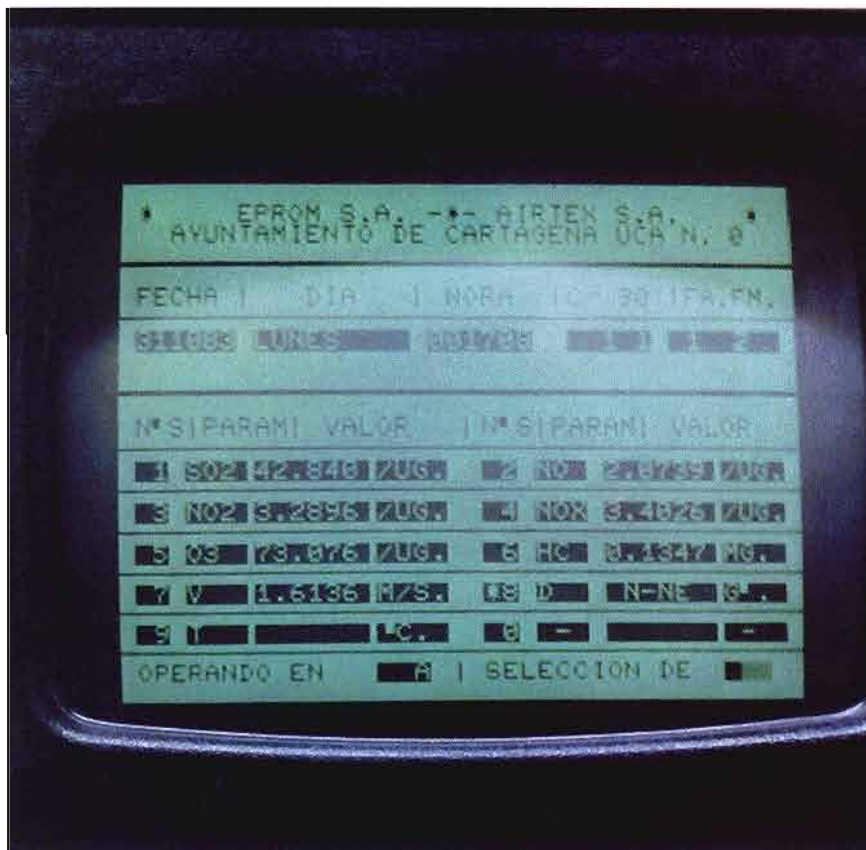
Los márgenes de concentración están comprendidos entre 0-50, 0-100 ppm CO .

El valor mínimo detectable está entre 0,1-0,2 ppm CO , con una precisión de $\pm 0,1$ ppm.

HIDROCARBUROS TOTALES

La técnica patrón para la determinación de HT es la de ionización de llama, método analítico de detección





utilizado en cromatografía de gases. Esta técnica necesita para su realización del empleo de elementos auxiliares como Hidrógeno y aire, ambos para la combustión y creación de la llama.

Existe la posibilidad de determinar asimismo lo que se denomina en la norma americana, Hidrocarburos no reactivos, es decir Hidrocarburos totales, menos metano. Para ello y mediante el empleo de una columna de retención, se separan al modo cro-

matográfico, el metano del resto de los compuestos hidrocarbonados.

El margen mínimo utilizable, suele ser de 0-1 ppm (referidos a metano o hexano), siendo muy normal encontrar monitores que alcanzan los 100 ppm

El mínimo detectable por esta técnica es de 0,01 ppm aproximadamente, con una precisión de $\pm 2\%$ de valor total de medida

ELEMENTOS DE CALIBRACION

La calibración de los monitores de gases anteriormente indicados se puede realizar, en algunos casos, a través de una botella de gas patrón, debidamente contrastado. Este es el caso del CO e HT, en los cuales y debido a la gran estabilidad del gas, aun a pequeñas concentraciones, no se presentan problemas de representatividad de la muestra patrón

Sin embargo y en el caso de SO₂ y NO_x, no es posible la utilización de botellas patrón, dado que la adsorción de dichos gases en paredes, conductos, etc. es lo suficientemente alta como para que la concentración, ya de por sí muy baja, no se mantenga en sus valores originales

Esta circunstancia obliga a la utilización de elementos de calibración instrumentales. En el caso de SO₂, el método más utilizado es el de tubos de permeación certificados

Los tubos de permeación son un elemento simple, formado por una ampolla cilíndrica sellada, parte de la cual es permeable a los vapores del compuesto químico contenido en la misma. El compuesto se mantiene en equilibrio líquido/vapor dentro de la ampolla. A una temperatura dada, este elemento sellado, genera un caudal uniforme estable del compuesto específico que se vierte a la corriente de un gas portador. El elemento instrumental consiste en un horno muy estable con su electrónica de control y elementos neumáticos de dilución y mezcla del gas de permeación y el gas portador, generalmente N₂.

En el caso de NO_x, el método utilizado es el de dilución de una muestra patrón de NO en N₂, de concentración suficientemente alta, como para asegurar su estabilidad. Así mismo, el NO se oxida a NO₂, a través de un elemento tal como ozono, realizando una valoración en fase gaseosa.

Los gases resultantes NO y NO₂ a concentración estable, pasan entonces al analizador para su calibración.

PARTICULAS EN SUSPENSION

Las técnicas analíticas para medida en continuo de partículas en suspensión más comúnmente utilizadas, son la absorción beta y la nefelometría

En el primer caso, las partículas depositadas en un filtro de papel continuo, atenúan la radiación Beta de una fuente localizada en la base de esta cinta de papel, la atenuación es directamente proporcional a la concentración de partículas

En el caso del método nefelométrico, se utiliza la medida de la dispersión de la luz de chocar con la nube de partículas, de acuerdo con un cierto ángulo de incidencia.

En ambos casos es muy interesante la calibración de los citados aparatos con el método patrón gravimétrico, consistente en la captación de las partículas sobre un filtro de fibra de vidrio de grandes dimensiones, localizado dentro de un equipo de aspiración de gran volumen.

Hablar de contaminación ambiental ha de implicar hablar conjuntamente de evolución en tiempo real de dicha contaminación, de meteorología, de condiciones de difusión de contaminantes en la atmósfera, de topografía, etc., sin todo lo cual las cifras carecen de significación real.

Para la determinación de concentración de contaminantes gaseosos, como el SO₂ o NO₂ en altura y localización y seguimiento de penachos de chimeneas, se utilizan espectrómetros de correlación (cospec) que analizando la absorción ultravioleta de la luz solar que atraviesa un penacho, permite calcular la concentración de contaminante en éste, así como sus contornos. Esta técnica permite seguir el recorrido de un penacho, aun cuando no sea visible al ojo humano y establecer una correlación causa-efecto entre la contaminación ambiental y sus orígenes.

La medición de parámetros en la baja atmósfera, hasta 1.000 m. de altura sobre el suelo, se logra mediante el empleo de radares sónicos (Sodar) quienes aplicando el efecto Doppler a las señales emitidas por un generador de impulsos y recibidas por tres antenas troncocónicas, permiten calcular las tres componentes del viento a cualquier altura, así como su módulo, dirección y estructura térmica de la atmósfera en altura.

Esta información tratada con un

software adecuado, permite la obtención de información más elaborada como:

- Clase de estabilidad atmosférica.
- Base y tope de las capas de inversión.
- Rosa de los vientos a diferentes alturas
- Altura de capa de mezcla.
- Evolución del viento en 24 horas a cualquier altura.

Una característica importante y que actualmente incorporan todos los monitores, es la capacidad de incorporación de elementos de activación remota y/o automática del cero y span, durante la calibración.

Los monitores automáticos se calibran por sí solos, con la frecuencia programada garantizando que los datos obtenidos son absolutamente fiables.

No es necesaria ninguna intervención del hombre, salvo la conducción del vehículo a los lugares prefijados y/o el seguimiento de las indicaciones del ordenador para la localización de penachos.

En caso de fallo de cualquiera de los instrumentos, éste se indicará automáticamente de modo que pueda ser separado sin cometer errores por utilizar datos provenientes de un monitor desajustado.

De modo similar a lo sucintamente expuesto se podrían utilizar unidades móviles para la evaluación de los niveles de emisión de focos fijos, es decir, medida de la contaminación emitida por las chimeneas industriales, lo que permitiría utilizar los mismos monitores automáticos para rotacionalmente evaluar los vertidos de un gran número de focos.

Vivimos en un mundo dinámico y cambiante, la contaminación es una consecuencia de este modo de vida y no es aconsejable intentar solucionar un problema de esta naturaleza de un modo estático. Tal cosa equivale en la práctica a gastar más y conseguir menos. Al igual que el automóvil ha cambiado nuestros hábitos de vida, las unidades móviles de medida de la contaminación están llamadas a cambiar el modo de abordar y resolver la problemática ambiental.