

Un nuevo dispositivo para detectar gases tóxicos en la industria

Ernesto González

Jefe de proyectos del área tecnológica de Seguridad y Tecnologías de Monitorización Ambiental del centro tecnológico ITENE

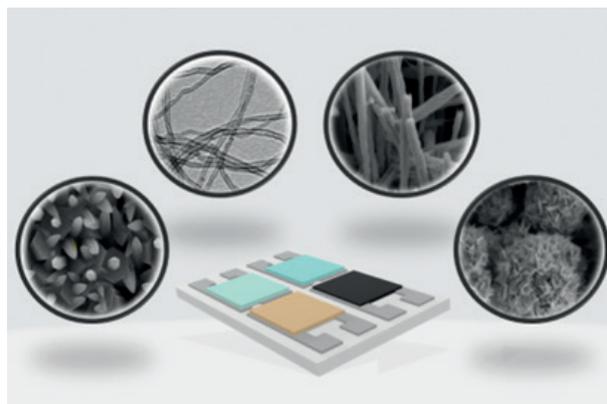
Helena Prima

Jefa de proyectos del área tecnológica de Seguridad y Tecnologías de Monitorización Ambiental del centro tecnológico ITENE

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HPAs) constituyen un grupo de compuestos que han recibido una especial atención debido a que muchos de ellos son carcinógenos o mutagénicos. Dentro del sector industrial, la exposición potencial a estos compuestos puede tener lugar en diferentes tipos de industrias, como la industria de calzado, pinturas o siderurgia, disolventes de la industria de lavado en seco, la evaporación de disolventes, el tráfico intenso de los automóviles con motores a combustión, e incluso el humo del tabaco. Son compuestos orgánicos volátiles (COV), liposolubles, tóxicos, inflamables y ligeros. Hay más de un millar de compuestos que pueden considerarse COVs, pero los más abundantes son metano, etano, propano, n-butano, n-pentano, benceno, tolueno, xileno y etileno.

Presentan propiedades características responsables de efectos sobre la salud y en el medioambiente. Se evaporan fácilmente a la atmósfera, dando lugar a la contaminación atmosférica y presentando un riesgo para la salud. La vía de entrada más peligrosa es la inhalación. Por tanto, son compuestos tóxicos donde su toxicidad va a depender de cada elemento. A corto plazo pueden causar reacciones alérgicas o mareos, y en exposiciones más prolongadas se relacionan con lesiones neurológicas, entre otros. Otro importante factor es que suelen tener una química atmosférica muy activa, y, en unión con la luz solar y los óxidos de nitrógeno, generan un tipo de contaminación denominado *smog*. Otros efectos ambientales asociados a algunos COVs son la destrucción de la capa de ozono (metano, tetracloruro de carbono) o el cambio climático (metano).

El objetivo de la normativa europea vigente (Directiva 2004/42/CE) es limitar las emisiones de compuestos orgánicos volátiles a la atmósfera, se establecen medidas para las emisiones de COV provenientes de productos como pinturas, barnices, vehículos, productos de limpieza, entre otros. Esta



Arreglo de cuatro sensores con nanoestructuras de óxidos metálicos y nanotubos de carbono

directiva prohíbe la comercialización de cualquier producto dentro de la Unión europea que supere los límites máximos permitidos de emisión de COV. Para asegurarse el cumplimiento, se establece un etiquetado obligatorio en los productos, donde se indica el valor de los parámetros de emisión.

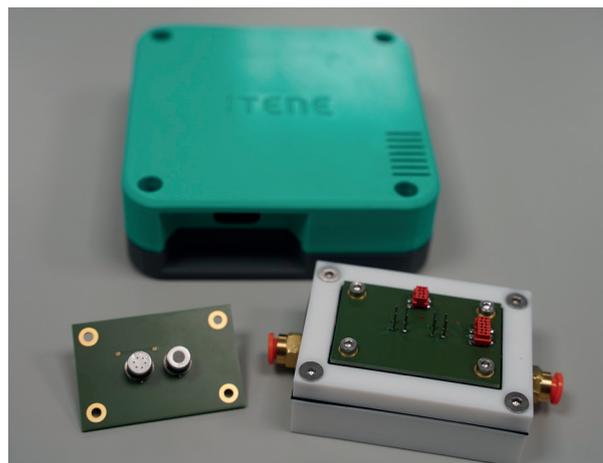
Hoy en día, gracias a la innovación tecnológica, es posible disminuir y eliminar las emisiones de COV a través de diferentes tratamientos del aire y cumplir con la normativa en la materia. La metodología más estandarizada que se utiliza son técnicas muy precisas, pero indirectas. Se recogen muestras de aire y se analizan posteriormente en el laboratorio mediante técnicas como cromatografía de gases o espectroscopia de masas para caracterizar. Son metodologías muy exactas, pero se necesitan horas de análisis para poder tener una concentración de las emisiones. Es necesario introducir en las empresas tecnologías que midan en continuo y *online* para poder aplicar las medidas correctoras en el momento de la emisión y de esta manera minimizar los efectos adversos.

Derivados de esta necesidad, surge el proyecto de Biotsens, desarrollado por Itene entre junio de 2022 y junio de 2022 y financiado por el Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) mediante fondos Feder, con el objetivo de obtener dispositivos que puedan monitorizar estos gases. Este proyecto, que se encuentra en ejecución, tiene como objetivo principal el desarrollo de sistemas de integración para medir COVs. Para ello, estos sensores se les ha aplicado algoritmos de calibración con modelos de regresión lineal para la detección de COVs específicos y el cálculo de la concentración de COVs medida. Concretamente, se ha trabajado con los sensores químico-resistivos, tales como los de óxidos metálicos o nanomateriales de carbono (grafeno, nanotubos de carbono, etc.), que han sido ampliamente utilizados en la fabricación de sensores de gases debido a la sencillez de sus procesos de fabricación en comparación con otros tipos de sensores, su bajo coste, la simplicidad de los desarrollos electrónicos empleados en sus mecanismos de medidas y su alto rendimiento en la detección y cuantificación de concentraciones de gases.

El principio de operación de estos sensores está basado en la variación de la resistencia eléctrica de los materiales en presencia de los átomos de los gases presentes en el ambiente que los rodea. Los procesos de oxidación-reducción que tienen lugar en la superficie de las nanoestructuras provocan un cambio en la conductividad de los materiales que se puede registrar con la medición de la resistencia eléctrica de éstos. Normalmente estos sensores pueden presentar una alta sensibilidad cruzada, lo que supone la reacción de los materiales sintetizados con varios gases, presentando en estos casos una baja selectividad, que puede dificultar la identificación de los gases de interés.

Como solución viable y probada a este problema, entre otras, se encuentra la configuración de arreglo de sensores, que permite la identificación simultánea de diferentes gases. Esta técnica ha sido empleada en la fabricación de los dispositivos conocidos como narices electrónicas. Una parte importante de la utilización de arreglos de sensores es el análisis del conjunto de señales adquiridas en las mediciones realizadas con estos, para, mediante el uso de herramientas matemáticas y estadísticas, empleando procesos de *machine learning*, realizar la correcta identificación de los gases medidos y la cuantificación de las concentraciones presentes en los ambientes estudiados.

Como parte del proyecto Biotsens, en Itene hemos desarrollado un dispositivo sensor que consiste en la integración de sensores químico-resistivos en configuración de arreglo de sensores para la identificación y cuantificación de las concentraciones de gases presentes en instalaciones industriales (hidrocarburos, compuestos orgánicos volátiles, olores, entre otros). Para la síntesis de las distintas nanoestructuras empleadas en el desarrollo de los sensores se utilizan procesos de síntesis simples y de bajo coste, que aportan una amplia flexibilidad para la integración de diferentes ma-



Dispositivo sensorico con su placa de amplificación y calibración de la señal para poder monitorizar la concentración de COVs en diferentes ambientes

» La posibilidad de realizar distintas combinaciones de sensores en el mismo dispositivo ofrece gran versatilidad al desarrollo propuesto

teriales en un mismo sensor. El proceso de calibración del arreglo de sensores se realiza mediante el uso de un sistema de generación de mezclas de gases en condiciones controladas, que permiten la generación de un volumen de datos que se utiliza posteriormente en el desarrollo de modelos matemáticos para el cálculo de las concentraciones de los gases en las aplicaciones finales. En este proceso el empleo de modelos de regresión lineal, como la regresión de mínimos cuadrados parciales, permite la generación de ecuaciones, a partir de las cuales, introduciendo los valores de resistencia de los sensores que conforman el arreglo, se puede realizar no solo la identificación de los gases presentes, sino también una estimación de los valores de las concentraciones de éstos. Esto permite el empleo del dispositivo en la detección puntual de fugas y la monitorización en tiempo real de los gases de interés.

La posibilidad de realizar distintas combinaciones de sensores en el mismo dispositivo ofrece gran versatilidad al desarrollo propuesto, permitiendo su uso en ambientes industriales donde la composición del aire puede contener gases de distinta naturaleza.

Como resultado del desarrollo efectuado, el dispositivo sensor será colocado en instalaciones industriales del tejido de empresas de la Comunidad Valenciana, con el objetivo de validar la eficacia en la detección de los gases de interés en distintos ambientes, permitiendo la evaluación de la seguridad de las instalaciones y la exposición de los trabajadores. ■