

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 661**

51 Int. Cl.:  
**B01J 23/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07795551 .6**  
96 Fecha de presentación: **31.05.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2032252**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.03.2009**

54 Título: **SISTEMAS PARA LA ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES DE FLUJOS DE FLUIDO.**

30 Prioridad:  
**01.06.2006 US 810022 P**  
**01.06.2006 US 810024 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**15.03.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**15.03.2012**

73 Titular/es:  
**CARRIER CORPORATION**  
**CARRIER WORLD HEADQUARTERS, ONE**  
**CARRIER PLACE**  
**FARMINGTON, CT 06034-4015, US**

72 Inventor/es:  
**DARDAS, Zissis, A.;**  
**LEMCOFF, Norberto, O.;**  
**BRANDES, Susan, D.;**  
**HAY, Stephen, O.;**  
**OBEE, Timothy, N.;**  
**LAMM, Foster, P.;**  
**PUCINO, Albert, T.;**  
**SANGIOVANNI, Joseph, J.;**  
**VANDERSPURT, Thomas, Henry;**  
**SCHMIDT, Wayde, R. y**  
**HUGENER-CAMPBELL, Treese**

74 Agente/Representante:  
**de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 376 661 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sistemas para la eliminación de contaminantes de flujos de fluido.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

## 1. Campo de la Invención

5 La presente descripción se refiere a sistemas y métodos para la eliminación de contaminantes de flujos de fluido. En particular, la presente descripción se refiere a sistemas para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles de flujos de fluido.

## 2. Descripción de la Técnica Anterior

10 El aire en el interior de las casas, edificios de oficinas y otras estructuras cerradas está a menudo más contaminado que el aire exterior, sobre todo en áreas altamente urbanizadas.

15 La Publicación Internacional N° WO 2006/065491 por Carrier Corp. que corresponde a la técnica anterior para nuevos propósitos, sólo describe un sistema de tratamiento del aire que incluye un filtro, un dispositivo de calentamiento, un dispositivo de plasma, un fotocatalizador y una luz UV que cooperan para purificar un flujo de aire que fluye a través del sistema de tratamiento de aire. El filtro puede incluir un medio de filtro de carbón activado y puede estar diseñado preferentemente para adsorber ciertos contaminantes, tales como formaldehído, acetaldehído, tolueno, butano, VOCs que contienen sílice y otros VOCs. El filtro está situado aguas arriba del fotocatalizador y de la luz UV.

20 La Publicación N° WO 2007/143042 por Carrier Corp. también describe un sistema de tratamiento del aire que incluye un filtro que puede opcionalmente tener propiedades de adsorción con preferencia por los siloxanos, un fotocatalizador y una luz UV. El filtro está situado aguas arriba del fotocatalizador y de la luz UV.

25 La Publicación Japonesa N° 2000 102596 por Kashiwazaki Silver Seiko KK describe un sistema para la desodorización del aire que utiliza un filtro de carbón activado y un fotocatalizador. El fotocatalizador es energizado mediante la luz de una lámpara desodorizante óptica, y un generador de iones negativos proporciona iones al aire desodorizado mediante la unidad desodorizante fotocatalítica.

30 La Publicación de US N° US 2003/113246 por Akiko Saitou et al. describe también un sistema para desodorizar el aire. El sistema utiliza un fotocatalizador y filtros impregnados para desodorizar sulfuro de hidrógeno, metilmercaptano, etilmercaptano, sulfuro de metilo y disulfuro de metilo.

35 La Publicación de Patente de US N° 2005/00533515 por Yates describe un sistema limpiador de aire que tiene unidades de adsorción y una unidad de adsorción fotocatalítica. Una unidad de adsorción que tiene un material de adsorción relativamente débil está situada aguas arriba de la unidad de oxidación fotocatalítica y un dispositivo de adsorción que tiene un material de adsorción relativamente fuerte está situado aguas abajo de la unidad de adsorción fotocatalítica.

40 En algunos casos, el aire interior puede incluir compuestos orgánicos volátiles (VOCs – Volatile Organic Compounds, en inglés) y/o compuestos orgánicos semivolátiles (SVOCs – Semivolatile Organic Compounds, en inglés). Los VOCs son compuestos químicos orgánicos con presiones de vapor suficientemente altas en condiciones normales, para vaporizarse de manera significativa y entrar en la atmósfera. Los SVOCs son compuestos orgánicos con presiones de vapor típicas entre  $10^{-2}$  y  $10^{-8}$  kPa a temperatura ambiente, de manera que existen tanto en fase gaseosa como en fase condensada. Estos compuestos orgánicos son emitidos como gases de ciertos sólidos o líquidos, incluyendo varios elementos encontrados comúnmente en el hogar o en la oficina, tales como pintura, muebles, materiales de construcción, material de oficina y productos de limpieza.

45 La Publicación Internacional N° WO 2006/065491 por Carrier Corp. que constituye lo más avanzado sólo con propósito de novedad describe un sistema de tratamiento de aire que incluye un filtro, un dispositivo de calentamiento, un dispositivo de plasma, un fotocatalizador y una luz UV que cooperan para purificar un flujo de aire que fluye a través del sistema de tratamiento de aire. El filtro puede incluir también un medio de filtro de carbón activado y puede estar diseñado para adsorber preferentemente ciertos contaminantes, tales como VOCs que contienen formaldehído, Acetaldehído, tolueno, butano, silicio u otros VOCs. El filtro está situado aguas arriba del fotocatalizador y de la luz UV.

50 La Publicación Internacional N° WO/2007/143042, por Carrier Corp. describe también un sistema de tratamiento de aire que incluye un filtro que puede tener opcionalmente propiedades de adsorción, con una preferencia por los siloxanos, un fotocatalizador y una luz UV. El filtro está situado aguas arriba del fotocatalizador y de la luz UV.

La Publicación Japonesa de N° 2000 102596 por Kashiwazaki Silver Seiko KK describe un sistema para desodorizar aire utilizando un filtro de carbón activado y un fotocatalizador. El fotocatalizador es energizado mediante la luz

procedente de una lámpara desodorizante óptica, y un generador de iones negativos proporciona los iones negativos al aire desodorizado por la unidad desodorizante fotocatalítica.

5 La Publicación de US N° US 2003/113246 por Akiko Saitou et al. describe un sistema para desodorizar aire. El sistema utiliza un fotocatalizador y filtros impregnados para desodorizar sulfuro de hidrógeno, metilmercaptano, etilmercaptano, sulfuro de metilo y disulfuro de metilo.

10 La Publicación de Patente de US N° 2005/00533515 por Yates describe un sistema limpiador de aire que tiene unidades de adsorción y una unidad de oxidación fotocatalítica. Una unidad de adsorción que tiene un material de adsorción relativamente débil está situado aguas arriba de la unidad de oxidación fotocatalítica y un dispositivo de adsorción que tiene un material de adsorción relativamente fuerte está situado aguas abajo de la unidad de oxidación fotocatalítica.

15 Los edificios pueden utilizar sistemas de purificación de aire para mejorar la calidad del aire interior, permitiendo así que el operador del edificio disminuya la ventilación y cree un ambiente mejorado. La calidad del aire interior se logra mediante la purificación del aire utilizando bien sea tecnologías de eliminación de aerosoles o de eliminación de contaminantes gaseosos. La fotocatalisis es una tecnología probada para la eliminación de sustancias gaseosas que se transmiten por el aire, tales como VOCs del suministro de aire. Los purificadores de aire fotocatalíticos utilizan un sustrato o un cartucho que contiene un fotocatalizador, normalmente un material basado en óxido de titanio, que interactúa con el oxígeno del aire y con moléculas de aire para formar radicales hidroxilo cuando se sitúa bajo una fuente de luz apropiada, típicamente una fuente de luz UV. Los radicales hidroxilo atacan entonces a los contaminantes e inician la reacción de oxidación que los convierte en compuestos menos dañinos, tales como agua y dióxido de carbono. Un fotocatalizador comúnmente utilizado es el dióxido de titanio, llamado también titania. Los catalizadores Degussa P25 titania y titania injertado con dióxido de tungsteno tales como el óxido de tungsteno sobre P25 han resultado ser especialmente efectivos en la eliminación contaminantes orgánicos bajo fuentes de luz UV.

25 Un fenómeno bien conocido que limita la efectividad de los purificadores de aire de oxidación fotocatalítica (PCO – PhotoCatalytic Oxidation, en inglés) es la desactivación del fotocatalizador. La desactivación puede ocurrir reversible o irreversiblemente y el alcance y ámbito de la desactivación depende de la configuración del sistema, incluyendo la intensidad de luz en la superficie del catalizador, la cantidad y configuración del catalizador y las condiciones en el entorno ambiental. Se ha encontrado que los sistemas actualmente disponibles muestran una significativa pérdida en la capacidad del catalizador cuando están sobrecargados de contaminantes orgánicos tales como etanol, isopropanol y otros contaminantes que tienen una elevada afinidad por la superficie del catalizador. La capacidad catalítica también disminuye cuando el fotocatalizador es sometido a la acción de un compuesto gaseoso, el cual, cuando se oxida, forma un compuesto o grupo que bloquea un sitio activo en el catalizador de manera permanente, a menos que se actúe mediante un agente exterior.

30 Los compuestos que contienen sólo átomos de hidrógeno, carbono y oxígeno normalmente provocan solamente una desactivación reversible, que sólo tiene un impacto a corto plazo en la operación del purificador de aire. No obstante, si las concentraciones de VOC son suficientemente altas con la luz UV encendida, o si las concentraciones de VOC duran lo suficiente con la luz apagada, los fotocatalizadores no son capaces de interactuar con agua para crear suficientes radicales hidroxilo para mantener vistas activas disponibles para otra reacción. Los contaminantes entonces pueden reaccionar entre sí para formar un barniz, que ocupa los sitios del fotocatalizador y bloquea la capacidad de los fotocatalizadores de oxidar los contaminantes. Ésta o cualquier tipo de desactivación permanente pueden llevar a un significativo gasto para el operador del sistema de purificación de aire debido a los costes del trabajo y del equipo asociados con la limpieza y/o la sustitución del fotocatalizador.

35 Otra vía de desactivación descubierta recientemente es provocada por la mineralización de compuestos volátiles que contienen silicio, especialmente la clase de compuestos conocidos como siloxanos. Mientras que la cantidad de VOCs agregada en el aire típicamente va de 100 a 1000 partes por billón (0,1 a 1 partes por millón) en volumen, las concentraciones de siloxano pueden ser dos o más órdenes de magnitud más bajas. Estos siloxanos aparecen en primer lugar por el uso de ciertos productos de aseo personal o productos de limpieza en seco, aunque también pueden aparecer con el uso de burletes de silicona, adhesivos o materiales similares. No obstante, cuando componentes que contienen silicio se oxidan, forman dióxido de silicio no volátil o dióxido de silicio hidratado que desactiva el fotocatalizador. Esta desactivación puede ser mediante uno o más medios tales como un bloqueo físico relativamente directo de los lugares activos, el bloqueo de los poros en el recubrimiento fotocatalítico o el bloqueo de la interacción de los VOCs con el agente activo.

40 Otra vía de desactivación descubierta recientemente es provocada por la mineralización de compuestos volátiles que contienen silicio, especialmente la clase de compuestos conocidos como siloxanos. Mientras que la cantidad de VOCs agregada en el aire típicamente va de 100 a 1000 partes por billón (0,1 a 1 partes por millón) en volumen, las concentraciones de siloxano pueden ser dos o más órdenes de magnitud más bajas. Estos siloxanos aparecen en primer lugar por el uso de ciertos productos de aseo personal o productos de limpieza en seco, aunque también pueden aparecer con el uso de burletes de silicona, adhesivos o materiales similares. No obstante, cuando componentes que contienen silicio se oxidan, forman dióxido de silicio no volátil o dióxido de silicio hidratado que desactiva el fotocatalizador. Esta desactivación puede ser mediante uno o más medios tales como un bloqueo físico relativamente directo de los lugares activos, el bloqueo de los poros en el recubrimiento fotocatalítico o el bloqueo de la interacción de los VOCs con el agente activo.

45 Otra vía de desactivación descubierta recientemente es provocada por la mineralización de compuestos volátiles que contienen silicio, especialmente la clase de compuestos conocidos como siloxanos. Mientras que la cantidad de VOCs agregada en el aire típicamente va de 100 a 1000 partes por billón (0,1 a 1 partes por millón) en volumen, las concentraciones de siloxano pueden ser dos o más órdenes de magnitud más bajas. Estos siloxanos aparecen en primer lugar por el uso de ciertos productos de aseo personal o productos de limpieza en seco, aunque también pueden aparecer con el uso de burletes de silicona, adhesivos o materiales similares. No obstante, cuando componentes que contienen silicio se oxidan, forman dióxido de silicio no volátil o dióxido de silicio hidratado que desactiva el fotocatalizador. Esta desactivación puede ser mediante uno o más medios tales como un bloqueo físico relativamente directo de los lugares activos, el bloqueo de los poros en el recubrimiento fotocatalítico o el bloqueo de la interacción de los VOCs con el agente activo.

50 Otra vía de desactivación descubierta recientemente es provocada por la mineralización de compuestos volátiles que contienen silicio, especialmente la clase de compuestos conocidos como siloxanos. Mientras que la cantidad de VOCs agregada en el aire típicamente va de 100 a 1000 partes por billón (0,1 a 1 partes por millón) en volumen, las concentraciones de siloxano pueden ser dos o más órdenes de magnitud más bajas. Estos siloxanos aparecen en primer lugar por el uso de ciertos productos de aseo personal o productos de limpieza en seco, aunque también pueden aparecer con el uso de burletes de silicona, adhesivos o materiales similares. No obstante, cuando componentes que contienen silicio se oxidan, forman dióxido de silicio no volátil o dióxido de silicio hidratado que desactiva el fotocatalizador. Esta desactivación puede ser mediante uno o más medios tales como un bloqueo físico relativamente directo de los lugares activos, el bloqueo de los poros en el recubrimiento fotocatalítico o el bloqueo de la interacción de los VOCs con el agente activo.

55 En la eliminación de contaminantes del aire, la oxidación de ciertas especies puede generar productos secundarios no deseados, o el propio contaminante puede tener un efecto negativo en el rendimiento de la unidad fotocatalítica. Así, la sola purificación del aire mediante UV/PCO no es suficiente para reducir las concentraciones de VOCs en el aire a límites deseados.

Uno o más elementos de filtrado son introducidos en el sistema, los cuales incluyen un material adsorbente que tiene atracción preferente por los compuestos volátiles que contienen silicio y/o que son reactivos con los compuestos organosilíceos que los unen químicamente a su superficie.

5 Los materiales adsorbentes atraen a los compuestos orgánicos mediante fuerzas físicas. Ejemplos típicos de estos tipos de materiales adsorbentes son carbonos activos impregnados y no impregnados, grafito poroso, sílices, gel de sílice, arcillas, zeolitas y adsorbentes hidrófobos.

10 En otra realización, el material adsorbente tiene interacción química con los compuestos orgánicos. Estos materiales adsorbentes pueden ser intrínsecamente reactivos, como un ácido o base no volátil, o requerir la activación como un fotocatalizador. Estos materiales pueden ser revestidos con el medio filtrante para protegerlos de los efectos dañinos de la radiación UV. Materiales ácidos de interés incluyen ácidos heteropolimolibdicos, ácidos heteropolitungsténicos, ácidos heteropolinióbicos, ácidos heteropolivanádicos, heteropolioxoácidos mezclados, zirconias sulfatadas, sílicoaluminatos, aluminosilicatos, alúminofosfatos, sílicoalúminofosfatos, óxidos mesoporosos, especialmente silicatos, sílicoaluminatos, sílicoaluminatos dopados, óxidos de titanio, óxidos de manganeso y compuestos y mezclas de los anteriores.

15 Aunque la unión química de los compuestos orgánicos en los materiales adsorbentes puede iniciarse con la absorción física (por ejemplo, sin enlace químico), progresa, bien sea a temperatura ambiente o bajo la influencia del calor, de microondas o de la luz, incluyendo la luz UV, hacia un enlace químico. Este enlace requiere que se forme una mezcla atmosférica. La adherencia del compuesto de silicio a las fibras de los elementos de filtro no impacta en su efectividad como filtro de polvo, puesto que el cambio en el diámetro de la fibra, incluso en el caso de nanofibras, es menor que 1% y típicamente mucho menor de 1%.

20 Un sensor de humedad puede ser utilizado junto con esta invención de manera que si la humedad es demasiado baja para atrapar el silicio de manera efectiva, entonces se añade agua a un flujo de fluido, o más específicamente, a un flujo de aire. Si el fluido es demasiado seco, se realizan otros ajustes para asegurar que hay una humedad suficiente pero no excesiva en el fluido para afectar a la hidrólisis del compuesto organosilíceo si el enlace químico de la porción que contiene silicio del compuesto organosilíceo requiere agua.

25 En una realización, el material adsorbente en el medio filtrante es en forma de un filtro o tejido, y este tejido puede ser plisado o estar formado para aumentar su efecto aumentando el área a través de la cual se dirige el flujo del fluido. Este medio de filtro, típicamente instalado como un rollo o cartucho, se hace avanzar o es renovado en un intervalo de conjunto o en respuesta a un sensor de manera que siempre se presenta un área activa suficiente al flujo de fluido. El sensor determina cuándo debe el material adsorbente ser reemplazado o renovado.

30 En otra realización, la superficie de las fibras de filtro puede ser tratada con un material que las hace reactivas hacia compuestos organosilíceos.

35 En la eliminación de contaminantes del aire, la oxidación de ciertas especies puede generar productos secundarios no deseables, o el propio contaminante puede tener un efecto negativo en el rendimiento de la unidad fotocatalítica. Así, la sola purificación del aire mediante UV/PCO no es suficiente para reducir las concentraciones de VOCs en el aire a los límites deseados.

#### COMPENDIO DE LA INVENCION

La invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

40 Las descritas anteriormente y otras características y ventajas de la presente descripción resultarán evidentes y serán comprendidas por los expertos en la materia a partir de la siguiente descripción detallada, dibujos y reivindicaciones adjuntas.

#### BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La FIG. 1 es una vista de sección de una realización de ejemplo de un sistema de eliminación de un contaminante de acuerdo con la presente descripción;

45 la FIG. 2 es una vista en perspectiva de una realización de ejemplo de un dispositivo adsorbente del sistema de eliminación de un contaminante de la FIG. 1;

la FIG. 3 es una vista de sección del dispositivo adsorbente de la FIG. 2;

la FIG. 4 es una realización de ejemplo de las macropartículas o nanopartículas para su uso en el dispositivo adsorbente;

50 la FIG. 5 es una realización de ejemplo de una construcción de tres capas para su uso en el material adsorbente;

la FIG. 6 es una realización de ejemplo de un filtro plisado para su uso en el dispositivo adsorbente;

la FIG. 7 muestra la curva de saturación para la adsorción de hexametildisiloxano (HMDS) mediante fieltro de Kynol ACN 211-15;

la FIG. 8 muestra la curva de saturación para la adsorción de Octametilciclotetrasiloxano mediante fieltro de Kynol ACN 211-15;

5 la FIG. 9 muestra la concentración en partes por billón (ppb) de HMDS y Tolueno que es adsorbida por fieltro de Kynol ACN 211-15; y

la FIG. 10 muestra la curva de saturación para la adsorción de HMDS mediante Trinitex K808-500 de Ahlstrom y fieltro de ACN 211-15 de Kynol.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

10 La presente descripción proporciona un sistema de eliminación de contaminantes que elimina tanto la producción de productos secundarios mediante oxidación fotocatalítica como productos secundarios que pueden llevar a la desactivación del fotocatalizador.

15 La presente descripción proporciona un sistema de eliminación de contaminantes para eliminar de manera selectiva contaminantes de un flujo de fluido. El sistema de eliminación de contaminantes proporciona un sistema que consiste en uno o más dispositivos adsorbentes para controlar las concentraciones de contaminantes dañinos en un fluido, especialmente cuando estos contaminantes no pueden ser adecuadamente convertidos en compuestos no dañinos mediante un reactor de oxidación fotocatalítica. Posibles aplicaciones incluyen sistemas de purificación de aire y de manejo del aire en edificios y vehículos. El sistema de eliminación de contaminante eliminará sustancialmente todos los contaminantes dañinos, desactivando agentes y productos secundarios del fluido, incluyendo heteroátomos, siloxanos, silanos, nitrógeno, fósforo, azufre y otros tipos de compuestos orgánicos volátiles (VOCs).

20 En referencia a la FIG. 1, se ilustra una realización de ejemplo del sistema de eliminación de contaminantes 10 de la presente descripción. El sistema de eliminación de contaminantes 10 incluye uno o más dispositivos adsorbentes 12 y uno o más reactores catalíticos 14 para eliminar contaminantes de un flujo de fluido 16 o más específicamente, un flujo de aire. En una realización mostrada en la FIG. 1, el sistema de eliminación de contaminantes 10 comprende dos dispositivos adsorbentes 12 y un reactor catalítico 14. Preferiblemente, el reactor catalítico 14 es un dispositivo de oxidación fotocatalítica (PCO – PhotoCatalytic Oxidation, en inglés) del tipo que es susceptible de desactivar agentes. Más preferiblemente, el reactor catalítico 14 es un dispositivo de oxidación fotocatalítica ultravioleta (UV/PCO – UltraViolet/PhotoCatalytic Oxidation, en inglés). Los dispositivos adsorbentes 12 pueden estar situados aguas arriba o aguas abajo del reactor catalítico 14. Preferiblemente, un dispositivo adsorbente 12 es situado aguas arriba y un dispositivo adsorbente 12 es situado aguas abajo del reactor catalítico 14. En una realización de ejemplo, el flujo de fluido 16 entra en el dispositivo de eliminación de contaminantes 10 y pasa a través de un dispositivo adsorbente de aguas arriba 12 a través del dispositivo de oxidación fotocatalítica 14, y finalmente a través de un dispositivo adsorbente de aguas abajo 12 antes de salir del sistema de eliminación de contaminantes 10. Tal como se utiliza en esta memoria, los términos “aguas arriba” y “aguas abajo” se utilizan con respecto a la dirección del flujo de fluido 16.

25 Los dispositivos adsorbentes 12 son capaces de eliminar selectivamente agentes desactivadores, productos secundarios no deseados y VOCs, incluyendo heteroátomos, siloxanos y silanos del flujo de fluido 16. En una realización, esta eliminación selectiva se consigue utilizando carbones activados en dispositivos adsorbentes 12. Los carbones activados pueden ser en forma de pellets, gránulos, fibras, tejidos, telas o fieltros y pueden estar impregnados o no impregnados. Ejemplos de carbones activados adecuados para su uso en un dispositivo adsorbente 12 incluyen Ahlstrom K822-300 y Ahlstrom L808-500, que tienen cada uno una construcción de tres capas con una capa de gránulos intercalada entre dos capas de malla. Otros posibles carbones activados para su uso en dispositivos adsorbentes 12 incluyen Cameron G6-NH (pellets) y Cameron SG-PH (pellets). Además, los dispositivos adsorbentes 12 pueden utilizar grafito poroso, gel de silicio, arcillas, zeolitas, y adsorbentes hidrófobos. Los adsorbentes hidrófobos se utilizan preferiblemente en ejemplos en los que el flujo de fluido 16 es un flujo de aire de elevada humedad.

30 En referencia a la FIG. 2, el dispositivo adsorbente 12 comprende una estructura del tipo de nido de abeja, que proporciona una relación de superficie a volumen alta, permitiendo una operación eficiente del dispositivo adsorbente 12, aún manteniendo una pérdida de carga relativamente baja cuando el flujo de fluido 16 pasa a través del dispositivo. Una realización de ejemplo de la estructura de nido de abeja está preferiblemente comprendida por aluminio. La dirección del flujo de fluido 16 es preferiblemente perpendicular al dispositivo adsorbente 12. La estructura de nido de abeja del dispositivo adsorbente 12 comprende preferiblemente celdas 18. Las celdas 18 pueden ser de cualquier forma que proporcione una relación de superficie a volumen suficiente. La geometría de las celdas 18 puede ser del tipo corrugado o del tipo triangular. Alternativamente, las celdas 18 pueden tener una geometría hexagonal, cuadrada o trapezoidal. Las celdas 18 preferiblemente tienen un tamaño entre 1,5 milímetros (mm) y alrededor de 26 mm y cualquier subintervalo intermedio.

- La FIG. 3 ilustra otra realización del dispositivo adsorbente 12 en el cual las celdas 18 son del tipo corrugado. En esta realización, el dispositivo adsorbente 12 comprende láminas lisas 20 alternadas y láminas corrugadas 22 rodeadas por un marco 24. Las láminas 20, 22 están revestidas con uno o más de los materiales adsorbentes descritos anteriormente. Las láminas lisas 20 y las láminas corrugadas 22 pueden sujetarse unas a otras utilizando uno o más alfileres 26 (no mostrados). Alternativamente, las láminas lisas 20 y las láminas corrugadas 22 de dispositivo adsorbente 12 están hechas de aluminio. Las láminas 20, 22 tienen preferiblemente aproximadamente 0,05 mm de espesor, siendo la distancia entre láminas lisas 20 adyacentes preferiblemente aproximadamente 3 mm.
- En una realización de ejemplo, el dispositivo adsorbente 12 es una cama empaquetada. En otra realización de ejemplo, el dispositivo adsorbente 12 comprende micropartículas embebidas en un filtro. En otra realización más, el dispositivo adsorbente 12 comprende nanopartículas embebidas en un filtro. Adicionalmente, el dispositivo adsorbente 12 puede comprender macropartículas o nanopartículas revistiendo una estructura monolítica. En otra realización más, el dispositivo adsorbente 12 comprende materiales de microfibras o de nanofibras que tienen la ventaja de una rápida eliminación de contaminantes.
- La FIG. 4 ilustra una realización preferida del dispositivo adsorbente 12 en la que el dispositivo adsorbente comprende macropartículas o nanopartículas embebidas en un filtro.
- La FIG. 5 ilustra una realización preferida del dispositivo adsorbente 12 en la que el dispositivo adsorbente comprende una construcción de tres capas con una capa de gránulos intercalada entre dos capas de malla.
- La FIG. 6 ilustra una realización preferida del dispositivo adsorbente 12 en la que el dispositivo adsorbente comprende un filtro plisado.
- En otra realización de ejemplo, el dispositivo adsorbente 12 comprende una rueda monolítica, que es una estructura monolítica en forma de cilindro, siendo el diámetro del cilindro mayor que la altura del cilindro. La rueda está dividida al menos en dos secciones. Estas secciones pueden ser iguales en tamaño, o alternativamente, de tamaños diferentes. Por ejemplo, una sección puede comprender un cuarto del área de la rueda monolítica, comprendiendo la otra sección el resto de la rueda. La rueda gira alrededor de un eje que discurre a través del centro de la rueda de manera que el adsorbente es expuesto al flujo de aire durante un periodo de tiempo (equivalente al tamaño de una de las secciones) y a continuación es expuesto a un gas regenerante durante lo que queda del ciclo.
- En una realización preferida, el dispositivo adsorbente 12 comprende un filtro que utiliza un fieltro de carbón activado, tal como el Kynol ACN 211-15, para la eliminación del hexametildisiloxano (HMDS). En esta realización, el dispositivo adsorbente 12 está situado aguas arriba del reactor catalítico 14. Durante la saturación, el filtro del dispositivo adsorbente 12 es reemplazado o regenerado. Preferiblemente, el filtro es regenerado mediante calentamiento. El fieltro de carbón activado preferiblemente conduce la electricidad, lo que puede ser utilizado para acelerar la regeneración.
- La FIG. 7 muestra la capacidad del dispositivo adsorbente 12 que utiliza el adsorbente Kynol ACN 211-15 para eliminar 50 ppb de HMDS (0,050 ppm) de un flujo de aire con una humedad relativa del 50%.
- La FIG. 8 muestra la capacidad del dispositivo adsorbente 12 Kynol ACN 211-15 para eliminar 120 ppb (0,120 ppm) de Octametiltetrasiloxano (OMCTS) de un flujo de aire con 45% de humedad relativa.
- La FIG. 9 muestra la concentración de Tolueno y de HMDS presente en el flujo de aire después de que se ha utilizado el dispositivo adsorbente 12 Kynol ACN 211-15 durante un número dado de horas.
- En otra realización de ejemplo, el dispositivo adsorbente 12 comprende un filtro que utiliza tanto Ahlstrom Trinitex K808-500 como fieltro de Kynol ACN 211-15. La FIG. 10 muestra el porcentaje de 50 ppb (0,050 ppm) de contaminantes HMDS que saturan tal dispositivo adsorbente 12 durante un periodo de tiempo dado a 40% de humedad relativa.
- Un producto secundario de la fotocatalisis de contaminantes que contienen Cl (por ejemplo, clorobenceno) es HCl. Ventajosamente, el dispositivo adsorbente 12 que tiene carbón activado impregnado eliminará selectivamente constituyentes ácidos del flujo de fluido 16.
- El sistema de eliminación de contaminantes 10 puede ser aplicado a sistemas de manejo de aire para convertir VOCs en compuestos no dañinos. Ventajosamente, el sistema de eliminación de contaminantes 10 será capaz de eliminar contaminantes que los dispositivos de la técnica anterior no son capaces de eliminar, tales como compuestos orgánicos que contienen heteroátomos siloxanos, silanos y compuestos que pueden desactivar el catalizador o el reactor catalítico 14. Por ejemplo, en ambientes en los que existen contaminantes que pueden desactivar el fotocatalizador del reactor catalítico 14, reversible o irreversiblemente, el sistema de eliminación de contaminantes 10 preferiblemente incluye al menos un dispositivo adsorbente 12 aguas arriba del reactor catalítico 14. De manera similar, si la reacción fotocatalítica que tiene lugar dentro del reactor catalítico 14 genera un producto con el potencial para desactivar el catalizador, el sistema de eliminación de contaminantes 10 preferiblemente incluye al menos un dispositivo adsorbente 12 situado aguas arriba del reactor catalítico 14.

- 5 En una realización, los catalizadores utilizados en el reactor catalítico están diseñados para ser resistentes a la desactivación. Por ejemplo, el catalizador puede ser un dióxido de titanio dopado adecuado, o el catalizador puede ser seleccionado del grupo que consiste en dióxido de titanio, óxido de cinc y óxido de estaño, o tener cristalitas de menos de 14 nanómetros de diámetro y al menos 200 m<sup>2</sup> de área superficial/cm<sup>3</sup> de volumen esquelético en poros cilíndricos de 6 nanómetros de diámetro o más, o tener una capa de recubrimiento que es transparente a la radiación UV y tiene una red de poros interconectados que permite que una porción de especies de VOC pase a través de la capa de recubrimiento pero al menos retarda el paso de otra porción a través de la capa de recubrimiento.
- 10 Los dispositivos adsorbentes 12 que pueden ser utilizados aguas arriba del reactor catalítico 14 incluyen carbones activados impregnados o no impregnados, grafitos porosos polimorfos, arcillas, sílices, zeolitas naturales o sintéticas, zeolitas mesoporosas, tales como MCM-41 y adsorbentes hidrófobos tales como silicalita.
- 15 Si ni el propio contaminante del flujo de fluido 16 ni sus productos de reacción desactivan el catalizador en el reactor catalítico 14, pero los productos de reacción que resultan del reactor catalítico 14 son no deseados, los dispositivos adsorbentes 12 pueden ser situados aguas abajo del reactor catalítico 14 para eliminar estos productos de reacción del flujo de fluido 16. Como se muestra en la FIG. 1, uno o más dispositivos adsorbentes 12 pueden ser situados tanto aguas arriba como aguas abajo del reactor catalítico 14.
- 20 En una realización, el dispositivo adsorbente 12 se sitúa aguas abajo del reactor catalítico 14. El dispositivo adsorbente 12 situado aguas abajo del reactor catalítico puede incluir cualquiera de los materiales citados anteriormente para su uso en el dispositivo adsorbente de aguas arriba. Además, pueden utilizarse reactantes sólidos tales como óxidos, hidróxidos, oxidantes o agentes formadores de complejos. Los reactantes sólidos son utilizados para eliminar cualquier producto de oxidación ácido y pueden ser configurados como camas empaquetadas, como micropartículas embebidas en filtros plisados, o como revestimientos en estructuras monolíticas. Las macropartículas embebidas en filtros plisados minimizarán la pérdida de carga en el sistema de eliminación de contaminantes 10.
- 25 Algunos contaminantes que no son objetivo o sus productos de oxidación pueden también ser eliminados mediante reacciones catalíticas heterogéneas (no fotoactivadas). En este caso, el dispositivo adsorbente 12 y el reactor catalítico 14 podrían ser integrados juntos para servir a ambas funciones, mezclando el reactante sólido o catalizador con el material adsorbente y aplicándolos a la estructura de soporte, por ejemplo una estructura de nido de abeja, o aplicándolas independientemente como capas en la estructura de soporte.
- 30 Alternativamente, otros materiales pueden ser utilizados en el dispositivo adsorbente 12, tanto aguas arriba como aguas abajo del reactor catalítico 14. Por ejemplo, el dispositivo adsorbente 12 puede incluir catalizadores para llevar a cabo reacciones de oxidación alternativas que pueden ser del tipo de metal soportado, incluyendo paladio (Pd) y/o platino (Pt) sobre alúmina y óxido de manganeso. En este caso, pueden utilizarse camas empaquetadas estructuras monolíticas. En flujos de aire de baja humedad, también puede utilizarse un catalizador del tipo hopcalita, que es una mezcla de óxido de manganeso (MnO) y óxido de cobre (CuO).
- 35 En una realización, los carbones activados u otros materiales utilizados en dispositivos adsorbentes 12 son reemplazados en momentos prescritos cuando la capacidad adsorbente de los dispositivos se excede.
- 40 Alternativamente, los dispositivos adsorbentes 12 pueden ser regenerados in-situ utilizando un ciclo de adsorción/desadsorción). Los adsorbentes pueden ser regenerados mediante fluctuaciones de temperatura, presión o concentración.
- En una realización de ejemplo, la regeneración se lleva a cabo por la noche. Este método de regeneración es ideal para aplicaciones que implican edificios comerciales o escuelas, puesto que los sistemas de ventilación con calefacción y el aire acondicionado (HVAC) en tales edificios se apagan rutinariamente por la noche, cuando no hay necesidad de suministrar aire limpio.
- 45 Otro método de regeneración implica utilizar dos dispositivos adsorbentes 12 que operan desfasados de manera que mientras un dispositivo está purificando el flujo de aire que entra en el edificio, el otro dispositivo está siendo regenerado.
- 50 Las oscilaciones de temperatura para la regeneración pueden ser logradas utilizando un dispositivo de calentamiento que genera corriente eléctrica, microondas, ondas infrarrojas, o cualquier otra fuente de calor adecuada. En una realización, la regeneración se logra utilizando un cambio de presión. Esta realización está particularmente bien adaptada para su uso en aviones, donde un vacío a gran altitud puede lograr la necesaria oscilación de presión.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de eliminación de contaminantes (10) para eliminar de manera selectiva contaminantes del flujo de fluido (16), comprendiendo el sistema de eliminación de contaminantes (10):
  - 5 un reactor catalítico (14) que contiene un catalizador y una fuente de luz, estando el reactor catalítico (14) configurado para eliminar contaminantes de un flujo de fluido (16);
  - un primer dispositivo adsorbente (12) que contiene un material adsorbente, estando el primer dispositivo adsorbente (12) situado aguas arriba, con respecto a una dirección del flujo de fluido (16), del reactor catalítico (14);
  - un segundo dispositivo adsorbente (12) que contiene un material adsorbente, estando el segundo dispositivo adsorbente (12) situado aguas abajo, con respecto a la dirección del flujo de fluido (16), del reactor catalítico (14) y
  - 10 estando el sistema de eliminación de contaminantes (10) caracterizado porque
    - el primer dispositivo adsorbente está configurado para eliminar agentes desactivadores del catalizador del flujo de fluido (16), y uniéndolos químicamente a su superficie, en el que los agentes desactivadores del catalizador se seleccionan del grupo que consiste en siloxanos, silanos, otros compuestos que contienen silicio volátiles o semivolátiles y cualquier combinación de los mismos;
    - 15 el segundo dispositivo adsorbente (12) está configurado para eliminar productos secundarios no deseados que pueden ser generados cuando el reactor catalítico (14) elimina contaminantes del flujo de fluido (16).
2. El sistema de eliminación de contaminantes (10) de la reivindicación 1, en el que el catalizador en el reactor catalítico (14) está depositado en una estructura de nido de abeja que tiene una pluralidad de celdas (18).
3. El sistema de eliminación de contaminantes (10) de la reivindicación 1, en el que el segundo dispositivo adsorbente (12) comprende un segundo catalizador.
4. El sistema de eliminación de contaminantes (10) de la reivindicación 1, en el que el segundo dispositivo adsorbente (12) comprende un reactante sólido.
5. El sistema de eliminación de contaminantes (10) de la reivindicación 4, en el que la configuración de los reactantes sólidos se selecciona del grupo que consiste en camas empaquetadas, micropartículas embebidas en filtros plisados, revestimientos de estructuras monolíticas y combinaciones de los mismos.
6. El sistema de eliminación de contaminantes (10) de la reivindicación 1, y que comprende también un sensor que determina cuándo debe ser reemplazado o renovado el material adsorbente o cuándo debe hacerse avanzar un rollo de material adsorbente.
7. El sistema de eliminación de contaminantes (10) de la reivindicación 1, y que comprende también medios para regenerar el primer dispositivo adsorbente (12) in situ.
8. El sistema de eliminación de contaminantes (10) de la reivindicación 7, en el que el medio para regenerar comprende un medio del grupo que consiste en un medio de hacer oscilar la presión, un medio de hacer oscilar la concentración, un medio de hacer oscilar la temperatura y cualquier combinación de los mismos.
9. El sistema de eliminación de contaminantes (10) de la reivindicación 1, en el que los dispositivos adsorbentes primero y segundo (12) son reemplazados cuando se excede una capacidad adsorbente de los dispositivos.
10. El sistema de eliminación de contaminantes (10) de la reivindicación 1, en el que el primer dispositivo adsorbente (12) y el reactor catalítico (14) están integrados entre sí mezclando el catalizador y el material adsorbente juntos y aplicándolos a una estructura de soporte.
11. El sistema de eliminación de contaminantes (10) de la reivindicación 1, en el que el dispositivo adsorbente (12) y el reactor catalítico (14) se integran juntos aplicando el catalizador y el material adsorbente como capas en una estructura de soporte.

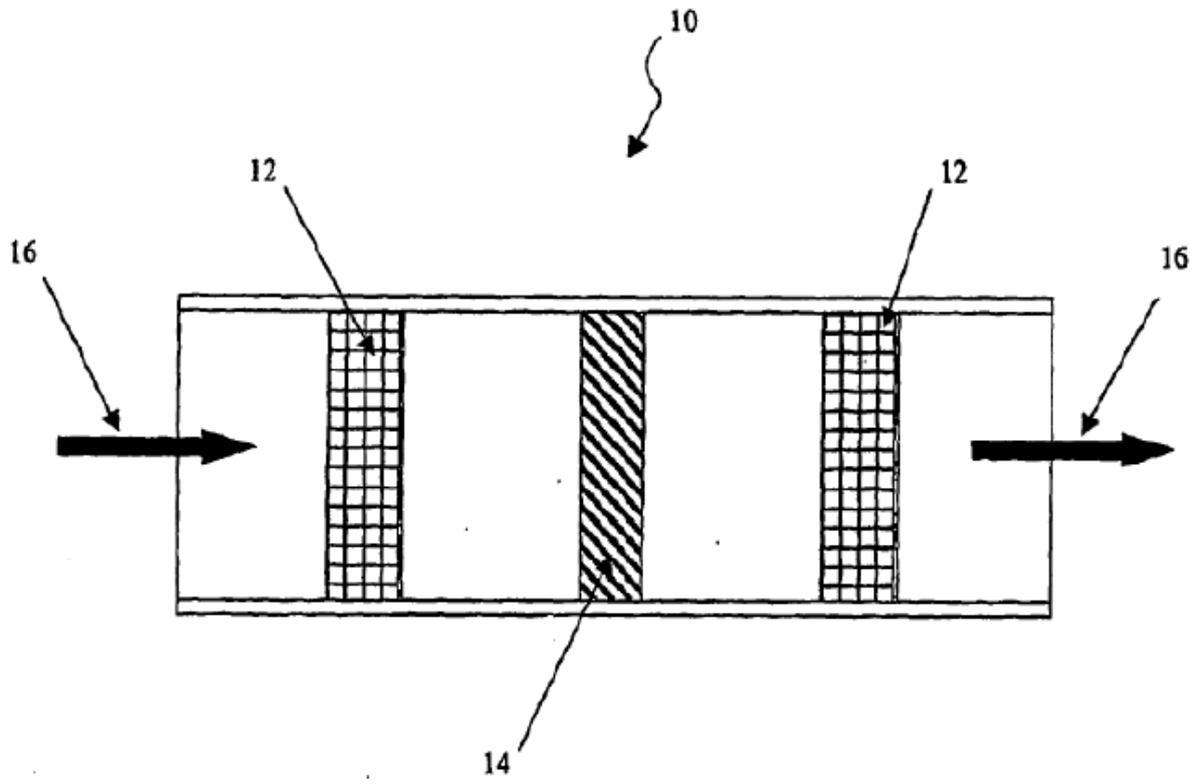


FIG. 1

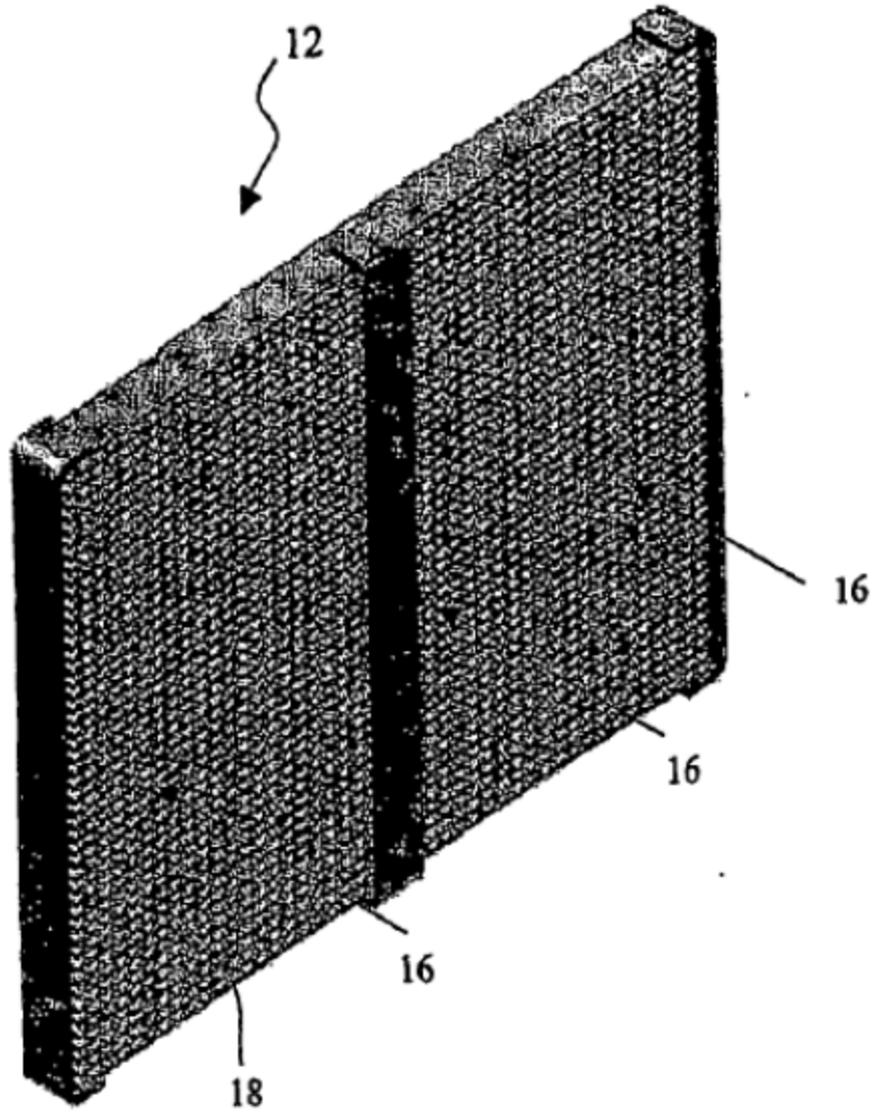


FIG. 2

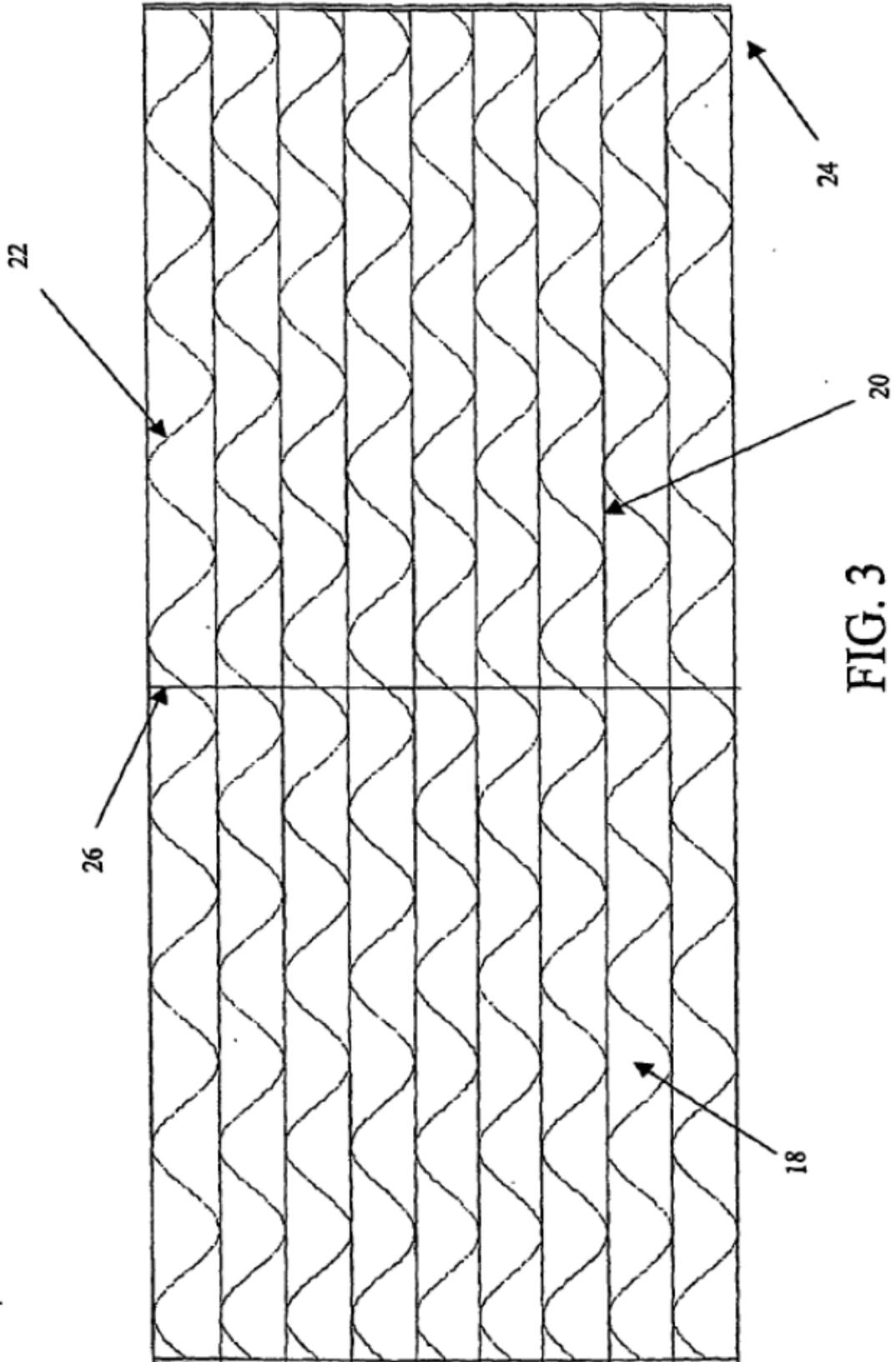


FIG. 3

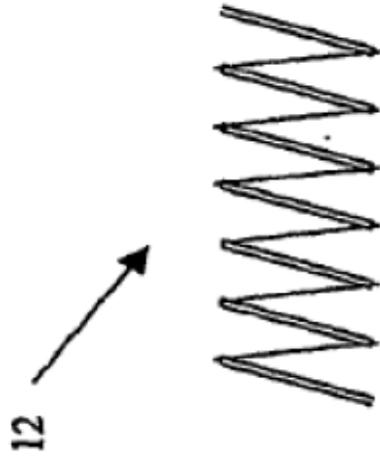


FIG. 6

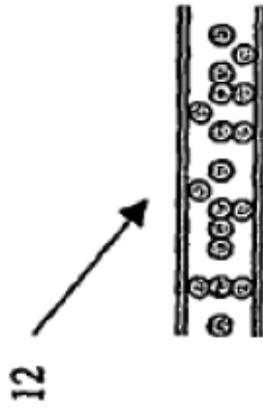


FIG. 5

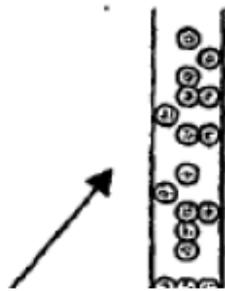


FIG. 4

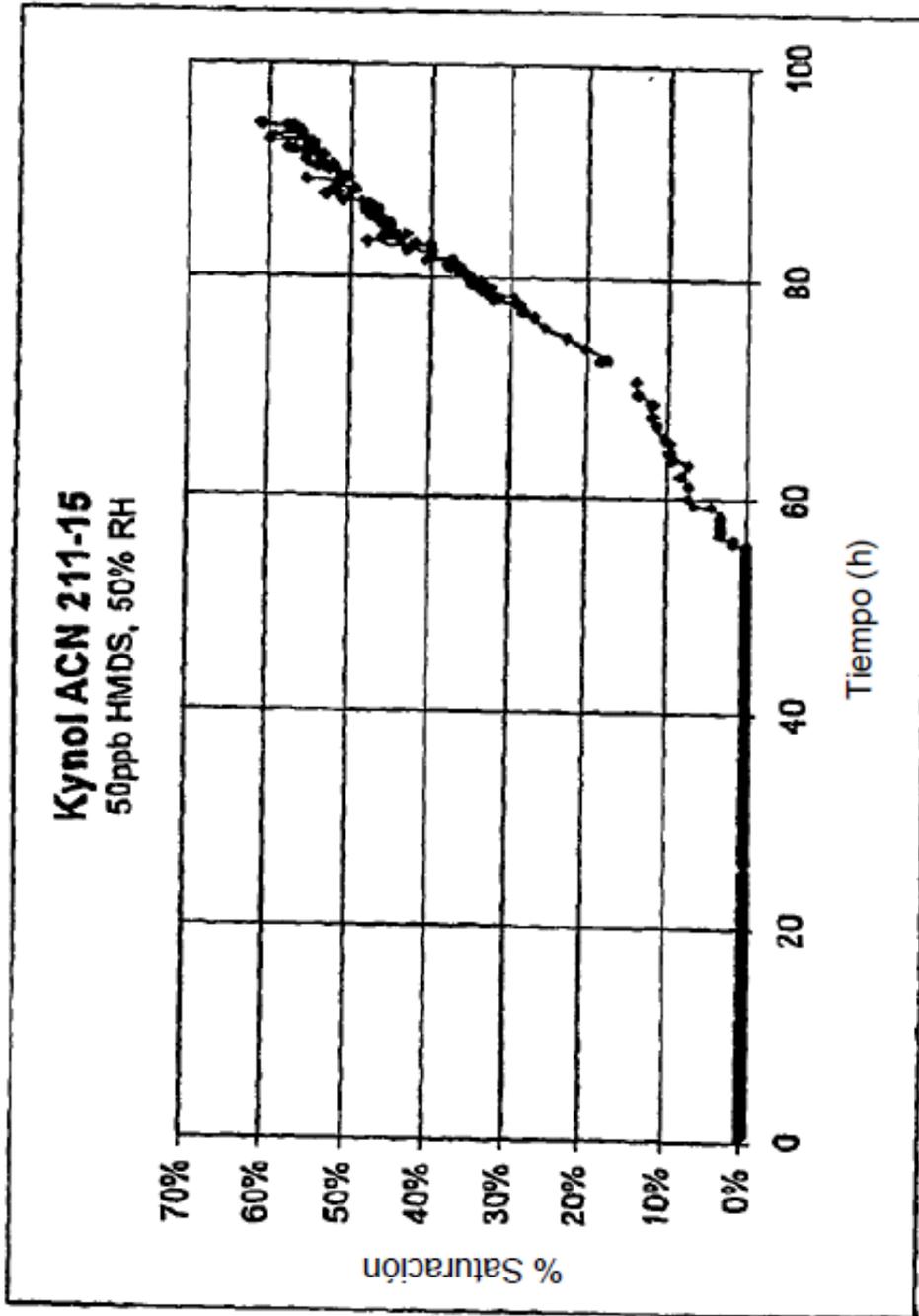


FIG. 7

Filtro de Kynol ACN-211-15-OMCTS 120 ppb, 45% RH, 1,4 ft/s

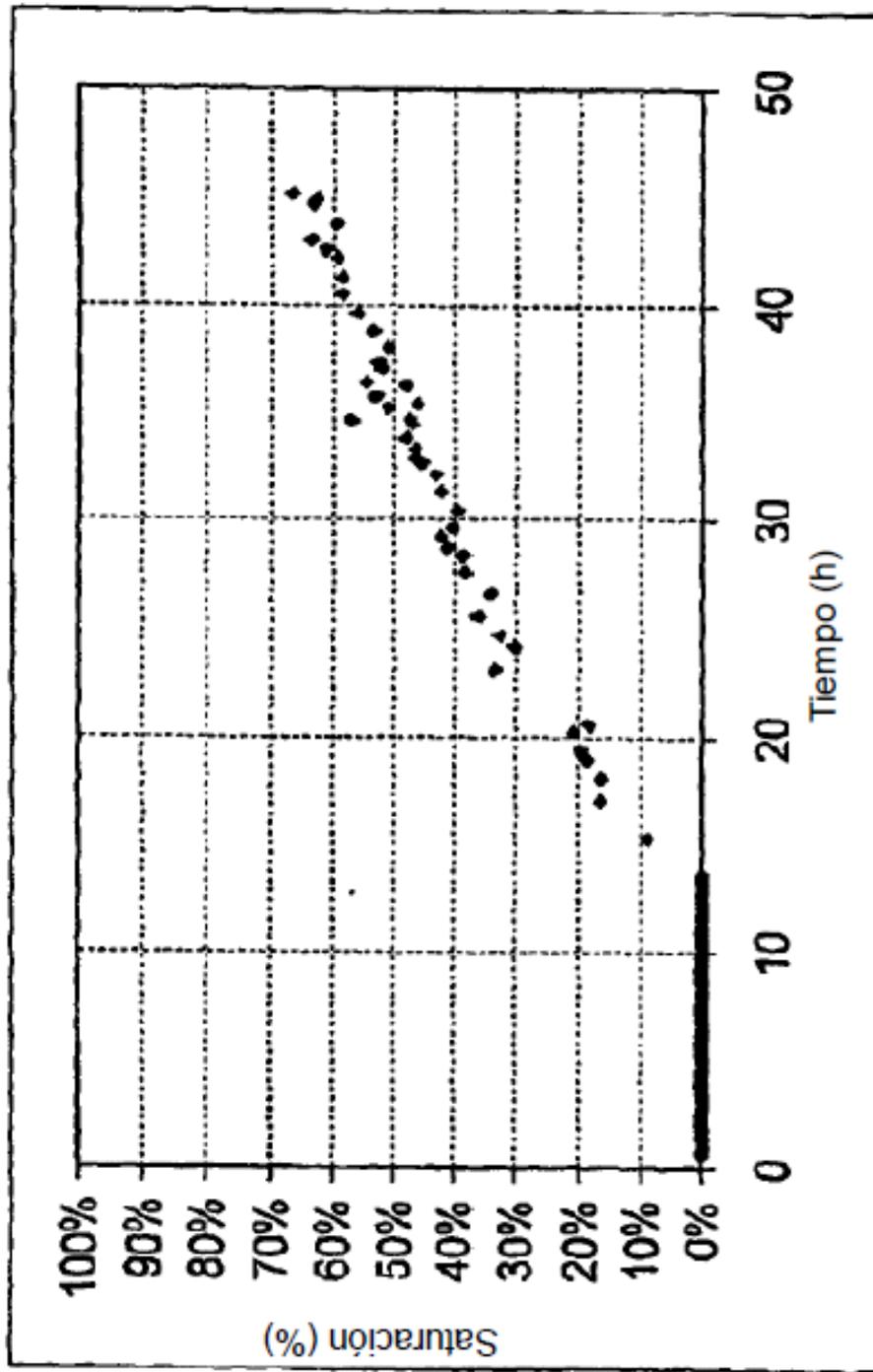


FIG. 8

Filtro de Kynol ACN-211-15 – HMDS 46 ppb, Tolueno 46 ppb, 50% RH, 1,4 ft/s

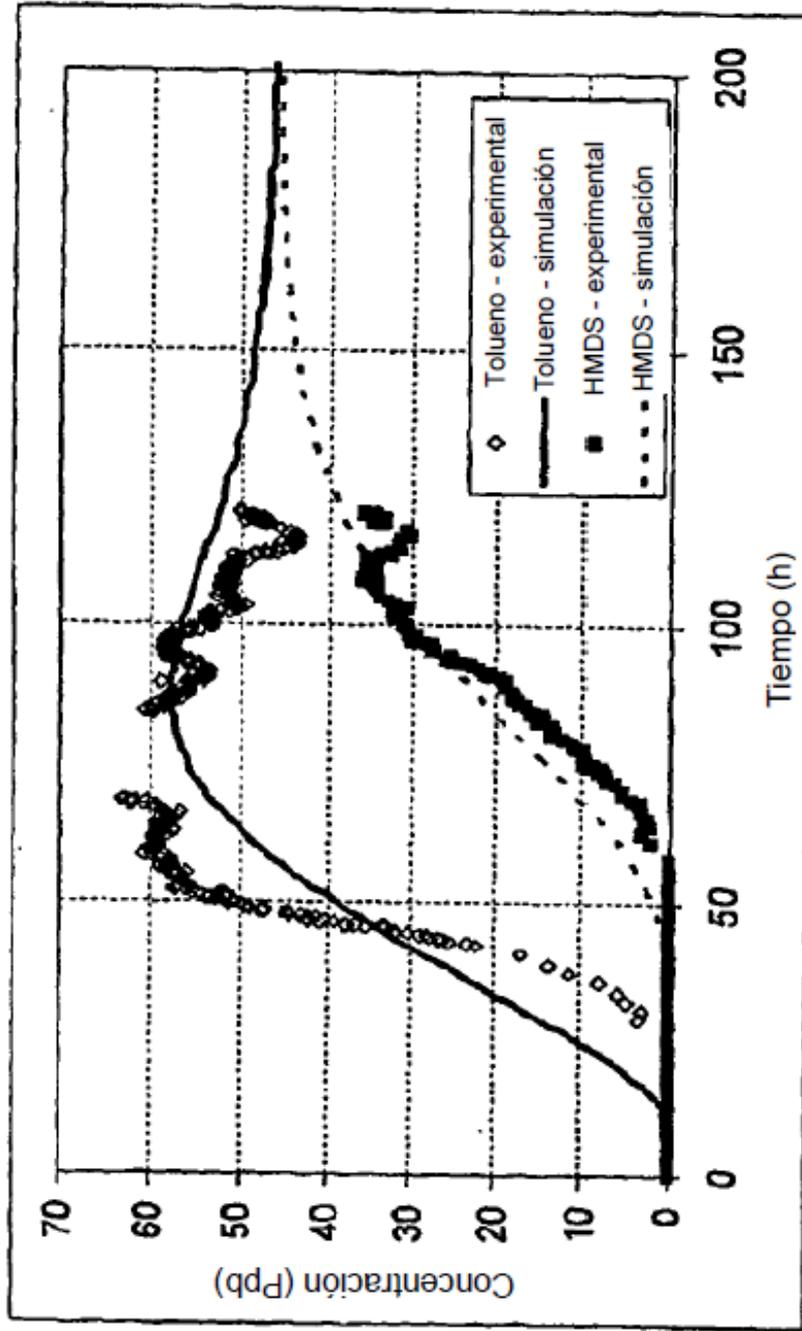


FIG. 9

Ahlstrom Trinitex K808-500 / Filtro de Kynol ACN-211-15 – 50 ppb HMDS, 40% RH, 1,4 ft/s

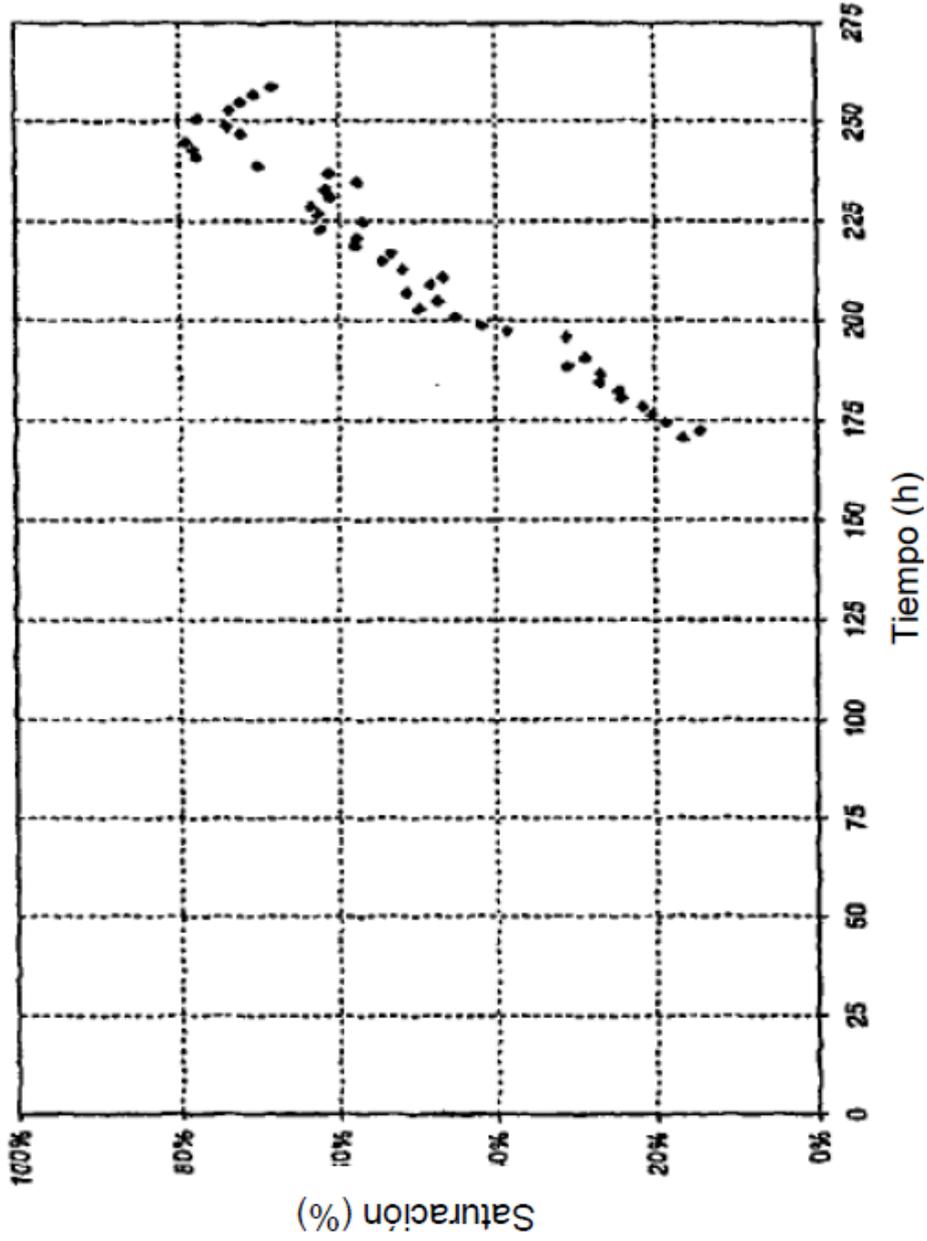


FIG. 10