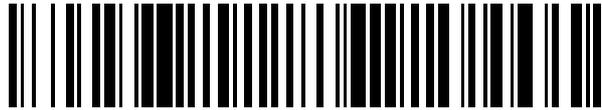


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 388**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/86** (2006.01)  
**B64D 13/00** (2006.01)  
**B01J 35/06** (2006.01)  
**B01J 23/34** (2006.01)  
**B01J 23/50** (2006.01)  
**B01J 23/68** (2006.01)  
**B01J 35/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.09.2007 E 10172659 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2012 EP 2243541**

54 Título: **Sistema para el tratamiento de aire en aeronaves que incluye un medio de conversión de ozono**

30 Prioridad:

**08.09.2006 US 842916 P**  
**08.09.2006 EP 06120347**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.04.2013**

73 Titular/es:

**PARKER HANNIFIN MANUFACTURING  
NETHERLANDS (FILTRATION AND  
SEPARATION) B.V. (100.0%)**  
**Oude Kerkstraat 4**  
**4878 AA Etten-Leur, NL**

72 Inventor/es:

**LEENDERS, PAULUS HENDRIKUS MARIA;**  
**ROKS, MARTINUS FRANCISCUS MARIA;**  
**RATHFELDER, ROBERT WILLIAM;**  
**AULT, BRIAN ANDREW y**  
**VAN OERS, JACOBUS PETRUS CORNELIS  
MARIA**

74 Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique**

**ES 2 400 388 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

Sistema para el tratamiento de aire en aeronaves que incluye un medio de conversión de ozono

## 5 CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La invención se refiere a un medio de conversión de ozono y al uso del mismo en la gestión del aire en aeronaves, para la climatización de cabina y/o la inertización de los tanques de combustible. La invención también se refiere a una unidad de separación de gas que incluye un medio de conversión de ozono y una membrana de fibra hueca adecuados para la retirada selectiva de oxígeno de una merma de un tanque de combustible.

## ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] Las aeronaves comerciales alimentan con aire purgado de un motor de turbina de gas un sistema de control medioambiental (ECS) en el que el aire se trata para obtener aire de cabina de calidad para la comodidad de la tripulación y de los pasajeros. En este respecto, los convertidores de ozono se consideran necesarios para reducir la concentración de ozono en la cabina o el vuelo desde el relativamente alto contenido en ozono atmosférico a altitud de vuelo hasta una media ponderada en el tiempo de 0,1 ppm, el límite superior permitido por los reglamentos de la FAA.

[0003] Los convertidores de ozono convencionales suelen trabajar a alta temperatura para descomponer las concentraciones de ozono a niveles aceptables. La US 5 620 672 describe particularmente bien un catalizador de ozono estratificado. En general, la conversión de ozono sólo se consigue a temperaturas altas y tiempos de residencia largos.

[0004] Por esta razón, estos convertidores de ozono catalíticos siempre están localizados cerca de los puertos de purga, haciendo uso de la alta temperatura del aire purgado, normalmente superior a 200 °C. Después de la descomposición del ozono, el aire tratado se enfriará para climatizar la cabina de pasajeros.

[0005] Además, el mismo aire purgado del motor o aire presurizado se usa hoy en día en sistemas de inertización del depósito de combustible, frecuentemente llamado Onboard Inert Gas Generating System (OBIGGS, sistema generador de gas inerte a bordo). Estos sistemas de inertización del depósito de combustible son la respuesta a una reciente cantidad de accidentes ocurridos como resultado de fuentes de ignición desconocidas dentro del depósito de combustible de la aeronave, a pesar de todos los intentos precedentes para prevenir las explosiones del depósito de combustible mediante la exclusión de fuentes de ignición posibles dentro de los tanques de combustible. Con la tecnología de membrana de fibra hueca se ha demostrado que es posible crear una atmósfera pobre en oxígeno en la merma del depósito de combustible, eliminando así otro factor importante del triángulo del fuego. La US-A-2005/173017 divulga un sistema de inertización para una aeronave que incluye una fuente de aire que incorpora un módulo de separación de aire. El aire purgado del motor o aire presurizado de otra fuente se suministra al módulo de separación de aire.

[0006] La mayoría de las membranas de separación de gas convencionales tienen un rendimiento óptimo a temperaturas bastante inferiores a la temperatura del aire purgado, y tienen un tiempo de vida limitado debido a la intolerancia de las membranas a las altas actividades de ozono que se dan a gran altitud. Por lo tanto, al igual que el ECS, el OBIGGS también exige la reducción de ozono y aplica los mismos convertidores de ozono a alta temperatura. La US-A-2005/173017 intenta ampliar la vida y la fiabilidad de los módulos de separación de aire situando estos módulos después de los medios de conversión de ozono y prerrefrigeradores o intercambiadores térmicos ya implementados en la aeronave para las cuestiones precedentes relacionadas con el ECS. De forma desfavorable, a concentraciones de ozono de 0,1 ppm el tiempo de vida de un módulo de separación de aire sigue estando muy lejos de la media de 30 000 horas de vuelo por las que lucha la industria.

[0007] No obstante, hoy es desfavorablemente necesario un mantenimiento periódico para los típicos convertidores de ozono a alta temperatura, debido a la acumulación de contaminantes, es decir, lubricantes y compuestos orgánicos volátiles (VOC) procedentes de la corriente de aire purgado en las superficies del catalizador. Los filtros existentes no pueden proteger los convertidores de ozono, ya que estos no toleran la alta temperatura, y de este modo están localizados aguas abajo del intercambiador térmico y por lo tanto aguas abajo del convertidor de ozono también.

[0008] Además, actualmente se están llevando a cabo investigaciones dirigidas a reducción la cantidad de aire purgado del motor usado para varios fines en la aeronave, posiblemente cambiando hacia una aeronave más eléctrica. El ECS y el OBIGGS tendrían entonces que ser alimentados por otras fuentes de aire, por ejemplo aire de baja temperatura del exterior de la aeronave. Los intercambiadores térmicos seguirían siendo necesarios para climatizar el aire de la cabina de pasajeros y del módulo de separación de aire, pero ahora para calentar el aire. De forma desfavorable, con la tecnología de conversión de ozono a alta temperatura, tal fase de preclimatización requeriría primero un tratamiento térmico para alcanzar la alta temperatura requerida para conseguir una eficiencia de descomposición de ozono satisfactoria y de nuevo un paso de enfriamiento posterior.

[0009] La WO-A-2006/015858 divulga el paso del aire del proceso de enfriado, preferiblemente aire purgado, por encima de un módulo de separación de aire. Aquí se reconoce que el OBIGGS requiere aire de proceso libre de ozono, para

evitar los daños en el módulo de separación de aire. Para ello, la WO-A-2006/015858 sugiere filtrar de ozono el aire de proceso antes o después del enfriamiento. No obstante, a la publicación le faltan detalles de la catálisis de ozono, menos aún enseña al experto en la materia cómo conseguir suficiente conversión de ozono a temperaturas bajas.

5 [0010] Para el ECS, la WO-A-2005/097303 abordó, al menos parcialmente, el problema de la conversión de ozono a alta temperatura e intentó resolverlo. Para ello, usa un sistema de eliminación de ozono que comprende una primera composición de catalizador que incluye Ag o AgO, que trabaja en un intervalo de temperatura de 100 - 300 °F (38 - 149 °C), y una segunda composición de catalizador a base de paladio localizada aguas abajo, con un intervalo de temperatura de trabajo de 300 - 500 °F (149 - 260 °C). Reivindica que el catalizador combinado tiene una eficacia que hace posible reducir los niveles de ozono tanto del aire purgado del motor como del aire derivado de un compresor dedicado de aire ambiental de 20 pliegues a 0,1 ppm o menos, como actualmente exige la FAA. La WO-A-2005/097303 enseña a evitar metales de transición tales como Mn, basa su catalizador en un soporte de 10 - 100 µm de espesor, y en una cantidad de 1000 - 5000 g/ft<sup>3</sup> de sustrato.

15 [0011] Centrándose en el catalizador de ozono a baja temperatura de la WO-A-2005/097303, los inventores descubrieron que la conversión de ozono se queda atrás a índices de flujo más altos. Para compensar esto, son necesarias cantidades consumidoras de espacio del catalizador. Ante todo, la durabilidad del catalizador de ozono también fue limitada, como se demuestra en los ejemplos anexos.

20 [0012] Por otra parte, en un futuro próximo es muy posible que el límite superior establecido por la FAA baje, ya que los niveles de ozono de 0,1 ppm todavía se consideran perjudiciales para la salud de los seres humanos a intervalos de exposición más largos. Es discutible si los niveles de ozono inferiores se pueden alcanzar con la composición de catalizador de la WO-A- 2005/097303, basada en soportes convencionales. De nuevo requeriría cantidades grandes de catalizador para compensar.

25 [0013] Por lo tanto, existe una necesidad de convertidores de ozono a baja temperatura que se pueden aplicar como alternativa a los convertidores de ozono existentes a alta temperatura de la industria aeronáutica, y que puedan estar mejor protegidos contra cualquier contaminación, y que tengan una alta eficiencia de conversión de ozono, requiriendo sólo cantidades mínimas. También hay una necesidad de un medio de conversión de ozono que permita a un experto en la materia optar por otras fuentes de aire para la climatización de la cabina o la inertización del depósito de combustible, en particular fuentes de aire de baja temperatura, manteniendo la necesidad de intercambio térmico al mínimo. Además, existe una necesidad de convertidores de ozono con una alta eficiencia de conversión de ozono, que puedan ampliar el tiempo de vida de un módulo de separación de aire adecuado en el OBIGGS a más de 30 000 horas de vuelo como media. También existe una necesidad continua en la industria aeronáutica de minimizar el peso, el tamaño y la complejidad, y la urgencia de facilitar el acceso al mantenimiento y reducir los costes de mantenimiento directos.

35 [0014] Sin referencia alguna a la industria aeronáutica, la US 4 871 709 divulga un catalizador de craqueo de ozono que comprende óxido de manganeso activo, que incluye preferiblemente α-MnO<sub>2</sub>, particularmente óxido de manganeso amorfo. La EP 298 531 divulga una separación de gas que comprende una membrana de fibra hueca formada por óxido de polifenileno (PPO).

#### RESUMEN DE LA INVENCION

45 [0015] Un primer objeto de la invención es proporcionar un sistema con un módulo de separación de aire y medios de conversión de ozono a baja temperatura que sean adecuados para el uso en la climatización de la cabina y/o la inertización de los tanques de combustible, que tenga bajos costes de mantenimiento, alta durabilidad y alta eficiencia de conversión de ozono, y que reduzca la cantidad necesaria de intercambio de calor de la actual aplicación a base de aire purgado y de la futura aplicación de fuente de aire a baja temperatura.

50 [0016] Un segundo objeto es proporcionar un sistema con un módulo de separación de aire y un medio de conversión de ozono que mejore la durabilidad y la fiabilidad de cualquier equipamiento instalado posteriormente, más en particular un módulo de separación de aire adecuado para los sistemas de inertización del depósito de combustible reduciendo las concentraciones de ozono a niveles medios por debajo de 0,05 ppm, preferiblemente incluso por debajo de 0,02 ppm, bien solo o en combinación con convertidores de ozono existentes de aeronaves.

60 [0017] Un tercer objeto de la invención es proporcionar un dispositivo de inertización del depósito de combustible que proteja los tanques de combustible de vehículos de los peligros de explosión mediante el mantenimiento de la concentración de oxígeno en la merma de un depósito de combustible continuamente en un nivel seguro, preferiblemente 9 vol% o menos, con una alta durabilidad, preferiblemente de al menos 30 000 horas de vuelo de media sin ningún mantenimiento intermedio o incluso sustitución, pero que, si fuera necesario, sea fácil de instalar y de retirar, con costes de instalación e impacto de peso mínimos.

65 [0018] Un cuarto objeto de la invención es proporcionar un sistema de un módulo de separación de aire y un dispositivo de conversión de ozono en un único conjunto integrado, para simplificar el ensamblaje, la instalación, el mantenimiento

y la sustitución de dispositivos similares pero separados que actualmente se emplean en los sistemas de inertización del depósito de combustible.

[0019] Se descubrió que los inconvenientes mencionados se resuelven y los objetos anteriores se alcanzan hasta cierto punto si se aplica un convertidor de ozono a baja temperatura especial, basado en óxido de manganeso, particularmente del tipo amorfo. La eficiencia de conversión de ozono se mejoró enormemente con respecto al catalizador basado en plata de la WO-A-2005/097303. La prueba de la evidencia se aporta en los ejemplos anexos.

[0020] Tanto la estructura portadora como la configuración del catalizador especial se describen más abajo.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0021] Así, en un primer aspecto la invención se refiere a un sistema adecuado para climatizar la cabina y/o inertizar los tanques de combustible de la aeronave, dicho sistema tiene un módulo de separación de aire y un medio de conversión de ozono a baja temperatura sin tener prerrefrigeradores o unidades de intercambio térmico entremedias, donde dichos medios de conversión de ozono contienen un catalizador de craqueo de ozono que comprende óxido de manganeso activo, con una carga superior a 20 g/l de óxido de manganeso calculado en Mn, dichos medios de conversión de ozono tienen una eficiencia de conversión de ozono superior al 90 % a una temperatura inferior a 120 °C, y donde dicho módulo de separación de aire comprende una membrana de fibra hueca selectivamente permeable que discrimina entre medios de conversión de ozono a baja temperatura de oxígeno y de gases inertes que contiene una composición de catalizador de ozono para la climatización de la cabina y/o la inertización de los tanques de combustible.

[0022] "Medios de conversión de ozono a baja temperatura" se refiere a los convertidores y catalizadores que tienen una eficiencia de conversión de ozono superior al 90%, preferiblemente incluso superior al 95%, de la forma más preferible superior al 97 % a una temperatura inferior a 120 °C, preferiblemente a una temperatura en el intervalo de 20 - 100 °C, más preferiblemente entre 40 - 90 °C.

[0023] En otro aspecto, la invención se refiere al uso del sistema anterior en la gestión del aire de las aeronaves, y a la gestión del aire de la cabina de las aeronaves o a un sistema generador de gas inerte a bordo (OBIGGS) para inertizar tanques de combustible, que incluye el sistema anterior.

#### Composición catalizadora preferida

[0024] Los medios de conversión de ozono son preferiblemente un catalizador de craqueo de ozono tal y como se describe en la GB 2 208 207 y la US 4 871 709. El catalizador de craqueo de ozono comprende óxido de manganeso activo, que incluye preferiblemente  $\alpha$ -MnO<sub>2</sub>, particularmente óxido de manganeso amorfo.

[0025] Los catalizadores de craqueo de ozono que contienen óxido de manganeso amorfo mostrados en las publicaciones de patente mencionadas muestran alta eficiencia de craqueo de ozono a menos de 120 °C, específicamente a 25 - 100 °C.

[0026] Estos catalizadores de ozono convierten el ozono en oxígeno a temperatura ambiente, y se usan actualmente en fotocopiadoras, impresoras láser, lámparas UV, haces de electrones, desodorantes de ozono, equipamiento bactericida/de esterilización, procesadores de superficies de películas, sistemas de tratamiento de agua de ozono y procesadores semiconductores de ozono. No obstante, actualmente, no hay ningún incentivo para un experto en la materia en la industria aeronáutica, especialmente en el campo del control de la gestión del aire, que le hiciera decantarse por el uso de estos catalizadores de craqueo de ozono a temperatura ambiente soportados por estructura de panal en los sistemas de control de aire ambiental de las aeronaves. De hecho, la WO-A-2005/097303 se aparta de los mismos, asociando los metales de transición tales como Mn con la contaminación. Basado en lo mismo, un experto en la materia no encontraría razón alguna para cambiar a catalizadores de óxido de manganeso.

[0027] El catalizador de ozono preferido de la invención puede tener una o varias de las siguientes características.

[0028] Los catalizadores de craqueo de ozono preferidos comprenden  $\gamma$ -MnO<sub>2</sub> pesado con 0,2 - 0,5 cm<sup>3</sup>/g de volumen de poro, al menos 80 m<sup>2</sup>/g de área de superficie específica y 0,7-2,0 cm<sup>2</sup>/g de volumen específico.

[0029] El catalizador de craqueo de ozono de la invención contiene preferiblemente óxido de manganeso amorfo, mostrado como MnO<sub>x</sub> (x aproximadamente 1,8 - 2,0), con un diámetro de microporo medio de 400-800 nm, un área de superficie específica BET de más de 200 m<sup>2</sup>/g, preferiblemente 220 - 300 m<sup>2</sup>/g. Especialmente preferidos son los que no muestran un valor máximo de difracción particular en el intervalo del ángulo de difracción 2 $\theta$  20 - 80 ° en un modelo de difracción por rayos X.

#### Soporte

- [0030] La composición del catalizador de la invención se puede agregar a un soporte que puede tener una estructura polimérica que comprende por ejemplo poli(fenileno óxido), en diferentes formas, por ejemplo fibras (huecas) o espuma polimérica. Alternativamente, el soporte puede tener una estructura textil, por ejemplo tela de carbono.
- 5 [0031] Adicionalmente, se ha descubierto que el catalizador de ozono a baja temperatura de la invención muestra eficiencia de craqueo de ozono mejorada si está soportado por una estructura en panal particular. Tal estructura en panal, preparada por laminación de una lámina tipo placa con una lámina tipo onda, tiene la ventaja sobre otras formas de que ésta reduce la pérdida de presión durante la operación y es adecuada para tratar una gran cantidad de gas.
- 10 [0032] Una estructura en panal en sí misma puede no ser especial. No obstante, se descubrió que el método para preparar la composición del catalizador en una estructura en panal tiene un efecto predominante en la eficiencia del craqueo de ozono, y sólo si se aplica el método para preparar el catalizador como se enseña en la GB 2 208 207 y la US 4 871 709, se obtiene una distribución uniforme ventajosa del catalizador.
- 15 [0033] La estructura en panal comprende un cuerpo monolítico con una pluralidad de canales de flujo de gas finos y paralelos que se extienden a través del mismo. Honeycyle, fabricado por Nichias Corporation, es un buen ejemplo de un portador adecuado de estructura en panal. Preferiblemente comprende un agregado tipo placa de fibras, preferiblemente fibras cerámicas, con un porcentaje de vacío de más del 75% y una densidad de masa aparente (de ahora en adelante denominada ABD) de menos de 0,4, preferiblemente 0,28 - 0,35.
- 20 [0034] En principio, se puede aplicar una estructura de carbono. Preferentemente, los sustratos se pueden extrudir de composiciones tipo cerámica tales como alfa-alúmina, cordierita o mullita, u otros materiales similares altamente refractarios. Este tipo de soportes de catalizador se analiza en gran detalle, aunque en relación con el material catalítico de desodorización, en la EP-A-909 583 y la EP-A-1 142 635.
- 25 [0035] La presente invención emplea preferiblemente un agregado de fibras cerámicas como portador, ejemplos de esto se describen en la publicación de patente japonesa N°: 59-15028. Dicho agregado de fibras cerámicas es preferiblemente un agregado tipo placa de fibras cerámicas seleccionadas de fibras de zirconio, fibras de aluminosilicato, fibras de alúmina y fibras de sílice, preferiblemente unidas entre sí por un gel de ácido silícico. Otros portadores de catalizador preferidos son metal, cordierita o estructuras en panal de mullita, preferiblemente con 0,01 - 0,2 mm de espesor. El aluminio, el titanio o aleaciones de los mismos, o el acero inoxidable se usan preferiblemente como metal. El material de titanio es uno de los portadores preferidos, ya que es ligero en peso y tiene una alta resistencia a la corrosión. Por lo tanto, un catalizador expandido con la composición del catalizador en un portador de titanio es particularmente útil en la industria de la aeronáutica.
- 30 [0036] La pared del agregado de fibra se caracteriza por el hecho de que tiene poros vacantes de más de 500 nm de diámetro y está compuesto por espacios entre las fibras de más de 0,1 cm<sup>3</sup>/g, preferiblemente más de 0.2 cm<sup>3</sup>/g.
- 35 [0037] En una forma de realización preferida, el catalizador de craqueo de ozono está soportado por una estructura en panal que comprende agregados de fibra, agregados de fibra preferiblemente cerámica, de manera que proporcionan más de 0,02 cm<sup>3</sup>/g, más preferiblemente 0,05 - 0,15 cm<sup>3</sup>/g de microporos de 10 - 200 nm de diámetro, donde el agregado de fibra está compuesto por paredes con poros vacantes de un diámetro superior a 500 nm y en una cantidad superior a 0,1 cm<sup>3</sup>/g, más preferiblemente superior a 0,2 cm<sup>3</sup>/g, lo más preferiblemente 0,5 - 1,0 cm<sup>3</sup>/g. La composición del catalizador activo comprende óxido de manganeso y está presente en el agregado de fibra en una cantidad superior a 20 g/l, preferiblemente 70 - 200 g/l, calculado basándose en Mn. El agregado de fibra tiene preferiblemente una estructura en panal que comprende agregados tipo placa de fibra. Preferiblemente tiene un área de superficie específica BET de 200 - 300 m<sup>2</sup>/g y un volumen de microporo de 0,2 - 0,5 cm<sup>3</sup>/g. El diámetro medio del microporo es de aproximadamente 510 - 530 nm. Tal estructura en panal tiene una caída de baja presión, es de peso ligero, tiene una alta resistencia a la corrosión y el catalizador soportado por estructura en panal tiene una alta eficiencia de conversión de ozono y es adecuado para tratar grandes cantidades de gas.
- 40 [0038] El método para preparar micropartículas catalíticas que portan el catalizador se describe en detalle en la US 4 871 709.
- 45 [0039] En resumen, el método implica la inmersión del portador de la estructura en panal descrita anteriormente en una solución acuosa de nitrato de manganeso [Mn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O] con una concentración de 10 - 18% en peso (calculado basándose en Mn). El portador de la estructura en panal sumergido se retira luego de la solución, y una cantidad excesiva de solución se retira del portador por soplado de aire, dejando de este modo nitrato de manganeso en el portador en una cantidad superior a 20 g/l, preferiblemente 20 - 90 g/l. El nitrato de manganeso que contiene el portador se mantiene luego en una corriente de gas de amoníaco de alta concentración a 20 - 40 °C durante más de 2 horas, neutralizando y envejeciendo así el nitrato de manganeso para convertir el nitrato de manganeso en hidróxido de manganeso. La concentración del gas de amoníaco usada es de al menos 10% o más, preferiblemente superior de 40%, y la velocidad lineal (L) de la corriente de gas de amoníaco que pasa a través del catalizador es preferiblemente superior a 0,25 m/s.
- 50
- 55
- 60
- 65

[0040] El catalizador obtenido de este modo se seca con aire a una temperatura de 130 - 150 °C, y el catalizador seco se calcina luego en aire a una temperatura de 300 °C durante 2 horas, obteniendo así el catalizador deseado que contiene óxido de manganeso activo, particularmente del tipo amorfo.

5 [0041] Si la composición del catalizador tiene que ser del tipo cristalino, el tratamiento de gas de amoníaco se puede sustituir por un tratamiento térmico, para eliminar el agua residual y el agua de cristalización por secado, y el catalizador seco luego se calcina a una temperatura de 200 - 400 °C, para descomponer térmicamente nitrato de manganeso en óxido de manganeso.

10 [0042] Obviamente, al experto en la materia se le ocurrirán fácilmente modificaciones, sin apartarse de la invención. Se descubrió que el método anterior para portar un componente catalizador activo en un portador produce una distribución uniforme, sin bloqueo y sin reducir sustancialmente el área de superficie del portador en comparación con la de los métodos de soporte convencionales.

15 [0043] Para llevar el mencionado óxido de manganeso a una estructura en panal metálica, se puede utilizar un aglutinante inorgánico, tal como sol de sílice y sol de alúmina, o un aglutinante orgánico en el método descrito anteriormente. Las resinas hidrosolubles tales como resina alquídica soluble en agua, resina epoxídica, resina de acrílico acuoso, resina de uretano acuoso o resina de acril-uretano acuoso son eficaces para restringir la rotura o la abrupción de las capas del catalizador. Para mejorar la adhesividad de la capa del catalizador y la superficie metálica, se prefiere espumar una capa de catalizador sobre una capa de resina termoinduciendo o termocondensando la resina, o revestir la superficie metálica con el compuesto acuoso que contiene el catalizador mezclado con tales resinas. Un ejemplo de una resina termoestable es resina de acrílico-urea, y ejemplos de resinas termocondensables son resina alquídica (tal como resina alquídica de melamina) y resina epoxídica (tal como resina de epoxi-fenol, resina de epoxi urea).

25 [0044] El solicitante observó que los catalizadores de craqueo de ozono que funcionan particularmente bien son los disponibles comercialmente de Nikki-Universal Co. Ltd., por ejemplo los catalizadores de las series NHC.

[0045] Con los medios de conversión de ozono de la invención es posible tratar aire con altas concentraciones de ozono, para reducir la concentración de ozono de éste por debajo de 0,05 ppm, más en particular por debajo de 0,02 ppm.

#### Aplicaciones

35 [0046] La invención también se refiere a un sistema de control medioambiental (ECS) para gestionar el aire de la cabina de la aeronave, donde el aire que tiene una temperatura por debajo de 120 °C, de la forma más preferible por debajo de 100 °C pasa a través de un sistema que comprende los medios de conversión de ozono según la invención, y a un sistema generador de gas inerte a bordo (OBIGGS) para inertizar los tanques de combustible, donde el aire pasa a través de un medio de conversión de ozono que contiene una composición de catalizador soportada sobre una estructura en panal, y donde el aire tratado con ozono pasa a través de una membrana de fibra hueca, para eliminar al menos una parte del oxígeno presente en el aire tratado con ozono.

40 [0047] El aire puede ser aire purgado proporcionado por las turbinas del motor o aire presurizado de otra fuente. Alternativamente, el aire proporcionado al OBIGGS puede ser aire proporcionado por el ECS, denominado aire de cabina. También puede ser posible reemplazar al menos parte del aire purgado proporcionado al OBIGGS y/o al ECS por aire a baja temperatura, preferiblemente por debajo de 120 °C, de la forma más preferible por debajo de 100 °C, por ejemplo aire de pistón u otras fuentes de aire de temperatura baja del interior o del exterior de la aeronave.

45 [0048] El ECS y/o el OBIGGS que contiene el sistema que incluye los medios de conversión de ozono según la invención reduce las concentraciones de ozono por debajo de 0,05 ppm, más preferiblemente por debajo de 0,02 ppm en la salida, y a una temperatura inferior a 120 °C, preferiblemente a una temperatura inferior a 100 °C, si se mide de acuerdo con el método dado en el informe n°: DOT-P-15-89-5, Airliner Cabin Environment: Contaminant Measurements, Health Risks and Mitigation Options (Entorno de cabina de aeronave de transporte: medidas contaminantes, riesgos para la salud y opciones de mitigación), diciembre 1989, del United States Department of Transportation (Departamento de Transporte Estadounidense).

50 [0049] Los medios de conversión de ozono de la invención pueden reemplazar a los convertidores de ozono existentes, o se pueden aplicar en serie con los mismos. Es incluso posible reducir la concentración de salida de ozono incluso más allá de los límites mencionados, dependiendo de la concentración de entrada, el número de discos convertidores de ozono aplicados en serie y demás optimizaciones de temperatura de trabajo y concentración de catalizador.

#### Conversión VOC

55 [0050] Se observa que la eficiencia de los medios de conversión de ozono, especialmente su durabilidad, y - asociado a las misma - el tiempo de vida de cualquier equipamiento para aeronaves posterior, en particular módulos de separación de aire, se pueden mejorar aún más mediante la filtración de vapor de hidrocarburo, lubricantes y otros contaminantes de partícula sólida del aire antes de ser proporcionados a los medios de conversión de ozono.

5 [0051] Si los convertidores de ozono anteriores están precedidos por un filtro, la acumulación de contaminación en el catalizador se reduce o incluso se evita, extendiendo así la eficacia del convertidor de ozono durante un periodo de tiempo más largo.

10 [0052] Especialmente se prefiere usar un medio de conversión VOC en serie con los medios de conversión de ozono en caso de que la fuente de aire sea aire purgado y/o el módulo de separación de aire debe tener un tiempo de vida extendido de 30 000 horas de vuelo de media. Por razones obvias, los medios de conversión VOC está localizados aguas arriba de los medios de conversión de ozono. Alternativamente, la composición de catalizador VOC puede estar presente encima de la misma o de otra estructura en panel diferente de los medios de conversión de ozono que sostienen la composición de catalizador de ozono.

15 [0053] El uso de filtros para retirar VOC se conoce en la industria aeronáutica. No obstante, al igual que la tecnología de conversión de ozono existente, estos funcionan apropiadamente a altas temperaturas, preferiblemente 150 - 200 °C. Se ha descubierto que se pueden aplicar medios de conversión de VOC con mejor eficiencia. Un ejemplo de esto puede ser el VOC convertido en un catalizador activado por plasma a baja temperatura como se describe en la JP-A-11-319486. Otros medios de conversión de VOC adecuados pueden ser un catalizador de la serie NH como el de Nikki Universal Co. Ltd.. Incluso más preferiblemente, los medios de conversión de VOC se pueden aplicar a baja temperatura, donde "baja temperatura" tiene el significado que se ha definido anteriormente en relación con los medios de conversión de ozono.

#### OBIGGS

25 [0054] Si los medios de conversión de ozono se aplican en el OBIGGS, éste está inmediatamente seguido de una membrana de fibra hueca implicada en el tratamiento de separación del gas, sin tener prerrefrigeradores o unidades de intercambio térmico entremedias. Más convenientemente, los medios de conversión de ozono y la membrana de fibra hueca se pueden integrar en un único alojamiento, que opcionalmente contiene además los medios de conversión de VOC, para minimizar el peso, el tamaño y la complejidad y facilitar el acceso para el mantenimiento.

30 [0055] Por lo tanto, la invención se refiere a una unidad de separación de gas adecuada para generar gas inerte, preferiblemente aire enriquecido con nitrógeno, en un vehículo que tiene un depósito de combustible, preferiblemente una aeronave, esta unidad contiene el medio de conversión de ozono de la invención, y un medio de separación de gas adecuado para eliminar de forma selectiva el oxígeno, localizado aguas abajo de los medios de conversión de ozono, y donde la unidad no tiene medios de calefacción o refrigeración. La unidad de separación de gas del OBIGGS de la invención es un diseño ligero y fiable que es práctico para el reajuste dentro de una aeronave. Los medios de separación de gas pueden ser cerámicos. Los medios de separación de gas son una membrana de fibra hueca.

35 [0056] En el contexto de la invención, donde lo importante es la eliminación del oxígeno del aire, "la separación de aire" y "la separación de gas" se consideran intercambiables.

40 [0057] Los medios de separación de gas incluyen membranas selectivamente permeables que discriminan entre oxígeno y gases inertes, de la forma más preferida nitrógeno. Al ser más permeable al oxígeno que al nitrógeno, la membrana se puede utilizar para separar oxígeno de una corriente de aire (es decir, el aire purgado) de aproximadamente 79 vol% de nitrógeno y 21 vol% de oxígeno fluyendo el aire a través de tal membrana. El oxígeno pasará preferentemente y se puede recapturar al otro lado de la membrana, mientras que el nitrógeno pasará menos preferentemente, creando así una corriente de aire enriquecida con oxígeno en el lado permeado de la membrana y una corriente de aire enriquecida con nitrógeno en el lado retenido. La proporción de permeabilidades para ambos gases determina la eficiencia de la membrana.

45 [0058] Preferiblemente, la membrana permeable de gas es muy fina para promover un alto flujo de gas. Se prefiere un perfil de densidad no uniforme o estructura de membrana compuesta. En una membrana de perfil de densidad no uniforme el cuerpo de la membrana contiene poros de huecos de tal manera que la densidad de la estructura varía con la distancia desde un lado de la membrana al otro en la dirección del flujo de la transmembrana. La no uniformidad es preferiblemente asimétrica en que la membrana tiene una piel densa en un lado e incorpora huecos que aumentan en concentración con la distancia desde el otro lado. Tales fibras huecas se fabrican por hilatura de solución asimétrica, que es un proceso tipo coextrusión que permite que se formen fibras "tipo compuesto" en un proceso continuo.

50 [0059] Para que se seleccione un módulo de separación de gas para usarse en combinación con el medio de conversión de ozono de la invención y en los sistemas de inertización del depósito de combustible de un vehículo, preferiblemente una aeronave, el módulo de separación de aire tiene que cumplir los siguientes requisitos: la membrana de separación de gas debería tener un selectividad de oxígeno/nitrógeno de al menos 3, a una temperatura entre 20 - 120 °C, más preferiblemente por debajo de 100 °C.

65 [0060] Se obtuvieron buenos resultados utilizando una membrana de fibra hueca hecha de óxido de polifenileno (PPO) preparada según la EP-A-298,531, fabricada en poli(óxido de 2,6-dimetil-p-fenileno) o poli(óxido de 2,6-dimetil- 1,4-

fenileno) con un alto peso molecular, del orden de  $10^5$  -  $10^6$ . La capa superior tiene un espesor inferior a 100 nm, más preferiblemente inferior a 50 nm. Estas fibras asimétricas huecas se pueden ensamblar en fajos de 2 - 20 000 fibras en un módulo. Estos fajos de fibras se consideran sinónimos de la membrana de separación de gas o membrana de fibra hueca en el contexto de la invención. El gran diámetro de las fibras las hace mucho menos vulnerables a los daños por contaminación o fluctuaciones en la presión de suministro.

[0061] El módulo preferiblemente comprende una entrada para la mezcla gaseosa que se debe separar y dos salidas, para el permeado por una parte, y el retenido por otra. Si se desea, también se pueden conectar diferentes módulos en serie o en paralelo entre sí para obtener una separación de gas inmóvil aún más óptima.

[0062] La unidad de separación de gas reduce el riesgo de explosión de un depósito de combustible de una aeronave, proporcionando un vapor de combustible de forma no explosiva sobre el depósito de combustible líquido, a veces denominado lavado de merma de un tanque. Para los fines de la invención, un tanque se considera inerte cuando la concentración global media de oxígeno en los compartimentos del tanque es de 12 vol% o menos a nivel del mar. Cuando el combustible se va consumiendo, el nivel de combustible líquido del tanque baja y se sustituye por la corriente de aire enriquecida con nitrógeno de aire tratado, purgado, enfriado o aire de otra fuente presurizada. El OBIGGS mantiene de este modo los tanques a niveles de inertización apropiados durante el vuelo.

[0063] En una forma de realización de la presente invención la unidad de separación de aire además contiene un medio de conversión de VOC como el descrito anteriormente.

[0064] La invención también se refiere a un método para inertizar la merma de un depósito de combustible de un vehículo, donde el método implica la provisión de aire a una temperatura en el intervalo de 20 - 120 °C, preferiblemente inferior a 100 °C, más preferiblemente incluso inferior a 70 °C, a través de la unidad de separación de gas mencionada anteriormente, para obtener una corriente de aire enriquecida con nitrógeno y una corriente de aire enriquecida con oxígeno, donde el aire enriquecido con nitrógeno se proporciona al depósito de combustible.

[0065] Aunque el principio de inertización del depósito de combustible se puede aplicar a cualquier vehículo que tenga un depósito de combustible, el impacto de las mezclas de vapor de combustible potencialmente explosivo e inflamable que existe en los tanques de combustible es de particular interés para aplicaciones en aeronaves. El vehículo puede ser una aeronave militar o comercial.

[0066] Actualmente, el OBIGGS utiliza aire del(de los) motor(es) o de otra fuente de aire presurizado, esta corriente de aire está sometida primero a tratamiento de ozono a alta temperatura, enfriamiento y filtración, respectivamente, antes de ser transferida a la unidad de separación de gas. El OBIGGS de la invención es diferente por el hecho de que éste puede incluir ahora i) una entrada para recibir una corriente de aire del motor u otra fuente de aire presurizado; ii) un intercambiador térmico aguas abajo de la entrada; iii) opcionalmente un filtro; y un sistema que comprende (iv) un convertidor de ozono a baja temperatura; y (v) una membrana de separación de aire. En otras palabras, la corriente de aire se somete primero a tratamiento de intercambio térmico y después a tratamiento de ozono, opcionalmente precedido por filtración y separación de gas. El intercambio térmico se puede utilizar para calentar o enfriar el aire que se va a someter al tratamiento de ozono, dependiendo de la fuente de aire elegida. Unos pasos mínimos (iv) y (v), y opcionalmente también el paso (iii) se combinan en una unidad de separación de gas, esta unidad de separación de gas está localizada aguas abajo del intercambiador térmico y es adecuada para suministrar un flujo de gas enriquecido con nitrógeno a un depósito de combustible. El filtro protege ahora tanto la membrana de separación de aire como el convertidor de ozono, aumentando de este modo la eficiencia del convertidor de ozono y ampliando el periodo de vida de la unidad de separación de gas, reduciendo así el mantenimiento.

[0067] La unidad de separación de gas de la invención permite ventajosamente al experto en la materia usar aire a baja temperatura, tal como el aire de la cabina o aire del pistón, como fuente de aire para el aire enriquecido con nitrógeno, en vez del aire a alta temperatura purgado, presurizado, contaminado de los motores. Hasta ahora no se ha utilizado el aire de cabina y de pistón como alternativa razonable para el aire purgado, al menos debido en parte a la necesidad de las altas temperaturas para la eliminación del ozono. Por lo tanto, en una forma de realización preferida el OBIGGS usa aire de cabina y/o aire de pistón, de la forma más preferible aire de cabina, como fuente de aire proporcionado a la unidad de separación de gas de la invención.

[0068] El sistema de inertización del depósito de combustible u OBIGGS que incorpora la unidad de separación de gas de la invención puede estar localizado principalmente dentro de un espacio del paquete de aire acondicionado, en las áreas de carenado adyacentes al ala o en otras áreas adecuadas de la aeronave. La unidad de separación de gas se puede implementar cerca de uno o varios de los tanques de combustible presentes a bordo, incluidos los tanques de combustible centrales y del ala. Podría adaptarse para varias aplicaciones y OBIGGS conocidos en la técnica, tal y como se describe en la US-A-2005/0247197 y la US-A-2005/0173017. Estos documentos también enseñan al experto en la materia cómo controlar los índices de flujo de gas enriquecido con nitrógeno durante las diferentes fases del vuelo. Si la unidad de separación de gas se implementa en sistemas existentes de inertización de depósitos de combustible utilizando aire presurizado de una fuente de aire, no hay razón para cambiar ningún paso del procedimiento conocido en la técnica. No obstante, si se selecciona una fuente de aire que no sea de aire purgado, un experto en la materia tendrá en cuenta la adaptación del OBIGGS a la nueva fuente de aire. De hecho, el OBIGGS será una versión simplificada de

su homólogo existente, dado que las diferencias en las condiciones atmosféricas durante el ascenso, el crucero y el descenso ya se han contabilizado en el suministro de aire de cabina.

5 [0069] Además, también es evidente que la unidad de separación de gas de la invención podría igualmente emplearse para inertizar un entorno de tanque que no fuera de combustible, tal como una bodega de equipaje, o para proporcionar un sistema de supresión de incendios en áreas seleccionadas del vehículo. De la forma más preferible, la unidad de separación de gas de la invención estará adaptada simultáneamente para proporcionar un sistema de supresión de incendio en otras regiones de la aeronave, tal como una bodega de equipaje.

10 EJEMPLOS

Ejemplo 1 - Medios de conversión de ozono

15 [0070] Un convertidor de ozono adecuado es el RIHO-05-0801 disponible en Nikki-Universal Co. Ltd. (Japón), cuyos ingredientes activos son  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  y  $MnO_2$ .

[0071] El convertidor de ozono y su proceso de preparación se describen en detalle en el ejemplo 1 de la GB-A-2 208 207 y la US 4 871 709.

20 Ejemplo 2a - Eficiencia del catalizador de ozono

[0072] El índice de conversión de ozono del convertidor de ozono según el ejemplo 1 se determinó a varias temperaturas y concentraciones de ozono, aportando un flujo de entrada de  $60\text{ m}^3/\text{hr}$  y una presión de entrada de 2,5 bares.

25 [0073] La concentración de ozono en la entrada se varió desde 0,05, 0,1, 0,3 a 1,5 ppm, y la temperatura del ozono y del aire fue de 50, 60,70 y 80 °C. Los experimentos se realizaron con convertidores de ozono únicos y series de los mismos.

30 [0074] La eficiencia de conversión de ozono en la salida del convertidor de ozono se resume en la tabla 1.

**Tabla 1: Eficiencia de conversión de ozono a varias temperaturas**

T (°C)	Disco único	Dos discos en serie
50	97%	>99%
60	97.6%	>99%
70	98.9%	>99%
80	99%	>99%

35 Ejemplo 2b - Eficiencia del catalizador de ozono

[0075] En un entorno cerrado de 15 l se generó una concentración de ozono de aproximadamente 1000 ppm. Luego, el aire con una alta concentración de ozono se recirculó a temperatura ambiente en el convertidor de ozono según el ejemplo 1, hasta que se obtuvo una concentración de ozono inferior a 1 ppm.

40 [0076] La prueba se repitió con otro convertidor de ozono.

[0077] Los resultados de la prueba están reflejados en la tabla 2a y 2b para ambos catalizadores respectivos, medidos con humedades relativas diferentes. En este respecto, cuanto menor fue el tiempo en el que se realizó la reducción de ozono, más eficaz fue el convertidor de ozono.

**Tabla 2: Eficiencia de conversión de ozono a TA con humedades relativas diferentes (% HR)**

	Veza (veces) a 45 % HR	Veza (veces) a 95 % HR
Convertidor de ozono según ejemplo 1	41 - 51	82 - 92
Convertidor de ozono II	323 - 385	1510

50

Ejemplo comparativo I

5 [0078] El índice de conversión de ozono del convertidor de ozono según el ejemplo 1 se determinó y comparó con 2 convertidores preparados según las instrucciones dadas en la US 4 871 709, con Ag/TiO<sub>2</sub> y AgO/TiO<sub>2</sub> como ingredientes activos a varias temperaturas, concentraciones de ozono y velocidades de flujo, dada una presión de entrada de 2,5 bares. En aras de la exhaustividad, se menciona que el tamaño de los catalizadores usados aquí es mucho menor que el del ejemplo 2, donde se aplicaron índices de flujo de 60 m<sup>3</sup>/h. Existen pautas en la técnica para seleccionar el tamaño de la corriente que debe ser tratada (el llamado valor GHSV, que es inverso al tiempo de estancia).

10 [0079] Los convertidores de ozono basados en plata representan los descritos en la WO-A-2005/097303.

15 [0080] La concentración de ozono en la entrada se varió de 0,02, 0,1 a 1,0 ppm, la velocidad de flujo de 0,8,5 a 10 m<sup>3</sup>/h, donde los índices de flujo se normalizaron a estándares de STP, es decir temperatura y presión estándar: 0 °C y 1,013 bar absoluto (1 atm). El ozono y la temperatura del aire fue de 25 y 60 °C. Los experimentos se realizaron con convertidores de ozono únicos de 22mm de diámetro y 50mm de longitud. La densidad celular del convertidor de ozono, que contiene MnO<sub>2</sub> como sustancia activa, según el ejemplo 1a es de 500 cpi<sup>2</sup> (células por pulgada encuadrada), mientras que la densidad celular de Ag y AgO que contiene muestras es de 800 cpi<sup>2</sup>.

20 [0081] Se llevaron a cabo experimentos de forma preliminar con 10 ppb de concentración de entrada de ozono a 60 °C y 0,8 m<sup>3</sup>/h; se mostró una pérdida de ozono de menos de 0,5 ppb, y dos puntos más a 25 °C y 0,8 m<sup>3</sup>/h con concentraciones de entrada de ozono de 134,2 y 34,5 ppb, que dieron como resultado concentraciones de salida de 133 y 33,6 ppb, respectivamente. Por lo tanto, la pérdida de ozono es insignificante.

25 [0082] Los resultados se recogen en la tabla 3. En esto, la eficiencia de conversión de ozono de las diferentes muestras en la salida de los convertidores de ozono se normalizó para la densidad celular. La normalización se hizo dividiendo el índice de conversión por la densidad celular de la muestra multiplicada por la densidad celular del catalizador de MnO<sub>2</sub> para obtener valores comparables. La normalización se convalidó mediante el muestreo de un catalizador de Ag a 500 cpi<sup>2</sup>; la conversión de ozono correspondía a la de una muestra normalizada de 800 cpi<sup>2</sup>.

30 [0083] Los resultados demuestran claramente una conversión de ozono mucho mejor del catalizador de MnO<sub>2</sub> de la invención, a diferente índices de flujo, temperaturas y concentraciones de ozono de entrada.

**Tabla 3: Eficiencia de conversión de ozono de varios catalizadores a varias condiciones**

T (°C)	[O <sub>3</sub> ] (ppm)	Flujo de volúmen (m <sub>3</sub> /h)	MnO <sub>2</sub> (%)	Ag (%)	AgO (%)
25	0,02	0,8	90,4	57,6	54,0
"	"	5	67,6	40,3	34,8
"	"	10	56,0	23,4	32,4
"	0,1	0,8	98,7	61,4	59,6
"	"	5	80,8	47,6	38,0
"	"	10	63,0	41,2	21,7
"	1,0	0,8	99,8	62,2	55,5
"	"	5	82,2	40,3	43,1
"	"	10	61,7	23,4	19,9
60	0,1	0,8	97,2	60,7	60,7
"	"	5	85,2	47,1	48,8
"	"	10	73,8	39,2	36,0

**Tabla 4: Eficiencia de conversión de ozono de varios catalizadores**

tiempo (min)	MnO <sub>2</sub> (%)	Ag (%)	AgO (%)
1200	95	48	38
1300	95	38	25

5 Ejemplo comparativo II

[0084] El índice de conversión de ozono para catalizadores de MnO<sub>2</sub>, Ag y AgO preparados según las instrucciones dadas en el ejemplo comparativo I se evaluó en tiempo. En todos los casos, las densidades celulares fueron de aproximadamente 500 cpi<sup>2</sup>.

10

[0085] La prueba implicó un pretratamiento durante 1200 min, a una concentración de entrada de ozono de 6 ppm, a 25 °C y 25 % HR. El índice de flujo fue de 72 000 l/hr. Después de este período de tiempo, se evaluó la durabilidad mediante la disminución de la concentración de ozono a 0,5 ppm.

15

[0086] Los resultados se muestran en la tabla 4, demostrando de nuevo claramente el efecto sorprendente del catalizador de la invención. El pretratamiento (periodo corto de tiempo a elevados niveles de ozono) simula una historia larga de exposición al ozono al que se verá expuesto el catalizador de ozono en la industria aeronáutica. La historia del catalizador - en términos de la exposición al ozono - muestra un efecto espectacular en los catalizadores a base de plata, mientras que el catalizador de la invención permanece estable a medida que pasa el tiempo.

20

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Sistema adecuado para la climatización de cabina y/o la inertización de tanques de combustible en aeronaves, dicho sistema dispone de un módulo de separación de aire y un medio de conversión de ozono a baja temperatura sin elementos prerrefrigeradores o unidades de intercambio térmico intermedios, donde dichos medios de conversión de ozono contienen un catalizador de craqueo de ozono que incluye óxido de manganeso activo, con una carga superior a 20 g/l de óxido de manganeso calculado en términos de Mn, dichos medios de conversión de ozono tienen una eficiencia de conversión de ozono superior al 90 % a una temperatura inferior a 120 °C, y donde dicho módulo de separación de aire incluye una membrana de fibra hueca selectivamente permeable que discrimina entre oxígeno y gases inertes.
- 10 2. Sistema según la reivindicación 1, donde el oxígeno pasa a través de la membrana y se recaptura por el otro lado de la membrana, creando así una corriente de aire enriquecida con oxígeno en el lado permeado de la membrana.
- 15 3. Sistema según la reivindicación 1 o 2, proporcionado en un conjunto único e integrado.
4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde dicho óxido de manganeso activo incluye óxido de manganeso amorfo.
- 20 5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde dicha composición de catalizador de ozono se soporta en una estructura en panal que incluye un agregado de fibras tipo placa.
- 25 6. Sistema según la reivindicación 5, donde dicha estructura en panal incluye un agregado de fibra de tal manera que se obtengan más de 0,02 cm<sup>3</sup>/g de microporos de un diámetro de 10 - 200 nm, donde dicho agregado de fibra está compuesto por paredes con poros vacantes de más de 500 nm de diámetro y en una cantidad superior a 0,1 cm<sup>3</sup>/g.
- 30 7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde dicha membrana de fibra hueca está hecha de poli(óxido de 2,6-dimetil-p-fenileno) con un peso molecular de 10<sup>5</sup> - 10<sup>6</sup>, y donde la capa superior de dicha membrana tiene un espesor inferior a 100 nm.
8. Uso del sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes para la gestión del aire en una aeronave.
9. Uso según la reivindicación 8 para la climatización de la cabina.
- 35 10. Uso según la reivindicación 8 para la inertización de tanques de combustible.
- 40 11. Sistema de control medioambiental (ECS) para la gestión del aire de la cabina de una aeronave o sistema de generación de gas inerte a bordo (OBIGGS) para la inertización de tanques de combustible que incluye el sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 7.