

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 695 737**

51 Int. Cl.:

**B01J 20/32** (2006.01)

**B01D 53/62** (2006.01)

**B01D 53/02** (2006.01)

**C07C 29/149** (2006.01)

**C25B 3/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.07.2007 PCT/US2007/074615**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.02.2008 WO08021700**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2007 E 07840559 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 2054151**

54 Título: **Absorbentes de poliamina-poliol regenerativos sólidos en soporte de nanoestructura para la separación del dióxido de carbono a partir de mezclas gaseosas que incluyen el aire**

30 Prioridad:

**10.08.2006 US 837274 P**

**19.07.2007 US 780244**

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

**10.01.2019**

73 Titular/es:

**UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA  
(100.0%)**

**1150 South Olive Street, Suite 2300  
Los Angeles, CA 90015-2477, US**

72 Inventor/es:

**OLAH, GEORGE A.;  
GOEPERT, ALAIN;  
METH, SERGIO y  
PRAKASH, G.K. SURYA**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 695 737 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

Absorbentes de poliamina-poliol regenerativos sólidos en soporte de nanoestructura para la separación del dióxido de carbono a partir de mezclas gaseosas que incluyen el aire

### Campo de la invención

- 5 La invención se refiere a absorbentes de poliamina-poliol regenerativos en soporte de nanoestructura (como sílice de pirólisis, alúmina y sólidos similares) para capturar y separar dióxido de carbono a partir de mezclas gaseosas, que incluyen el aire. Adicionalmente, la invención se refiere a un método para su preparación y para su uso para capturar y separar dióxido de carbono a partir de una mezcla gaseosa.

### Antecedentes de la invención

- 10 El cambio climático y el calentamiento global son considerados uno de los problemas ambientales más preocupantes y graves de la actualidad. Actualmente es generalmente aceptado que la causa principal del calentamiento global es la liberación de los denominados gases de invernadero en la atmósfera. Un gas de invernadero principal es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que es liberado predominantemente a partir del consumo de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural. Conjuntamente, estos combustibles fósiles suministran aproximadamente un 80% de las necesidades energéticas mundiales. Debido a que los combustibles fósiles son todavía relativamente baratos y fáciles de usar y, por tanto, todavía no están disponibles alternativas satisfactorias para sustituirlos a la enorme escala necesaria, se espera que los combustibles fósiles continúen siendo la fuente principal de energía a largo plazo.

- 20 Una forma de atenuar las emisiones de CO<sub>2</sub> y su influencia sobre el clima global es capturar de forma eficaz y económica CO<sub>2</sub> a partir de su fuente, como las emisiones de instalaciones energéticas de consumo de combustibles fósiles y otras factorías industriales, que producen de forma natural CO<sub>2</sub> que acompaña al gas natural y el aire. Una vez capturado, el CO<sub>2</sub> puede ser secuestrado en formaciones geológicas o bajo el mar o puede ser usado como materia prima para sintetizar hidrocarburos combustibles y sintéticos.

- 25 Actualmente, la separación y recuperación de CO<sub>2</sub> a partir de una corriente gaseosa se consigue mediante técnicas basadas en procedimientos físicos y químicos como la absorción mediante sistemas de solución líquida, adsorción sobre sistemas sólidos, separación criogénica y la penetración a través de membranas.

- 30 Entre las diversas técnicas de separación de CO<sub>2</sub>, los sistemas basados en absorción/desorción de CO<sub>2</sub> basados en solución de amina son una de las más adecuadas para capturar CO<sub>2</sub> a partir de corrientes gaseosas de volumen elevado. Los disolventes comúnmente usados en estos sistemas son soluciones acuosas de alcanolaminas como como monoetanolamina (MEA), dietanolamina (DEA), diisopropanolamina (DIPA) y metidiolanamina (MDEA). Algunas aminas con impedimento estérico, como 2-amino-2-metil-1-propanol (AMP) pueden ser usadas también como absorbentes debido a sus elevadas capacidades de carga de CO<sub>2</sub>. De estas, la MEA es la más ampliamente usada debido a su elevada velocidad de absorción de CO<sub>2</sub>, que permite el uso de columnas de absorción más cortas. Sin embargo, el sistema de MEA presenta inconvenientes importantes, que incluyen la gran cantidad de calor requerido para regenerar el di solvente y problemas de funcionamiento provocados por la corrosión y la degradación química. Para evitar la corrosión excesiva, normalmente se usa solamente de 10 a 30% en peso de MEA en una solución de amina acuosa, siendo el resto agua. Como la solución completa, de la que un 70 a 90% es agua, debe ser calentada para regenerar el sistema de MEA, se desperdicia mucha energía durante el procedimiento de regeneración. Otros sistemas de alcanolaminas presentan también desventajas. Por ejemplo, las aminas secundarias y con impedimento estérico (por ejemplo, DEA, DIPA, AMP) proporcionan velocidades de absorción de CO<sub>2</sub> más moderadas que la MEA y son propensas también a la corrosión y la degradación química. La MDEA se conoce que absorbe CO<sub>2</sub> solo a una baja velocidad. Las formulaciones formadas combinando diversas alcanolaminas son de interés porque pueden combinar características favorables de diversos compuestos al mismo tiempo que suprimen en parte sus características desfavorables. Se ha desarrollado un cierto número de soluciones de alcanolaminas combinadas y las combinaciones más comunes son una solución basada en MDEA que contiene MEA o DEA. Sin embargo, las soluciones de alcanolaminas combinadas no separan los inconvenientes de los sistemas basados en soluciones de aminas.

El CO<sub>2</sub> puede ser capturado también mediante adsorción sobre adsorbentes sólidos. Los sólidos se usan normalmente como un adsorbente físico para la separación de CO<sub>2</sub>. Estos procedimientos están basados en la

capacidad de los sólidos porosos para adsorber reversiblemente ciertos componentes en una mezcla. Los sólidos pueden tener una amplia distribución de tamaño de poros, como en gel de sílice, alúmina y carbón activado, o un tamaño de poros controlado por la estructura cristalina, por ejemplo, zeolitas. A bajas temperaturas, como a temperatura ambiente, los adsorbentes basados zeolitas tienen elevadas capacidades de absorción de CO<sub>2</sub> (por ejemplo, 160 mg de CO<sub>2</sub>/g para zeolita 13X y 135 mg de CO<sub>2</sub>/g para zeolita 4A a 25 °C en CO<sub>2</sub> puro). Sin embargo, las capacidades de adsorción de estos adsorbentes disminuyen rápidamente una temperatura creciente. Adicionalmente, como los gases solo físicamente son adsorbidos sobre los adsorbentes, la separación real de un gas individual a partir de una mezcla de gases es baja.

Para conseguir una mayor selectividad en la adsorción de CO<sub>2</sub>, puede ser aplicado un compuesto que proporcione una absorción química sobre el adsorbente sólido. Para estos fines, puede ser depositada o injertada una amina o poliamina sobre un soporte sólido. Las aminas y las poliaminas unidas químicamente (injertadas) sobre la superficie de sólidos, como sílices y alúmina/sílices, sin embargo, muestran una capacidad de absorción limitada de menos de 80 mg de CO<sub>2</sub>/g y, en la mayoría de los casos, menor que 50-60 mg de CO<sub>2</sub>/g de adsorbente. Por ejemplo, la patente de EE. UU. n° 5.087.597 de Leal *et al.* describe un método para la quimioabsorción de CO<sub>2</sub> a temperatura ambiente usando gel de sílice que tiene un área superficial entre 120 y 240 m<sup>2</sup>/g, que es modificada con un polialcoxilano que contiene uno o más restos amino en su estructura. el material se expone que es capaz de absorber entre 15 y 23 mg de CO<sub>2</sub> seco por gramo de adsorbente. La patente de EE. UU. n° 6.547.854 de Gray *et al.* describe un método para preparar adsorbentes enriquecidos en aminas incorporando la amina sobre la superficie de sólidos oxidados. La cantidad máxima expuesta de CO<sub>2</sub> absorbido sobre estos sólidos es de 7,7 mg/g de adsorbente usando una mezcla gaseosa con 10% de CO<sub>2</sub> en He. Como es evidente a partir de los datos, la cantidad de CO<sub>2</sub> que puede ser absorbida en el grupo amino injertado sobre varios soportes sólidos continúa siendo relativamente baja, debido a bajo cubrimiento de aminas.

Una trayectoria más prometedora implica impregnar un soporte sólido con aminas o poliaminas. Por ejemplo, un documento de S. Satyapal *et al.*, J. Energy and Fuels 15: 250 (2001) describe el desarrollo de polietilenoimina (PEI)/polietilenglicol (PEG) sobre un soporte polímero de poli(metacrilato de metilo) de elevada área superficial. Este sólido es actualmente usado en transbordadores espaciales para suprimir CO<sub>2</sub> de la atmósfera de la cabina y liberarlo en el espacio. Su capacidad es de aproximadamente 40 mg de CO<sub>2</sub>/g de adsorbente a 50 °C y 0,02 atm de CO<sub>2</sub>. Este material y sus modificaciones se describen en las patentes de EE. UU. n°s 6.364.938, 5.876.488, 5.492.683 y 5.376.614 de Birbara *et al.* Los soportes preferidos descritos en estas patentes son de naturaleza polímera, con resinas de ésteres acrílicos como AMBERLITE® que se describe que tienen características particularmente adecuadas. Las patentes de EE. UU. n°s 5.376.614, 5.492.683 y 5.876.488 describen también otros soportes posibles que incluyen alúmina, zeolita y tamices moleculares de carbono. Según las patentes EE.UU n°s 5.492.683 y 5.376.614, sin embargo, la cantidad de amina presente en el adsorbente es limitada, variando en el intervalo 1% p % a 25 % p.

La patente de EE. UU. n° 4.810.266 de Zinnen *et al.* describe un método para crear adsorbentes de CO<sub>2</sub> tratando tamices moleculares de carbono con alcoholaminas. Esta patente describe que materiales basados en monoetanolamina (MEA) no son estables y liberan MEA durante la etapa de regeneración a temperaturas superiores. La publicación internacional n° WO 2004/054708 describe adsorbentes basados en soportes de sílice mesoporosa. Los componentes activos para la absorción de CO<sub>2</sub> son aminas o sus mezclas químicamente conectados o físicamente adsorbidos sobre la superficie de las sílices mesoporosas. La absorción de la mayoría de los adsorbentes descritos en esta publicación está por debajo de 70 mg de CO<sub>2</sub>/g. Los mejores resultados se obtienen usando dietanolamina (DEA), que se adsorbe físicamente sobre el soporte (aproximadamente 130 mg de CO<sub>2</sub>/g). Sin embargo, debido a la volatilidad de DEA bajo las condiciones de desorción, la eficacia de este adsorbente generalmente disminuye con un número creciente de ciclos de absorción-desorción de CO<sub>2</sub> (aproximadamente 16,8% después de 5 ciclos a una temperatura de regeneración moderada de solamente 60 °C). La patente de EE. UU. n° 6.908.497 de Sirwardane *et al.* describe un método para preparar adsorbentes tratando un sustrato de arcilla que tiene un área superficial baja de 0,72 a 26 mg<sup>2</sup>/g con una amina y/o éter.

Los alcoholes, el polietilenglicol y otros compuestos oxigenados han sido usados también durante décadas para la separación de gases ácidos, principalmente CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S. Por ejemplo, el SELEXOL® de la empresa Union Carbide (actualmente Dow Chemicals) y SEPASOLV MPE® de la empresa BASF son usados en procedimientos comerciales. Los compuestos oxigenados en combinación con aminas en forma de mezcla con adsorbentes físicos o químicos, en un procedimiento como un procedimiento de glicolamina, han sido usado también durante muchos años para la separación de gases ácidos (véase la publicación de Kohl, A. L. and Nielsen, R. B., GAS PURIFICATION 5ª ed. (Gulf Publishing Co.)). La patente de EE. UU. n° 4.044.100 de McElroy demuestra el uso de mezclas de diisopropanolamina y dialquil-éteres de un polietilenglicol para separar gases, que incluyen CO<sub>2</sub> a partir de corrientes gaseosas. El uso de etilenglicol para mejorar la absorción y desorción de CO<sub>2</sub> a partir de aminas ha

5 sido estudiado también por J. Yeh *et al.*, Energy and Fuels 15, págs. 274-78 (2001). Mientras que la bibliografía se refiere principalmente al uso de aminas y compuestos oxigenados en fase líquida, ha sido explorado también el uso de compuestos oxigenados para mejorar las características de los absorbentes de gases en la fase sólida. S. Satyapal *et al.*, Energy and Fuels 15: 250 (2001) menciona el uso de polietilenglicol conjuntamente con polietilenoimina sobre un soporte polímero para separar CO<sub>2</sub> a partir de la atmósfera cerrada de un transbordador espacial. X. Xu *et al.*, Microporous and Mesoporous Materials 62:29 (2003) muestra que el polietilenglicol incorporado en un absorbente de MCM-41 mesoporoso/polietilenoimina mejora las características de absorción y desorción de CO<sub>2</sub> del material ensayado. La preparación y el rendimiento de un absorbente sólido que consiste en PEI depositado sobre MCM-41 mesoporoso también han sido descritos (véase X. Xu *et al.*, Energy and Fuels 16: 1463 (2002)). Las patentes de EE. UU. n<sup>os</sup> 5.376.614 y 5.492.683 de Birbara *et al.* usan polioles para mejorar las cualidades de absorción y desorción de los absorbentes.

15 Otro material nuevo para atrapar dióxido de carbono son compuestos de estructura orgánica metálica. Un compuesto preferido conocido como MOF-177 (J. Am. Chem. Soc., 2005, 127, 17998) tiene una capacidad de dióxido de carbono a temperatura ambiente de 140 por ciento en peso a una presión relativamente elevada de 30 bar.

La solicitud de patente japonesa n<sup>o</sup> JP H08319471 se refiere a un agente que captura un compuesto ácido para separar un compuesto ácido de un líquido o gas usando un polvo inorgánico que tiene una capacidad para capturar un compuesto ácido. El polvo inorgánico usado incluye polvos de sílice, óxido de titanio y alúmina con un diámetro de partículas de 0,01-0,5 µm.

20 La patente británica n<sup>o</sup> GB 1283822 describe un absorbente regenerable que consiste en una base de polietilenoimina o tetraetilenopentamina que tiene un punto de ebullición por encima de 2.000 °C. El absorbente es portado sobre un soporte de carbón activado poroso sólido e inerte.

25 La solicitud de patente de EE. UU. n<sup>o</sup> 2006/165574 describe un adsorbente regenerable funcionalizado de amina para ser usado en procedimientos de depuración en seco. El adsorbente comprende sílice mesoporosa funcionalizada con amina en la que los grupos amino están presentes en la superficie o sus proximidades de la sílice.

30 Como muestran estas descripciones, hay una necesidad de un absorbente mejorado para capturar CO<sub>2</sub> que sea eficaz, económico, fácilmente disponible y regenerativo y que proporcione una elevada capacidad de separación a temperaturas ambientales así como elevadas. Adicionalmente, se necesita un sistema de absorción eficaz que resuelva los problemas de corrosión y evaporación de las tecnologías existentes.

### Sumario de la invención

La invención proporciona absorbentes de aminas en soportes que comprenden una composición de amina/poliol depositada sobre un soporte nanoestructurado como se describe en la reivindicación 1, que proporciona una integridad estructural y una capacidad aumentada de absorción de CO<sub>2</sub>.

35 El soporte para las composiciones de amina/poliol está compuesto por un sólido nanoestructurado. El soporte nanoestructurado tiene un tamaño de partículas primario menor que aproximadamente 100 nm y puede ser nanosílice, óxido de pirólisis o precipitado, silicato de calcio, nanotubos de carbono o una mezcla de los mismos. La amina puede ser una amina primaria, secundaria o terciaria o alcanolamina, amina aromática, aminas mixtas o sus combinaciones. En un ejemplo, la amina está presente en una cantidad de aproximadamente 25% a 75% en peso del absorbente. El polioli se puede seleccionar, por ejemplo, entre glicerol, oligómeros de etilenglicol, polietilenglicol, poli(óxidos de etileno) y éteres, sus modificaciones o mezclas y puede ser proporcionado en una cantidad hasta aproximadamente 25% en peso del absorbente.

Según una realización, el absorbente es regenerativo. El absorbente puede ser desorbido y regenerado aplicando calor, presión reducida, vacío, purga gaseosa, gas de barrido moderado o una combinación de los mismos.

45 La invención también se refiere a la preparación del absorbente y el uso particular del absorbente para capturar y separar dióxido de carbono a partir de una fuente gaseosa. El dióxido de carbono puede ser liberado y usado para producir metanol. El método comprende la reducción de dióxido de carbono y agua, o una reducción de dióxido de carbono bajo condiciones suficientes para producir un compuesto intermedio seguido de hidrogenación catalítica del compuesto intermedio con hidrógeno para formar metanol.

5 En una realización, el metanol es producido por hidrogenación catalítica de un compuesto intermedio, por ejemplo, formiato de metilo, en que el hidrógeno usado en la hidrogenación se obtiene mediante electrólisis de agua obtenida a partir del aire. En otra realización, el metanol es producido reduciendo el dióxido de carbono bajo condiciones suficientes a monóxido de carbono, haciendo reaccionar el monóxido de carbono con metanol bajo condiciones suficientes para obtener formiato de metilo e hidrogenando catalíticamente el formiato de metilo bajo condiciones suficientes para producir metanol.

10 El metanol producido según la invención puede ser adicionalmente tratado hasta cualquier derivado o compuestos modificados deseados. Por ejemplo, el metanol puede ser deshidratado para producir dimetil-éter, que puede ser adicionalmente tratado bajo condiciones suficientes para formar compuestos como etileno y propileno. El etileno y el propileno pueden ser convertidos en olefinas superiores, hidrocarburos sintéticos, aromáticos o productos relacionados y, por tanto, son útiles como materia de partida para productos químicos o como combustible de transporte.

En una realización adicional, el metanol puede adicionalmente usado para la producción microbiana de proteínas celulares únicas.

15 La presente invención describe también un método para capturar y separar continuamente dióxido de carbono a partir de una mezcla gaseosa con un absorbente sólido para absorber dióxido de carbono a partir de una mezcla gaseosa, que comprende una amina y un soporte sólido nanoestructurado, en que el método comprende exponer el absorbente a la mezcla gaseosa para efectuar la absorción de dióxido de carbono por el absorbente y tratar el absorbente que contiene dióxido de carbono absorbido o atrapado para liberarlo, y el método comprende  
20 adicionalmente hacer reaccionar el dióxido de carbono liberado para formar productos útiles. También se describe en la presente memoria descriptiva un método que no es según la invención para capturar y separar continuamente el dióxido de carbono a partir de una mezcla gaseosa con un absorbente sólido para absorber dióxido de carbono a partir de una mezcla gaseosa, que comprende una amina y un soporte sólido nanoestructurado, en que el método  
25 comprende exponer el absorbente a la mezcla gaseosa para efectuar la absorción de dióxido de carbono por el absorbente y tratar el absorbente que contiene dióxido de carbono absorbido o atrapado para liberarlo, comprendiendo adicionalmente el método hacer reaccionar el dióxido de carbono liberado para formar productos útiles, en que el método comprende adicionalmente reducir el dióxido de carbono liberado bajo condiciones suficientes para producir un compuesto intermedio (como formiato de metilo) e hidrogenar catalíticamente el compuesto intermedio con hidrógeno bajo condiciones suficientes para formar metanol.

30 Un método que no es según la invención para capturar y separar continuamente dióxido de carbono a partir de una mezcla gaseosa con un absorbente sólido para absorber dióxido de carbono a partir de una mezcla gaseosa, que comprende una amina y un soporte sólido nanoestructurado, en que el método comprende exponer el absorbente a la mezcla gaseosa para efectuar la absorción de dióxido de carbono por el absorbente y tratar el absorbente que  
35 contiene dióxido de carbono absorbido o atrapado para liberarlo y el método comprende adicionalmente hacer reaccionar el dióxido de carbono liberado para formar productos útiles y el método comprende adicionalmente deshidratar el metanol bajo condiciones suficientes para producir dimetil-éter.

Un método que no es según la invención para capturar y separar continuamente dióxido de carbono a partir de una mezcla gaseosa con un absorbente sólido para absorber dióxido de carbono a partir de una mezcla gaseosa, que  
40 comprende una amina y un soporte sólido nanoestructurado, en que el método comprende exponer el absorbente a la mezcla gaseosa para efectuar la absorción de dióxido de carbono por el absorbente y tratar el absorbente que contiene dióxido de carbono absorbido o atrapado para liberarlo, el método comprende adicionalmente hacer reaccionar el dióxido de carbono liberado para formar productos útiles, el método comprende adicionalmente deshidratar el metanol bajo condiciones suficiente para producir dimetil-éter y el método comprende adicionalmente  
45 calentar el dimetil-éter en presencia de un catalizador ácido-básico o zeolítico bajo condiciones suficientes para formar etileno y/o propileno.

Un método que no es según la invención para capturar y separar continuamente dióxido de carbono a partir de una mezcla gaseosa con un absorbente sólido para absorber dióxido de carbono a partir de una mezcla gaseosa, que  
50 comprende una amina y un soporte sólido nanoestructurado, en que el método comprende exponer el absorbente a la mezcla gaseosa y efectuar la absorción de dióxido de carbono por el absorbente y tratar el absorbente que contiene dióxido de carbono absorbido o atrapado para liberarlo, el método comprende adicionalmente hacer reaccionar el dióxido de carbono liberado para formar productos útiles, el método comprende adicionalmente deshidratar el metanol bajo condiciones suficientes para producir dimetil-éter y el método comprende adicionalmente calentar el dimetil-éter en presencia de un catalizador ácido-básico o zeolítico bajo condiciones suficientes para formar etileno y/o propileno y el método comprende adicionalmente convertir el etileno y/o propileno bajo

condiciones suficientes en olefinas superiores, hidrocarburos sintéticos, aromáticos o un producto producido a partir de los mismos para ser usado como productos químicos de partida o como combustible para el transporte.

5 Un método que no es según la invención para capturar y separar continuamente dióxido de carbono a partir de una mezcla gaseosa con un absorbente sólido para absorber dióxido de carbono a partir de una mezcla gaseosa, que comprende una amina y un soporte sólido nanoestructurado, en que el método comprende exponer el absorbente a la mezcla gaseosa para efectuar la absorción de dióxido de carbono por el absorbente y tratar el absorbente que contiene dióxido de carbono absorbido o atrapado para liberarlo, el método comprende adicionalmente hacer reaccionar el dióxido de carbono liberado para formar productos útiles, el método comprende adicionalmente deshidratar el metanol bajo condiciones suficientes para producir dimetil-éter y el método comprende adicionalmente 10 calentar el dimetil-éter en presencia de un catalizador ácido-básico o zeolítico bajo condiciones suficientes para formar etileno y/o propileno, el método comprende adicionalmente convertir el etileno y/o propileno bajo condiciones suficientes en olefinas superiores, hidrocarburos sintéticos, aromáticos o un producto preparado a partir de los mismos, para ser utilizados como una materia de partida para productos químicos o como combustible de transporte, el método comprende adicionalmente convertir el etileno y/o propileno bajo condiciones suficientes en olefinas superiores, hidrocarburos sintéticos, aromáticos o un producto preparado a partir de los mismos, para ser usado como una materia de partida para productos químicos o como combustible de transporte y el método comprende adicionalmente hidratar el etileno o propileno bajo condiciones suficientes para formar etanol o propanol. 15

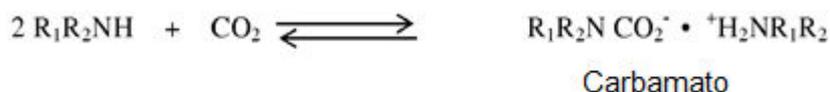
### Descripción detallada de las realizaciones preferidas

20 La invención se refiere a absorbentes en soportes regenerativos para absorber CO<sub>2</sub> como se define en la reivindicación 1. El absorbente comprende una amina sobre un soporte nanoestructurado, por ejemplo, un soporte de nanosílice, para absorber y desorber CO<sub>2</sub>. El CO<sub>2</sub> puede ser absorbido a partir de cualquier fuente deseada incluidos gases de escape y de chimeneas o instalaciones de energía por consumo de combustibles fósiles, así como naturales fuentes. El soporte nanoestructurado según la invención proporciona integridad estructural a la amina así como una elevada área superficial para el contacto sólido-gas. Se añade un poliol al absorbente de amina en soporte para mejorar sus capacidades de absorción de CO<sub>2</sub> y velocidades de absorción de CO<sub>2</sub>. 25

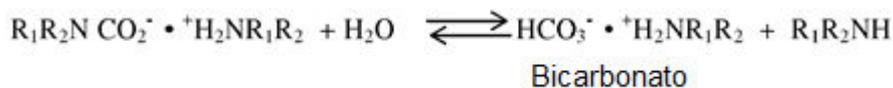
30 Se ha descubierto inesperadamente que ciertos portadores de partículas a escala nanométrica, particularmente nanopartículas de sílice (nanosílice), tienen excepcionales cualidades como soporte para aminas, poliaminas, aminas polímeras y sus modificaciones, para la absorción de CO<sub>2</sub>. El absorbente con soporte a escala nanométrica según la invención proporciona ventajas significativas sobre los absorbentes de la técnica anterior, por ejemplo, los absorbentes que tienen un soporte polímero, que incluyen una elevada selectividad de CO<sub>2</sub> y capacidad de separación a temperaturas ambientales y elevadas. Por tanto, el presente absorbente permite la captura y separación selectiva de CO<sub>2</sub> a partir de diversas mezclas gaseosas a partir de diversas condiciones y temperaturas. El presente absorbente es también fácil de regenerar y reciclar a temperaturas ambientales o moderadas haciendo posible múltiples ciclos de absorción-desorción con una pérdida de actividad nula o mínima. El absorbente se dirige también a los problemas de corrosión y evaporación de los absorbentes de la técnica anterior. Además, al contrario 35 que ciertos absorbentes de la técnica anterior que contienen amina solo en una cantidad de 1 % p a 25 % p, el absorbente de amina basado en nanopartículas según la invención contiene una cantidad significativamente mayor de amina, por ejemplo, entre 25% p y 75 % p.

40 Por tanto, el presente sistema absorbente es práctico para separar CO<sub>2</sub> a partir de gases de escape industriales, como los de instalaciones de energía que consumen combustibles fósiles y otras factorías industriales, así como otras corrientes gaseosas, particularmente gas natural que contiene concentraciones significativas de CO<sub>2</sub>. De forma significativa, el absorbente puede ser usado también para separar CO<sub>2</sub> a partir del aire atmosférico.

45 Se supone que el absorbente según la invención absorbe CO<sub>2</sub> mediante el siguiente mecanismo. Tras el contacto con una corriente gaseosa que contiene CO<sub>2</sub>, la amina en soporte absorbe químicamente CO<sub>2</sub> formando un complejo de carbamato.



En presencia de agua, el carbamato reacciona adicionalmente para formar un bicarbonato y libera la amina, que puede reaccionar adicionalmente con CO<sub>2</sub>, aumentando así la capacidad global de absorción de CO<sub>2</sub>.



Según una realización de la invención, el CO<sub>2</sub> absorbido puede ser fácilmente desorbido y la amina en soporte puede ser regenerada. La desorción de CO<sub>2</sub> y regeneración del absorbente se puede conseguir mediante un calentamiento leve del absorbente, aplicando una presión reducida o vacío, mediante purga gaseosa y/o un gas de barrido con bajo contenido de dióxido de carbono, que libera CO<sub>2</sub> a partir del absorbente. La regeneración directa hace posible que el absorbente experimente ciclos repetidos de absorción-desorción con facilidad.

Ventajosamente, se puede usar una amplia diversidad de compuestos basados en aminas y éteres sobre el presente soporte nanoestructurado.

Las aminas que pueden ser usadas en la invención incluyen aminas primarias, secundarias y terciarias y alquil- y alcanolaminas, aminas aromáticas, aminas mixtas y sus combinaciones. Las aminas primarias y secundarias son las más activas para la absorción de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, el absorbente de amina debe contener preferentemente una cantidad suficiente de componentes aminos primarios y secundarios. Los componentes aminos deben tener también una baja volatilidad para evitar o minimizar la pérdida de amina, que contaminaría la corriente gaseosa y disminuiría la eficacia del sistema de absorción a lo largo del tiempo. Ejemplos de componentes aminos incluyen, pero sin limitación, monoetanolamina (MEA), dietanolamina (DEA), metildietanolamina, 2-(2-aminoetilamino)-etanol, diisopropanolamina, 2-amino-2-metil-1,3-propanodiol, trietanolamina tetraetilenopentamina, pentaetileno-hexamina, polietilenoimina y similares, que incluyen diversos compuestos polímeros de aminas y sus mezclas. Las polietilenoiminas son preferidas debido a su elevada proporción de funcionalidades amino primarias y secundarias y a su baja volatilidad. Las polietilenoiminas proporcionan también una alta relación nitrógeno/carbono beneficiosa para maximizar la cantidad de funcionalidades aminos en el absorbente. Las polietilenoiminas que tienen un peso molecular de más de 600 son especialmente preferidas. El contenido de aminas del absorbente es de 25% a 75% del peso total del absorbente.

Para mejorar las características de absorción y desorción de CO<sub>2</sub> del absorbente de amina en soporte, se incorporan polioles en la composición de absorbente en una cantidad hasta 25% del peso total del absorbente. Las adiciones de polioles mejoran la absorción y desorción del absorbente y disminuyen de la viscosidad de las aminas, permitiendo que el CO<sub>2</sub> tenga un mejor acceso a los sitios aminos activos del absorbente incluso a temperaturas inferiores (<50 °C). Los polioles usados en la invención deben ser no reactivos respecto a las aminas y deben tener una baja volatilidad para evitar o minimizar la pérdida de gases, que contaminaría la corriente gaseosa y disminuiría la eficacia del sistema de absorción a lo largo del tiempo. Ejemplos de polioles usados en la presente invención incluyen, pero sin limitación, glicerol, oligómeros de etilenglicol, polietilenglicoles, poli(óxidos de etileno), éteres de oligómeros de etilenglicol, éteres de polietilenglicoles, éteres de poli(óxidos de etileno), oligómeros o polímeros de éteres cíclicos, como politetrahidrofurano, y sus modificaciones y mezclas. Los polioles preferidos tienen un peso molecular inferior a 10.000. Más preferentemente, los polioles tienen un peso molecular inferior a 1.000.

El soporte según la invención es un material que tiene tamaños de partículas primarias de menos de aproximadamente 100 nm. Los soportes preferidos son nanosílice, especialmente la denominada sílice de pirólisis y sílice precipitada. La sílice de pirólisis tiene normalmente un tamaño de partículas primarias que varía en el intervalo de 5 a 50 nm y un área superficial específica entre 50 y 500 m<sup>2</sup>/g. La sílice de pirólisis se prepara generalmente mediante hidrólisis en fase vapor de un haluro que porta silicio, como el tetracloruro de silicio (SiCl<sub>4</sub>). Ejemplos de sílice de pirólisis disponibles en el comercio incluyen AEROSIL® de la empresa Degussa, CAB-O-SIL® de la empresa Cabot y RELOSIL® de la empresa Tokuyama. La sílice precipitada se forma a partir de soluciones acuosas mediante reacción de un silicato alcalino (por ejemplo, silicato de sodio) con un ácido mineral (por ejemplo, ácido sulfúrico) bajo agitación. Las partículas primarias formadas mediante este método tienen generalmente un tamaño entre 3 y 50 nm. Estas partículas primarias pueden ser posteriormente agregadas para formar partículas de tamaño micrónico más grande. El área superficial específica de la sílice precipitada varía generalmente en el intervalo de 50 a 500 m<sup>2</sup>/g. Ejemplos de sílice precipitada disponible en el comercio incluyen HI-SIL® de la empresa PPG Industries y FINESIL® y TOKUSIL® de la empresa Tokuyama.

La sílice de pirólisis y la sílice precipitada tienen la apariencia de un polvo blanco, esponjoso y ligero. Su pequeño tamaño de partículas les permite absorber y retener cantidades significativas de aminas al mismo tiempo que mantienen las características de un polvo fluido sin apelmazamiento. Otra ventaja de las sílices de pirólisis y precipitada es su ausencia de toxicidad. La ausencia de toxicidad permite que sean usadas en el tratamiento de alimentos, por ejemplo, como aditivos antiapelmazantes en productos alimenticios en polvo como sustitutos de leche

y en productos cosméticos, por ejemplo, en materiales abrasivos en una pasta dental. Las sílices de pirólisis y precipitada son generalmente hidrófilas, pero su superficie puede ser tratada para producir sílices hidrófobas. Las sílices tanto hidrófilas como hidrófobas, así como otras sílices modificadas, son adecuadas para ser usadas como el soporte de aminas nanoestructurado según la invención.

- 5 Otros materiales nanoestructurados adecuados para ser usados en los presentes absorbentes de aminas incluyen óxidos de pirólisis o precipitados como óxido de aluminio de pirólisis, óxido de circonio de pirólisis y óxido de titanio de pirólisis, óxido de aluminio precipitado, óxido de titanio precipitado, óxido de circonio precipitado, silicato de calcio, nanotubos de carbono y sus mezclas.

- 10 El absorbente de amina en soporte puede ser preparado mediante impregnación o mediante otra técnica convencional. Por ejemplo, cuando se usa la impregnación, el material de soporte nanoestructurado es mezclado o dispersado en un disolvente adecuado y mantenido en forma de una suspensión mediante agitación. Se prepara una solución de amina separada disolviendo completamente la amina en el disolvente. El soporte nanoestructurado y la solución de amina se combinan seguidamente bajo agitación. Preferentemente, la solución de amina es añadida por etapas a la suspensión del soporte para asegurar una buena dispersión de la amina sobre la superficie del soporte.
- 15 Seguidamente el disolvente se separa para formar el absorbente de amina en soporte. El absorbente de amina resultante puede ser usado como tal o puede ser triturado y tamizado para obtener un polvo uniforme.

- Los polioles se añaden para mejorar las características de absorción/desorción del absorbente de amina en soporte. El poliol puede ser mezclado conjuntamente con la solución de amina y añadido a la suspensión del soporte. El poliol puede ser también separadamente disuelto en el disolvente y combinado con la suspensión del soporte. En
- 20 ese caso, la solución de poliol es añadida preferentemente en primer lugar a la suspensión del soporte y seguidamente el solvente es separado para obtener el material de poliol en soporte. El sólido obtenido es seguidamente dispersado en el disolvente y se añade una solución de la amina en el disolvente bajo agitación. Finalmente, el disolvente es separado para formar el absorbente de amina/poliol en soporte. El absorbente puede ser usado como tal o puede ser triturado y tamizado para obtener un polvo uniforme.

- 25 Puede ser utilizado cualquier disolvente que sea capaz de disolver pero que no reaccione con la amina y el poliol. El disolvente preferentemente debe ser fácil de separar del absorbente mediante calentamiento suave y/o vacío. Los disolventes preferidos incluyen, pero sin limitación, alcoholes que puedan disolver aminas y polioles y que se separen fácilmente del absorbente. Por ejemplo, se pueden usar metanol, etanol y alcohol isopropílico y sus diversas mezclas.

- 30 Los métodos para preparar absorbentes en soportes de aminas según la invención son económicos y fáciles de llevar a cabo, y sin embargo producen absorbentes que son superiores a los absorbentes preparados mediante métodos anteriormente conocidos.

- Ventajosamente, la invención hace posible una amplia gama de capacidades de absorción de CO<sub>2</sub> para ser usadas con diversas fuentes gaseosas naturales e industriales. La absorción se puede realizar bajo diversas condiciones, por ejemplo, sobre un intervalo de temperaturas de 0 a 100 °C y de cualquier manera adecuada, por ejemplo, en un sistema de flujo regular o en un lecho de absorción fijo, móvil o fluidizado. La capacidad del absorbente para capturar CO<sub>2</sub> se puede demostrar midiendo la absorción mediante termogravimetría (TGA) o midiendo la absorción de CO<sub>2</sub> bajo condiciones estáticas.
- 35

- Una vez que el conjunto de las aminas, por ejemplo, aproximadamente 70 a 90%, forma complejo con el CO<sub>2</sub>, el absorbente puede ser regenerado. Como se usa en la presente memoria descriptiva, el término "regeneración" o "regenerativo" se entiende que significa que el absorbente puede ser reutilizado liberando o desorbiendo el gas absorbido a partir del absorbente. El gas absorbido es liberado tratando el absorbente mediante cualquier procedimiento que efectúe la liberación, por ejemplo, calentamiento, presión reducida, vacío, purga gaseosa y sus combinaciones. Por tanto, el absorbente regenerado según la invención puede ser usado de forma repetida, a través
- 40 de múltiples ciclos de absorción-desorción. En un ejemplo, el absorbente mantiene su eficacia de absorción incluso después de repetidos ciclos de absorción-desorción. Preferentemente, el absorbente mantiene su eficiencia de absorción durante muchos ciclos de absorción-desorción. Es conveniente usar lechos de absorción paralelos, que permiten que se lleve a cabo la absorción y la desorción/regeneración de forma continua.
- 45

- Por ejemplo, para un absorbente de CO<sub>2</sub>, la regeneración es endotérmica, por lo que el CO<sub>2</sub> absorbido es liberado sometiendo el absorbente a una temperatura elevada (por ejemplo, calentando el absorbente a temperaturas de aproximadamente 25 °C a aproximadamente 120 °C), presión reducida (por ejemplo, mediante absorción de presión
- 50

oscilante (PSA), purga gaseosa, vacío, barrido gaseoso ligero o cualesquiera combinaciones de los mismos). El tratamiento de regeneración permite esencialmente que la mayor parte del CO<sub>2</sub> que es complejado con la amina del absorbente sea liberado. El CO<sub>2</sub> puede ser seguidamente almacenado o utilizado de cualquier manera deseada y el absorbente liberado (regenerado) del CO<sub>2</sub> es reutilizado en ciclos adicionales de absorción-desorción de CO<sub>2</sub>.

- 5 Los usos y reacciones del CO<sub>2</sub> incluyen los anteriormente mencionados y como se describe adicionalmente en la solicitud de patente de EE. UU. en trámite nº 2008/0039538.

10 El absorbente según la invención es térmicamente estable y no libera la amina en soporte en el intervalo de temperaturas y/o presiones de la operación de absorción. Además, como es capaz de una regeneración y un funcionamiento eficaces a un intervalo de temperaturas que puede ser fácilmente mantenido a lo largo del procedimiento, el absorbente es económico para proporcionar una eficacia elevada y un periodo de vida prolongado, además de una alta selectividad y capacidad para la captura y separación de CO<sub>2</sub>. Debido a su flexibilidad y versatilidad, el absorbente puede ser usado también ventajosamente para tratar grandes volúmenes de gases que contienen CO<sub>2</sub> a partir de diversas fuentes.

### Ejemplos

- 15 Los siguientes ejemplos son solamente ilustrativos y no deben ser interpretados como una limitación del alcance de la invención.

Ejemplo I. Preparación de absorbente de amina en soporte que no es según la invención

20 Este ejemplo ilustra la preparación de un absorbente de amina en soporte compuesto por 50% p de polietilenoimina y 50% p de sílice de pirólisis que tiene un tamaño de partículas primarias medio de 7 nm y un área superficial específica de 390 m<sup>2</sup>/g +/- 40 m<sup>2</sup>/g.

25 Se disolvieron 4 g de polietilenoimina (peso molecular Mp de 25.000) en 25 ml de metanol. Esta solución seguida se añadió gota a gota bajo agitación a 4 g de sílice de pirólisis en suspensión en 100 ml de metanol para asegurar una buena dispersión de la polietilenoimina sobre el soporte. La mezcla se agitó durante una hora adicional y seguidamente el disolvente se separó de la mezcla calentando a 50 °C bajo vacío en un evaporador rotatorio seguido de vacío durante la noche (<1 mm de Hg). El absorbente de amina en soporte obtenido era un sólido blanco, que seguidamente se trituró y se tamizó para producir un polvo uniforme.

Ejemplo II. Preparación de un absorbente de amina/poliol en soporte

30 Este ejemplo ilustra la preparación de un absorbente de amina/poliol en soporte compuesto por 45% p de polietilenoimina, 10% p de polietilenglicol y 45% p de sílice de pirólisis y que tiene un tamaño de partículas primarias medio de 7 nm con un área superficial específica de 390 m<sup>2</sup>/g +/- 40 m<sup>2</sup>/g.

35 Se disolvieron 2 g de polietilenglicol (peso molecular Mp de 400) en 25 ml de metanol. Esta solución seguidamente se añadió gota a gota a 9 g de sílice de pirólisis en suspensión en 200 ml de metanol, bajo agitación, para asegurar una buena dispersión del polietilenglicol sobre el soporte. Seguidamente la mezcla se agitó durante una hora adicional. Posteriormente, el disolvente se separó de la mezcla calentando a 50 °C bajo vacío en un evaporador rotatorio, seguido de vacío durante una noche (<1 mm de Hg). El polioliol/soporte obtenido era un polvo blanco que se trituró y se tamizó.

40 Se mezclaron 5,5 g del polioliol/soporte obtenido con 50 ml de metanol. A esta mezcla se agregaron gota a gota 4,5 g de polietilenoimina (peso molecular Mp de 25.000) disueltos en 50 ml de metanol para asegurar una buena dispersión de polietilenoimina sobre el polioliol/soporte. La solución seguidamente se mezcló bajo agitación brusca durante una hora adicional. Posteriormente, el disolvente se separó de la mezcla calentando a 50 °C bajo vacío en un evaporador rotatorio seguido de vacío durante una noche (<1 mm de Hg). El absorbente de amina/poliol en soporte resultante era un polvo blanco, que se trituró y se tamizó para producir un polvo uniforme.

Ejemplo III. Preparación de un absorbente de amina/poliol en soporte

45 Se usó el mismo procedimiento descrito en el ejemplo II para preparar un absorbente compuesto por 47,5% p polietilenoimina (peso molecular Mp de 25.000), 10% p de polietilenglicol (peso molecular Mp de 400) y 42,5% p de sílice de pirólisis que tiene un tamaño de partículas primarias de 7 nm. El absorbente en soporte de polioliol/amina

obtenido era un sólido blanco, que se trituró y se tamizó para producir un polvo uniforme. El polvo tenía excelentes características de flujo.

Ejemplo IV. Medición de la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> usando un sistema estático

5 Se obtuvieron datos de absorción de CO<sub>2</sub> usando un aparato compuesto por tubos de vidrio conectados a un sistema de suministro gaseoso y vacío. Los gases que contenían CO<sub>2</sub> se hicieron pasar sobre cantidades previamente pesadas de absorbentes preparados según la invención. El aumento de peso del absorbente se controló tras la saturación, es decir, hasta que ya no hubo aumento de peso. La absorción de CO<sub>2</sub> se determinó mediante el aumento de peso. La desorción de CO<sub>2</sub> se consiguió calentando la muestra de 80 a 110 °C bajo vacío (<1 mm de Hg) durante 1 h. La capacidad de desorción se determinó comprobando la disminución de peso.

10 Las mediciones de absorción obtenidas con algunos de los absorbentes se recogen en la tabla 1.

Tabla 1. Mediciones de la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> bajo condiciones estáticas

Absorbente (relación en peso)	Temperatura de absorción (°C)	Absorción de CO <sub>2</sub> (mg de CO <sub>2</sub> /g de absorbente)
<b>Sílice de pirólisis nanoestructurada en soporte</b>		
Sílice de pirólisis/PEI (LMW) (50/50)	70	144
Sílice de pirólisis/PEI (LMW) (50/50)	85	146
Sílice de pirólisis hidrófoba/PEI (HPM) (50/50)	85	133
Sílice de pirólisis/PEI (HPM)/PEG (45/45/10)	27	142
Sílice de pirólisis/PEI (HPM)/PEG (42,5/47,5/10)	27	148
Sílice de pirólisis/pentaetilenohexamina (50/50)	85	181
Sílice de pirólisis/tetraetilenpentamina (50/50)	85	197
<b>Sílice precipitada nanoestructurada en soporte</b>		
Sílice precipitada/PEI (LMW) (50/50)	70	144
Sílice precipitada/PEI (LMW) (50/50)	85	149
Sílice precipitada/PEI (HMW) (50/50)	50	110
Sílice precipitada/PEI (HMW) (50/50)	70	130
Sílice precipitada/PEI (lineal) (50/50)	70	178
Sílice precipitada/pentaetilenohexamina (50/50)	70	185
Sílice precipitada/tetraetilenopentamina (50/50)	70	195
PEI (HMW): polietilenoimina de peso molecular Mp aprox. 25.000 PEI (LMW): polietilenoimina de peso molecular Mp aprox. 800 PEG: polietilenglicol Mn aprox. 400		

15 Ejemplo V. Medición de la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> usando un analizador termogravimétrico

20 Los datos de absorción de CO<sub>2</sub> se obtuvieron usando un analizador termogravimétrico (Shimadzu TCA-50). El absorbente en polvo (5-20 mg) se introdujo en un crisol de platino y se colocó en la balanza del aparato. El absorbente sólido se trató seguidamente a la temperatura deseada, generalmente de 90 a 110 °C durante 1 h bajo un flujo de nitrógeno. Posteriormente, la muestra se enfrió hasta la temperatura de absorción deseada y el caudal de gas se hizo oscilar hasta CO<sub>2</sub> o bien una mezcla de CO<sub>2</sub> en diferentes proporciones con otros gases (por ejemplo, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, gas natural, etc.). El cambio de peso en la muestra se registró a lo largo del tiempo para determinar la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub>. Se recogen en la tabla 2 ejemplos de las mediciones de absorción obtenidas

mediante este método para el absorbente preparado según el ejemplo III (47,5% p de PEI, 10% p de PEG y 42,5% p de sílice de pirólisis).

Tabla 2. Medición a 50 °C de la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> de un absorbente compuesto por 47,5% de PEI, 10% de PEG y 42,5% de sílice de pirólisis nanoestructurada<sup>1</sup> usando un analizador termogravimétrico

5

Composición del gas	Absorción de CO <sub>2</sub> (mg de CO <sub>2</sub> /g de absorbente)
CO <sub>2</sub> al 100%	140
10% de CO <sub>2</sub> en N <sub>2</sub>	92
370 ppm de CO <sub>2</sub> (0,0370%) en aire (80% N <sub>2</sub> , 20% O <sub>2</sub> )	27
<sup>1</sup> PEI: polietilenoimina de peso molecular Mp aprox. 25.000 PEG: polietilenglicol Mn aprox. 400	

Ejemplo VI. Ciclos repetidos de absorción-desorción

10 El absorbente sólido del ejemplo III se sometió a múltiples ciclos de absorción y desorción y los ciclos de absorción-desorción se midieron usando las condiciones experimentales estáticas descritas en el ejemplo IV (con 3 minutos de absorción a temperatura ambiente con dióxido de carbono puro y 10 minutos para la desorción a 110 °C). La capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> del absorbente permaneció inalterada después de diez ciclos de absorción-desorción (véase la tabla 3). Los datos muestran que el absorbente según la invención es capaz de un cierto número de ciclos repetidos de absorción-desorción sin disminución de la capacidad de absorción y puede ser usado sin problemas durante diez ciclos de absorción-desorción.

Tabla 3. Ciclos repetidos de absorción-desorción de CO<sub>2</sub>

15

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capacidad de absorción (mg de CO <sub>2</sub> /g de absorbente)	105	106	114	113	112	115	116	118	117	117

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un absorbente de dióxido de carbono sólido para absorber dióxido de carbono a partir de una mezcla gaseosa y que libera el dióxido de carbono absorbido cuando es tratado para una regeneración, comprendiendo el absorbente una amina en una cantidad de 25%-75% en peso del absorbente, un poliol en una cantidad hasta 25% en peso del absorbente y un soporte de partículas sólidas de tamaño nanométrico que tienen un tamaño de partículas primarias de menos de 100 nm, para proporcionar integridad estructural a la amina y un área superficial elevada para el contacto de amina-gas.
2. El absorbente según la reivindicación 1, en el que el soporte es una nanosílice, sílice-alúmina, óxido de pirólisis, óxido precipitado, silicato de calcio o una mezcla de los mismos.
- 10 3. El absorbente según la reivindicación 1, en el que la amina es una amina primaria, secundaria o terciaria o alcanolamina, amina aromática o sus mezclas o combinaciones.
4. El absorbente según la reivindicación 3, en el que la amina es monoetanolamina (MEA), dietanolamina (DEA), metildietanolamina, 2-(2-aminoetilamino)-etanol, diisopropanolamina, 2-amino-2-metil-1,3-propanodiol, trietanolamina, tetraetilenopentamina, pentaetilenohexamina o polietilenoimina.
- 15 5. El absorbente según la reivindicación 4, en el que la amina es una polietilenoimina lineal o ramificada que tiene un peso molecular de más de 600.
6. El absorbente según la reivindicación 1, en el que el soporte es sílice de pirólisis o sílice precipitada y tiene un área superficial de 50 a 500 m<sup>2</sup>/g.
- 20 7. El absorbente según la reivindicación 1, en el que el poliol se selecciona entre el grupo que consiste en glicerol, oligómeros de etilenglicol, polietilenglicol, poli(óxidos de etileno), éteres y sus mezclas.
8. El absorbente según la reivindicación 1, en el que el soporte es sílice de pirólisis que tiene un tamaño de partículas de 5 a 50 nm.
- 25 9. El absorbente según la reivindicación 8, en el que la amina es monoetanolamina (MEA), dietanolamina (DEA), metildietanolamina, 2-(2-aminoetilamino)-etanol, diisopropanolamina, 2-amino-2-metil-1,3-propanodiol, trietanolamina, tetraetilenopentamina, pentaetilenohexamina o polietilenoimina, y el poliol se selecciona entre el grupo que consiste en glicerol, oligómeros de etilenglicol, polietilenglicol, poli(óxidos de etileno), éteres y sus mezclas.
- 30 10. Un método para preparar el absorbente de una de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende dispersar las partículas del soporte en un disolvente para formar una suspensión; disolver la amina en el disolvente para formar una solución de amina separada; añadir un poliol a la solución de amina o la suspensión antes de combinar la solución y la suspensión y separar el solvente para formar el absorbente.
- 35 11. El método según la reivindicación 10, que comprende adicionalmente secar la suspensión después de la adición del poliol para formar un poliol soportado por partículas de tamaño nanométrico; dispersar el poliol soportado en el disolvente y combinar el poliol soportado dispersado y la solución de amina antes de separar el disolvente para formar el absorbente.
12. Un método para capturar y separar de manera continua dióxido de carbono a partir de una mezcla gaseosa con un absorbente, que comprende exponer el absorbente según una de las reivindicaciones 1 a 9 a la mezcla gaseosa para efectuar la absorción de dióxido de carbono por el absorbente y tratar el absorbente que contiene dióxido de carbono absorbido o atrapado para liberarlo.
- 40 13. El método según la reivindicación 12, en el que la mezcla gaseosa es aire y el absorbente es proporcionado en un lecho fijo, móvil o fluidizado y el gas y el lecho están en contacto durante un periodo de tiempo suficiente para atrapar el dióxido de carbono en el absorbente.
14. El método según la reivindicación 12 o 13, en que el absorbente es tratado con suficiente calor, presión reducida,

vacío, purga de gas o una combinación de los mismos para liberar el dióxido de carbono absorbido, en que el absorbente es tratado cuando hasta un 90% de la amina está complejada con dióxido de carbono.

15. Uso del absorbente según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1-9 para capturar y separar dióxido de carbono a partir de una fuente gaseosa y liberar el dióxido de carbono para producir metanol.

- 5 16. Uso según la reivindicación 15, que comprende la reducción de dióxido de carbono y agua, o la reducción de dióxido de carbono, bajo condiciones suficientes para producir un compuesto intermedio, seguido de una hidrogenación catalítica del compuesto intermedio con hidrógeno para formar metanol.