

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 207**

21 Número de solicitud: 201630277

51 Int. Cl.:

**C08G 8/10** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**10.03.2016**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**11.10.2017**

56 Se remite a la solicitud internacional:

**PCT/ES2017/070133**

71 Solicitantes:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS (CSIC) (100.0%)  
C/ Serrano, nº 117  
28006 Madrid ES**

72 Inventor/es:

**ARENILLAS DE LA PUENTE, Ana;  
MENÉNDEZ DÍAZ, José Ángel;  
REY RAAP, Natalia y  
GÓMEZ CALVO, Esther**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

54 Título: **USO DE UN XEROGEL ORGÁNICO COMO AISLANTE TÉRMICO**

57 Resumen:

Uso de un xerogel orgánico como aislante térmico.  
La presente invención se refiere al uso como aislante térmico de un xerogel orgánico, preferiblemente un xerogel de resorcinol/formaldehído (xerogel RF), de baja densidad y preferiblemente de alta porosidad.

**ES 2 637 207 A1**

**Uso de un xerogel orgánico como aislante térmico**

**DESCRIPCIÓN**

5 La presente invención se refiere al uso como aislante térmico de un xerogel orgánico, preferiblemente un xerogel de resorcinol/formaldehído (xerogel RF), de baja densidad y preferiblemente de alta porosidad.

**ESTADO DE LA TÉCNICA**

10

Los materiales aislantes se utilizan para muchas aplicaciones (envases térmicos para la construcción, la industria aeroespacial, etc.) para minimizar las pérdidas de energía, por motivos de seguridad, para mejorar la sostenibilidad de los procesos industriales o para reducir los impactos ambientales negativos (ver Asdrubali F, D'Alessandro F, Schiavoni S (2015) "A review of unconventional sustainable building insulation materials", Sustainable Mater Technol 4: 1-171-3; Jelle BP (2011) "Traditional, state-of-the-art and future thermal building insulation materials and solutions – Properties, requirements and possibilities", Energy Build 43: 2549-2563; y Gutzov S, Danchova N, Karakashev SI, Khristov M, Ivanova J, Ulbikas J (2014) "Preparation and thermal properties of chemically prepared nanoporous silica aerogels", J Sol-Gel Sci Technol 70: 511-516). Estos materiales requieren diferentes propiedades dependiendo de su aplicación final, lo que conduce a un gran número de materiales con diferentes beneficios y costos. Algunos de los materiales aislantes más utilizados son el corcho, poliuretano (PUR), poliestireno expandido (EPS), lana de vidrio o aerogeles de sílice (ver Lee JK, Gould GL, Rhine W (2008) "Polyurea based aerogel for a high performance thermal insulation material", J Sol-Gel Sci Technol 49: 209-220; y Cuce E, Cuce PM, Wood CJ, Riffat SB (2014) "Toward aerogel based thermal superinsulation in buildings: A comprehensive review", Renewable Sustainable Energy Rev 34: 273-299).

30

La conductividad térmica (K) de un material, es decir su capacidad para conducir el calor, está determinada por la suma de los tres mecanismos de transferencia de calor: radiación, convección y conducción.

35

La transferencia de calor a través de un material sólido se conoce como conducción. Es el mecanismo que más contribuye a la transferencia de calor y se produce cuando

hay un gradiente de temperatura a través del sólido. En este tipo de mecanismo, la densidad del material juega un papel importante. Los materiales con una densidad baja, es decir, los materiales con altos volúmenes de poro, tienen buenas propiedades de aislamiento dado que se disminuye la transmisión de calor por conducción a través del esqueleto. Sin embargo, la baja densidad no es el único requerimiento para que un material sea buen aislante. El tamaño de poro también tiene un papel relevante. En materiales porosos, la transmisión de calor entre el material y la fase gaseosa que ocupa su parte interior, es decir, la porosidad del material, debe ser también considerada (ver Lu X, Caps R, Fricke J, Alviso CT, Pekala RW (1995) "Correlation between structure and thermal conductivity of organic aerogels", J Non-Cryst Solids 188: 226-234; Wiener M, Reichenauer G, Braxmeier S, Hemberger F, Ebert HP (2009) "Carbon Aerogel-Based High-Temperature Thermal Insulation", Int J Thermophys 30: 1372-1385; y Bi C, Tang GH, Tao WQ (2012) "Prediction of the gaseous thermal conductivity in aerogels with non-uniform pore-size distribution", J Non-Cryst Solids 358: 3124-3128). Este tipo de transmisión de calor se podría asimilar a un mecanismo de convección en el espacio hueco de los poros. Finalmente, el mecanismo de radiación está más relacionado con la composición química del material. Es ya conocido que los aerogeles de sílice son malos aislantes por radiación, ya que son transparentes a la radiación infrarroja, que es la que transmite el calor.

Por otra parte, el uso general de materiales como aislantes en ocasiones no sólo requiere un buen aislamiento térmico (por conducción, convección y/o radiación) sino que deben tener cierta resistencia mecánica y química. Así, por ejemplo, deben ser resistentes a ciertos productos químicos como disolventes orgánicos, ácidos o bases. Es bien conocido que el poliestireno se disuelve en contacto con acetona, ácidos o bases. Lo mismo que los otros materiales comúnmente usados como aislantes, incluido los aerogeles de sílice.

Por tanto, sería deseable disponer de un agente útil como aislante térmico, que presente una mínima conductividad térmica en todos los mecanismos (conducción, convección y radiación), que fuese barato y de fácil obtención (más barato y sencillo de obtener que los aerogeles de sílice) y que presente resistencia a compuestos químicos (cosa que no ocurre con el corcho, el poliuretano, el poliestireno, los aerogeles de sílice y la lana de vidrio). También sería interesante que este material se pudiese presentar en diferentes formatos, como por ejemplo monolitos, granos o polvos de tamaño tan fino que permitan fabricar tintas o pinturas, que facilitarían su

aplicación en superficies (cosa, esta última, que no puede hacerse con el poliuretano, el corcho o la fibra de vidrio).

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

5

Como se ha mencionado anteriormente, la presente invención se refiere al uso como aislante térmico de un xerogel orgánico, preferiblemente un xerogel RF, de alta porosidad y baja densidad.

10

Así, en un primer aspecto, la presente invención se refiere al uso de un xerogel orgánico como aislante térmico, donde el xerogel orgánico presenta una densidad inferior a  $0,6 \text{ g.cm}^{-3}$ , preferiblemente entre  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$  y  $0,4 \text{ g.cm}^{-3}$ .

15

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde el xerogel orgánico presenta una densidad de  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$ .

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, la porosidad total es mayor del 70%.

20

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde la porosidad total es del 80%.

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde:

25

- el xerogel orgánico presenta una densidad inferior a  $0,6 \text{ g.cm}^{-3}$ , preferiblemente entre  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$  y  $0,4 \text{ g.cm}^{-3}$ , y más preferiblemente de  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$ ; y
- la porosidad total es mayor del 70%, y preferiblemente del 80%.

30

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde el tamaño medio de poro de dicho xerogel orgánico es de entre 40 nm y 800 nm, y preferiblemente es de entre 100 nm y 150 nm.

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde:

35

- el xerogel orgánico presenta una densidad inferior a  $0,6 \text{ g.cm}^{-3}$ , preferiblemente entre  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$  y  $0,4 \text{ g.cm}^{-3}$ , y más preferiblemente de  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$ ;

- la porosidad total es mayor del 70%, y preferiblemente del 80%; y
- el tamaño medio de poro de dicho xerogel orgánico es de entre 40 nm y 800 nm, y preferiblemente es de entre 100 nm y 150 nm

5 En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde el xerogel orgánico resulta de la polimerización entre un aldehído y un benceno hidroxilado.

10 En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde el aldehído se selecciona de formaldehído y furfural.

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde el benceno hidroxilado se selecciona de resorcinol, fenol y catecol.

15 En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde:  
- el aldehído se selecciona de formaldehído y furfural; y  
- el benceno hidroxilado se selecciona de resorcinol, fenol y catecol.

20 En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde el xerogel orgánico se selecciona de xerogel resorcinol/formaldehído y xerogel fenol/formaldehído.

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde el xerogel orgánico es un xerogel resorcinol/formaldehído.

25

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde:

- el xerogel orgánico presenta una densidad inferior a  $0,6 \text{ g.cm}^{-3}$ , preferiblemente entre  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$  y  $0,4 \text{ g.cm}^{-3}$ , y más preferiblemente de  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$ ; y
- 30 - el xerogel orgánico se selecciona de xerogel resorcinol/formaldehído y xerogel fenol/formaldehído, y preferiblemente el xerogel orgánico es un xerogel resorcinol/formaldehído.

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde:

- el xerogel orgánico presenta una densidad inferior a  $0,6 \text{ g.cm}^{-3}$ , preferiblemente entre  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$  y  $0,4 \text{ g.cm}^{-3}$ , y más preferiblemente de  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$ ;
  - la porosidad total es mayor del 70%, y preferiblemente del 80%; y
- 5
- el xerogel orgánico se selecciona de xerogel resorcinol/formaldehído y xerogel fenol/formaldehído, y preferiblemente el xerogel orgánico es un xerogel resorcinol/formaldehído.

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde:

- 10
- el xerogel orgánico presenta una densidad inferior a  $0,6 \text{ g.cm}^{-3}$ , preferiblemente entre  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$  y  $0,4 \text{ g.cm}^{-3}$ , y más preferiblemente de  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$ ;
  - la porosidad total es mayor del 70%, y preferiblemente del 80%;
  - el xerogel orgánico se selecciona de xerogel resorcinol/formaldehído y xerogel fenol/formaldehído, y preferiblemente el xerogel orgánico es un xerogel resorcinol/formaldehído; y
- 15
- el tamaño medio de poro de dicho xerogel orgánico es de entre 40 nm y 800 nm, y preferiblemente es de entre 100 nm y 150 nm

- 20
- En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde la polimerización se lleva a cabo a un pH de entre 3 y 6,5, y preferiblemente a un pH de 3.

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde el xerogel resorcinol/formaldehído se obtiene mediante una etapa de polimerización en microondas de una mezcla de resorcinol (R), formaldehído (F), agua y un catalizador.

25

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde el xerogel resorcinol/formaldehído se obtiene mediante una etapa de polimerización en microondas de una mezcla de resorcinol (R), formaldehído (F), agua y un catalizador de naturaleza básica.

30

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde el xerogel resorcinol/formaldehído se obtiene mediante una etapa de polimerización en microondas de una mezcla de resorcinol (R), formaldehído (F), agua y un catalizador

35

de naturaleza básica; y dicho catalizador de naturaleza básica es inorgánico, y preferiblemente se selecciona de Na(OH), Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> y NH<sub>4</sub>Cl.

5 En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde el xerogel resorcinol/formaldehído se obtiene mediante una etapa de polimerización en microondas de una mezcla de resorcinol (R), formaldehído (F), agua y un catalizador de naturaleza básica; y dicho catalizador de naturaleza básica es orgánico, y preferiblemente se selecciona de urea, melamina, pirona, piridina, metil-amina y dimetil-amina.

10

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde la relación molar entre el benceno hidroxilado y el aldehído es de entre el 0,1 y el 0,5.

15

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde la relación molar entre el benceno hidroxilado y el aldehído es de 0,12.

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde:

20

- el xerogel orgánico resulta de la polimerización entre un aldehído y un benceno hidroxilado; y
- donde la relación molar entre el benceno hidroxilado y el aldehído es de entre el 0,1 y el 0,5, y preferiblemente de 0,12.

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde:

25

- el xerogel orgánico resulta de la polimerización entre un aldehído y un benceno hidroxilado;
- el aldehído se selecciona de formaldehído y furfural, y preferiblemente formaldehído;
- el benceno hidroxilado se selecciona de resorcinol, fenol y catecol, y preferiblemente catecol; y
- 30 - donde la relación molar entre el benceno hidroxilado y el aldehído es de entre el 0,1 y el 0,5, y preferiblemente de 0,12.

35

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde el xerogel orgánico se obtiene tras un post-tratamiento en aire a una temperatura de entre 100 °C y 300 °C.

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde el xerogel orgánico se obtiene tras un post-tratamiento en aire a una temperatura 100 °C.

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde:

- 5
- el xerogel orgánico resulta de la polimerización entre un aldehído y un benceno hidroxilado;
  - donde la relación molar entre el benceno hidroxilado y el aldehído es de entre el 0,1 y el 0,5, y preferiblemente de 0,12; y
  - el xerogel orgánico se obtiene tras un post-tratamiento en aire a una
- 10 temperatura de entre 100 °C y 300 °C.

En otra realización la invención se refiere al uso definido anteriormente, donde:

- el xerogel orgánico resulta de la polimerización entre un aldehído y un benceno hidroxilado;
- 15
- el aldehído se selecciona de formaldehído y furfural, y preferiblemente formaldehído;
  - el benceno hidroxilado se selecciona de resorcinol, fenol y catecol, y preferiblemente catecol;
  - donde la relación molar entre el benceno hidroxilado y el aldehído es de entre
- 20 el 0,1 y el 0,5, y preferiblemente de 0,12; y
- el xerogel orgánico se obtiene tras un post-tratamiento en aire a una temperatura de entre 100 °C y 300 °C

A lo largo de la invención, el término “aislante térmico” se refiere a un material

25 caracterizado por su alta resistencia térmica, de forma tal que impide o dificulta la transferencia de calor entre dos medios que se encuentran a distinta temperatura y que de manera natural tendieran a igualar sus temperaturas. Todos los materiales ofrecen una cierta resistencia a la trasmisión de calor, sin embargo, en la práctica, o industrialmente, se consideran aislantes térmicos aquellos que tienen una

30 conductividad térmica inferior a  $0,050 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

El término “gel orgánico” se refiere a un polímero sólido de naturaleza orgánica que se obtiene mediante un proceso sol-gel de polimerización de uno o varios precursores (monómeros) de naturaleza orgánica, y posterior eliminación del disolvente en el que

35 se ha llevado a cabo la polimerización.

El término “xerogel orgánico” se refiere un tipo de gel orgánico que se obtiene a presión atmosférica y a temperaturas próximas a las ambientales (nunca negativas y como máximo a unos 100 °C). Ejemplos incluyen entre otros xerogeles basados en resorcinol/formadehido (xerogel RF), fenol/formaldehido y, en general, cualquier  
5 producto de la polimerización de un benceno hidroxilado, como por ejemplo, entre otros, resorcinol, fenol y catecol, y un aldehído, como por ejemplo, entre otros, formaldehido y furfural.

El término “xerogel RF” se refiere a un gel orgánico obtenido a partir de la polimerización de resorcinol (R) y formaldehido (F) en el que el disolvente es  
10 eliminado por evaporación, y preferiblemente eliminando el disolvente por evaporación en horno microondas.

Los xerogeles de resorcinol/formaldehído (RF) de la invención son excelentes  
15 candidatos para su uso como materiales de aislamiento térmico debido a que el proceso de síntesis sol-gel permite que sus propiedades porosas sean meticulosamente diseñadas para minimizar la transmisión de calor por conducción y convección. No son transparentes a la radiación infrarroja por lo que la conducción por radiación también se minimiza. Por otra parte, se trata de materiales con unas buenas  
20 propiedades mecánicas, buena resistencia química y posibilidad de conformado muy diverso.

El término “porosidad” o “fracción de huecos”, se refiere a la medida de los espacios vacíos en un material, y es una fracción del volumen de huecos sobre el volumen total  
25 del material, expresado como un porcentaje entre 0% y 100%. La porosidad de los xerogeles de la invención es mayor del 70%, y preferiblemente mayor del 80%.

El término “tamaño de poros” se refiere a la distancia entre dos paredes opuestas de un poro o hueco interno. Así se define como “mesoporo” el poro cuyo tamaño está  
30 comprendido entre 2 y 50 nm, y “macroporo” el poro cuyo tamaño es mayor de 50 nm. El tamaño de poro de los xerogeles de la invención es de entre 10 nm y 5000 nm, preferiblemente entre 40 y 800 nm y más preferiblemente de poro medio 140 nm.

El término “volumen de poros” se refiere al volumen de espacio vacío en el interior de  
35 un material expresado en  $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$ . El volumen de poros de los xerogeles de la

invención está entre 0,3 y 4 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>, preferiblemente entre 2 y 4 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup> y más preferiblemente 3 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>.

5 El término "densidad" se refiere a la cantidad de masa de material en un determinado volumen, expresado en g cm<sup>-3</sup>. La densidad de los xerogeles de la invención está entre 0,2 y 0,6 g cm<sup>-3</sup>, preferiblemente entre 0,2 y 0,4 g cm<sup>-3</sup> y más preferiblemente 0,2 g cm<sup>-3</sup>.

10 El término "catalizador de naturaleza básica" se refiere a una sustancia de naturaleza orgánica o inorgánica cuyo pH en disolución acuosa es superior a 7. Ejemplos de catalizador de naturaleza inorgánica incluyen, entre otros, Na(OH), Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> y NH<sub>4</sub>Cl. Ejemplos de catalizador de naturaleza orgánica incluyen, entre otros urea, melamina, pirona, piridina, metil-amina y dimetil-amina.

15 El término "post-tratamiento en aire" se refiere a un tratamiento a temperatura superior a 100 °C e inferior a 300 °C, presión atmosférica y atmósfera de aire, que se hace después de la síntesis del xerogel. Este post-tratamiento puede llevarse a cabo en una estufa convencional o en cualquier otro tipo de dispositivo capaz de elevar la temperatura del material hasta la temperatura del post-tratamiento.

20 A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica y no se pretende que sean limitativos de la presente invención.

25

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

30 **FIG. 1** Dependencia de la de conductividad térmica de los xerogeles RF con la densidad aparente y el tamaño de poro.

## EJEMPLOS

35 A continuación se ilustrará la invención mediante unos ensayos realizados por los inventores, que pone de manifiesto la efectividad del producto de la invención.

### **Síntesis de xerogeles RF**

Fue preparada una serie de xerogeles RF mediante la policondensación de resorcinol (R) y formaldehído (F), utilizando soluciones de hidróxido de sodio como catalizador y agua desionizada como disolvente. El proceso de síntesis sol-gel fue  
5 llevado a cabo por calentamiento por microondas (ver Rey-Raap N, Menéndez JA, Arenillas A (2014) "Simultaneous adjustment of the main chemical variables to fine-tune the porosity of carbon xerogels", Carbon 78: 490-499; y Calvo EG, Juarez-Perez EJ, Menendez JA, Arenillas A (2011) "Fast microwave-assisted synthesis of tailored mesoporous carbon xerogels", J Colloid Interface Sci 357: 541-547).

10

El proceso de síntesis es rápido y sencillo, realizado en un horno microondas compacto en dos etapas principales: (i) la mezcla de precursor de RF (200 ml) se somete a una temperatura de 85 °C durante 3 horas, tiempo en el que las reacciones de polimerización entre los monómeros R y F tienen lugar (gelación y curado) y, (ii) la  
15 evaporación del disolvente hasta una pérdida de masa de 50%. Esta última etapa de secado nunca dura más de 2 horas.

15

Variables tales como el pH, relación de dilución (D) y la relación molar R/F se modificaron con el fin de obtener una variedad de xerogeles orgánicos de diferente porosidad, en concreto, con diferente densidad y tamaño de poro. Los rangos  
20 utilizados en este estudio fueron de 3 a 6,5 para el pH inicial, desde 4,7 a 7,7 en el caso de la relación de dilución, mientras que la relación molar R/F se varió entre 0,10 y 0,50.

20

25

### **Caracterización de las muestras**

Todas las caracterizaciones se realizaron sobre muestras previamente desgasificadas (120 °C, 0,1 mbar, 8 horas), con el fin de eliminar toda la humedad y otras moléculas adsorbidas en la superficie interna del material, que pudieran falsear la caracterización porosa o las medidas de conductividad térmica.

30

### **Propiedades porosas**

La caracterización de la meso-macroporosidad presente en las muestras se determinó mediante porosimetría de mercurio utilizando un Autopore IV 9500, Micromeritics, en un intervalo de presión desde la presión atmosférica a 228 MPa. En todos los  
35 experimentos, el ángulo de la tensión superficial y de contacto se ajustaron a 485 mN m<sup>-1</sup> y 130°, respectivamente. Por medio de esta técnica, se determinaron los

35

siguientes parámetros: volumen de mesoporos y macroporos ( $V_{\text{meso}}$  y  $V_{\text{macro}}$ ), tamaño medio de poro ( $dp$ ), porcentaje de porosidad y densidad aparente. El término volumen total de poro ( $V_p$ ) es la suma del volumen de mesoporos y macroporos.

## 5 Medidas de conductividad térmica

Las mediciones se realizaron con un analizador de conductividad térmica (TPS 2200, HOT-DISK), y un módulo isotrópico para materiales de baja densidad. Por medio de esta técnica se determinaron los valores de conductividad ( $K$ ,  $W\ m^{-1}\ K^{-1}$ )

10 La Tabla 1 muestra las propiedades porosas de los xerogeles RF sintetizados. Los resultados ponen de relieve la posibilidad de preparar una amplia gama de materiales con diferente estructura porosa.

*Tabla 1. Propiedades porosas de xerogeles RF sintetizados*

<b>Xerogel</b>	$V_{\text{meso}}$ ( $\text{cm}^3\ \text{g}^{-1}$ )	$V_{\text{macro}}$ ( $\text{cm}^3\ \text{g}^{-1}$ )	$V_p$ ( $\text{cm}^3\ \text{g}^{-1}$ )	$dp$ (nm)	densidad ( $\text{g}\ \text{cm}^{-3}$ )	porosidad (%)
A	0,37	0,00	0,37	10	0,7	33
B	0,53	0,00	0,53	10	0,6	70
C	0,81	0,65	1,46	40	0,4	75
D	0,02	1,93	1,95	270	0,3	76
E	0,02	3,31	3,33	5000	0,2	82
F	0,03	2,64	2,67	800	0,2	83
G	0,04	3,00	3,04	140	0,2	80

15

En la Tabla 1 se puede observar, que es posible modular el porcentaje de porosidad del material desde un 30% (material poco poroso) hasta materiales altamente porosos (>80%). Este parámetro de porosidad está directamente relacionado con la densidad del material, y así se observa cómo es posible obtener desde xerogeles RF densos (densidad  $0,7\ \text{g}\ \text{cm}^{-3}$ ) hasta xerogeles RF muy poco densos ( $0,2\ \text{g}\ \text{cm}^{-3}$ ). Esto se consigue con materiales con distinto volumen de meso y macroporos. También es posible obtener materiales poco densos (con densidad  $0,2\ \text{g}\ \text{cm}^{-3}$ ) y porcentaje de porosidad análogo pero con distinto tamaño de poro. Por lo tanto, las distintas características de la disolución precursora de los xerogeles RF influyen directamente en este tipo de propiedades porosas y es posible el diseño y control de la estructura porosa final de estos materiales.

25

Los valores de conductividad térmica de estas muestras se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Conductividad térmica de los xerogeles RF sintetizados

Xerogel	K (W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )
A	0,064 (no es aislante)
B	0,046
C	0,040
D	0,039
E	0,044
F	0,040
G	0,035

Como ya se mencionó anteriormente, la conducción es el mecanismo de transmisión e  
 5 calor que más peso tiene, y la densidad (o porosidad) del material aislante influye  
 directamente en esta propiedad. De este modo, el xerogel A que es un material poco  
 poroso y denso, presenta una conductividad térmica de 0,064 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>, y no puede  
 ser considerado como aislante, ya que son considerados materiales aislantes aquellos  
 que presentan una conductividad por debajo de 0,050 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>. Si los xerogeles RF  
 10 presentan una porosidad superior al 70% dan lugar a materiales que entran en el  
 rango de aislantes.

Sin embargo la baja densidad del material es condición necesaria pero no suficiente  
 para que un material sea un buen aislante térmico. Ya que los xerogeles E, F y G  
 presentan una misma densidad pero sin embargo distinta conductividad térmica,  
 15 debido a las diferencias en el tamaño de poro. Así, para una misma densidad, a  
 menor tamaño de poro menor conductividad térmica, debido a que se minimiza la  
 componente de convección, y por lo tanto el material presenta mejores propiedades  
 como aislante térmico. Los resultados de la Tabla 2 muestran que el valor de K se ha  
 reducido más de un 20%, es decir, la capacidad aislante del xerogel RF mejora  
 20 cuando las muestras de igual densidad tienen poros más estrechos.

La dependencia de la conductividad térmica con la densidad y el tamaño de poro se  
 muestra gráficamente en la Figura 1.

25 Los dos principales mecanismos de transmisión de calor que contribuyen a la  
 conductividad térmica de xerogeles de RF son la conducción y la convección en  
 interior de los poros del material. Las propiedades porosas de estos materiales, en  
 particular la densidad y el tamaño de los poros, tienen la influencia opuesta en cada

uno de estos mecanismos. Es necesario, por tanto, para lograr un compromiso entre ellos a fin de minimizar la conductividad térmica total. Por un lado, la densidad influye en el mecanismo de la conducción debido a que la mayor es la densidad, menos las interconexiones entre el material y, por lo tanto, la conducción a través del sólido se reduce al mínimo. Por otro lado, los tamaños de poro más pequeños impiden las colisiones entre las moléculas de gas y así la transmisión de calor por convección térmica se reduce. En consecuencia, mediante el diseño de la porosidad de los xerogeles RF, se puede obtener conductividades térmicas análogas a uno de los materiales aislantes más comúnmente empleados, el poliestireno expandido ( $0,035 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ). Con la ventaja de que los xerogeles RF tienen mejores propiedades mecánicas y mayor resistencia a productos químicos que el poliestireno expandido, y pueden ser aplicados en forma de tinta o pintura. Todo ello hace que aumente considerablemente los campos de aplicación de los xerogeles RF como aislantes.

## REIVINDICACIONES

1. Uso de un xerogel orgánico como aislante térmico, donde: el xerogel orgánico presenta una densidad menor de  $0,6 \text{ g.cm}^{-3}$ .  
5
2. El uso según la reivindicación 1, donde el xerogel orgánico presenta una densidad de entre  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$  y  $0,4 \text{ g.cm}^{-3}$ .
3. El uso según la reivindicación 2, donde el xerogel orgánico presenta una densidad de  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$ .  
10
4. El uso según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde la porosidad total es mayor del 70%.
5. El uso según la reivindicación 4, donde la porosidad total es del 80%.  
15
6. El uso según cualquiera las reivindicaciones de 1 a 5 donde el tamaño medio de poro está comprendido entre 40 nm y 800 nm.
7. El uso según la reivindicación 6 donde el tamaño medio de poro está comprendido entre 100 nm y 150 nm.  
20
8. El uso según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde el xerogel orgánico resulta de la polimerización entre un aldehído y un benceno hidroxilado.  
25
9. El uso según la reivindicación 8, donde el aldehído se selecciona de formaldehído y furfural.
10. El uso según cualquiera de las reivindicaciones 8 y 9, donde el benceno hidroxilado se selecciona de resorcinol, fenol y catecol.  
30
11. El uso según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde el xerogel orgánico se selecciona de xerogel resorcinol/formaldehído y xerogel fenol/formaldehído.
12. El uso según la reivindicación 11, donde el xerogel orgánico es un xerogel resorcinol/formaldehído.  
35

13. El uso según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, donde la polimerización se lleva a cabo a un pH de entre 3 y 6,5.
- 5 14. El uso según la reivindicación 13, donde la polimerización se lleva a cabo a un pH de 3.
15. El uso según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14, donde la relación molar entre el benceno hidroxilado y el aldehído es de entre el 0,1 y el 0,5.
- 10 16. El uso según la reivindicación 15, donde la relación molar entre el benceno hidroxilado y el aldehído es de 0,12.
- 15 17. El uso según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, donde el xerogel orgánico se obtiene tras un post-tratamiento en aire a una temperatura de entre 100 °C y 300 °C.
18. El uso según la reivindicación 17, donde el xerogel orgánico se obtiene tras un post-tratamiento en aire a una temperatura 100 °C.

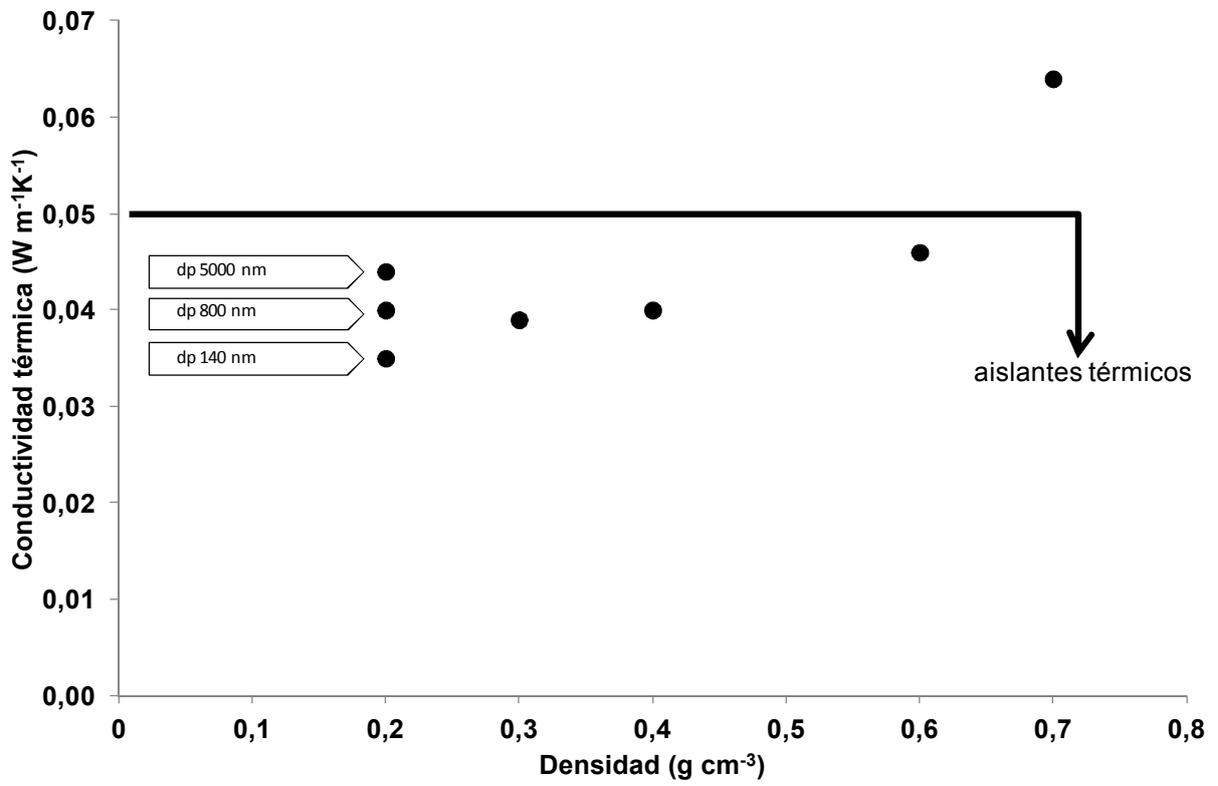


Figura 1