

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 741 674**

51 Int. Cl.:

**B01J 21/08** (2006.01)  
**B01J 21/12** (2006.01)  
**B01J 23/06** (2006.01)  
**B01J 37/02** (2006.01)  
**C04B 41/00** (2006.01)  
**C09C 1/40** (2006.01)  
**C04B 41/45** (2006.01)  
**C09C 1/28** (2006.01)  
**C04B 35/628** (2006.01)  
**C04B 20/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.03.2008 PCT/US2008/057957**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **02.10.2008 WO08118827**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2008 E 08732726 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2129518**

54 Título: **Materiales minerales en partículas recubiertos con compuesto metálico, métodos para elaborarlos y usos de los mismos**

30 Prioridad:

**23.03.2007 US 896506 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.02.2020**

73 Titular/es:

**IMERYS FILTRATION MINERALS, INC. (100.0%)  
1732 North First Street, Suite 450  
San Jose, CA 95112, US**

72 Inventor/es:

**WANG, BO y  
GREENE, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 741 674 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**

5 Materiales minerales en partículas recubiertos con compuesto metálico, métodos para elaborarlos y usos de los mismos.

Reivindicación de prioridad

Esta solicitud reclama el beneficio de prioridad a la Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos No. 60/896,506 presentada el 23 de marzo de 2007.

10 Campo de la invención

15 Aquí se divulgan materiales minerales en partículas recubiertos con al menos un compuesto metálico. En al menos un compuesto metálico es un compuesto de silicato metálico. También se divulgan métodos para elaborar materiales minerales en partículas recubiertos con al menos un compuesto metálico, así como diversos usos para materiales minerales en partículas recubiertos con compuestos metálicos.

Antecedentes de la invención

20 Los materiales minerales en partículas encuentran uso en una variedad de aplicaciones diferentes, que incluyen, pero no se limitan a, recubrimientos, pigmentos, rellenos, apuntalantes, catalizadores, extensores, vehículos inertes para filtración, para aislamientos y para aplicaciones hortícolas. Un ejemplo de material mineral en partículas es la perlita. La perlita es una roca vítrea volcánica silíceo de ocurrencia natural, generalmente distinguible de otros vidrios volcánicos debido a su expansión de aproximadamente cuatro a aproximadamente veinte veces su volumen original cuando se calienta a una temperatura dentro de su rango de ablandamiento. Se ha descubierto que las partículas de perlita son útiles en una variedad de aplicaciones, como las mencionadas anteriormente, tanto en su forma expandida como no expandida.

30 La forma expandida de perlita se puede lograr debido en parte a la presencia de agua atrapada dentro de la roca bruta de vidrio de perlita. Cuando la perlita se calienta rápidamente, el agua se vaporiza, creando burbujas en las partículas vítreas suavizadas por el calor y, en general, dando como resultado un producto de perlita ligero, químicamente inerte y altamente expandido. Se puede fabricar un producto de perlita expandido para pesar, por ejemplo, de aproximadamente 2 libras/pie<sup>3</sup> (0.03 g/cm<sup>3</sup>) a aproximadamente 15 libras/pie<sup>3</sup>, (0.24 g/cm<sup>3</sup>) lo que permite que se adapte para numerosos usos, como los descritos anteriormente.

35 La forma y el grado final de un producto de perlita expandida pueden controlarse, entre otras cosas, cambiando el ciclo de calentamiento dentro de un expansor de perlita, alterando el perfil de tamaño de un material de alimentación de perlita no expandido mediante molienda u otros procesos ahora conocidos por los expertos en el arte o descubiertos en adelante. En una forma expandida, las partículas de perlita son partículas agregadas. En otra forma expandida, las partículas de perlita son microesferas sólidas. En una forma expandida adicional, las partículas de perlita son microesferas porosas. La perlita expandida en forma de microesferas porosas tiene, en general, menos celdas internas en comparación con el número relativamente mayor de células internas encontradas en las partículas de agregado de perlita expandida más comúnmente producidas.

45 La perlita también se puede moler después de que se expande. La perlita expandida que no se ha molido después generalmente tiene una estructura espumosa o burbujeante y puede incluir esferas porosas. Cuando la perlita expandida se muele posteriormente, las burbujas en la estructura generalmente se trituran, lo que resulta en fragmentos de burbujas que son más pequeños y generalmente de una estructura laminar.

50 Otro ejemplo de material mineral en partículas es la tierra de diatomeas (también llamada "DE" o "diatomita"), que generalmente se considera como un sedimento enriquecido en sílice biogénica (es decir, sílice producida o causada por organismos vivos) en forma de esqueletos silíceos (frustules) de diatomeas. Las diatomeas son una variedad diversa de algas microscópicas, unicelulares, de color marrón dorado de la clase Bacillariophyceae que poseen un esqueleto silíceo adornado de estructuras variadas e intrincadas que comprenden dos válvulas que, en la diatomea viva, se unen como una caja de pastillas. La tierra de diatomeas puede ser diatomita de agua dulce o diatomita de agua salada. El documento U.S. 4,033,783 A se refiere al uso de perlita activada por superficie en la fabricación de materiales estructurales unidos a sílice y cal. El documento US 3,769,065 A se refiere a un método de recubrimiento de perlita expandida que comprende pulverizar con una solución ácida. El documento GB 1,186,245 A se refiere a un relleno recubierto para extender materiales poliméricos que comprende partículas de perlita expandida recubiertas. El documento US 4,525,388 A se refiere a un proceso para fabricar perlita expandida que está recubierta con un material de recubrimiento hidrófobo. El documento US 4,686,253 A describe perlita expandida recubierta con una composición para hacer que la perlita sea impermeable al agua. En Dewey Richard Andersen: "Coated diatomite for treatment of reactive wastes", Tesis retrospectivas y disertaciones, Documento 3990, 1 de enero de 1967 (1967-01-01), páginas 1-144, Universidad Estatal de Iowa, el desarrollo de un recubrimiento de intercambio de base adecuada para diatomita se investiga. El documento US 4,298,554 A se refiere a material de alta resistencia y alta temperatura para aislamiento que comprende perlita expandida. El documento US 4,183,980 A se refiere a una perlita expandida que está recubierta

con polisiloxano para formar un relleno en partículas no porosa resistente a la abrasión para su inclusión en materiales poliméricos.

5 En algunas aplicaciones, la resistencia a la compresión, la dureza y/o el color de los materiales minerales en partículas pueden desempeñar un papel importante en el cumplimiento de su propósito. En la técnica se sabe que mejora ciertos atributos de los materiales minerales en partículas a través del recubrimiento de la superficie o de la unión de partículas. El documento de patente US No. 3,849,149 de Swift et al., Por ejemplo, parece divulgar un método para modificar las propiedades de la superficie de ciertos materiales minerales en partículas con un recubrimiento de superficie que tiene un número significativo de sitios ácidos con valores de pKa inferiores a 2.8, para dar como resultado mayor facilidad de incorporación y uniformidad de dispersión en usos finales de pigmentos y rellenos. Como otro ejemplo, la patente US No. 4,432,798 de Helferich et al. parece divulgar una composición moldeable y autoestable que consiste en un agregado granular o en partículas que se mantiene unido por un hidrogel aglutinante de aluminosilicato alcalino. Como otro ejemplo, la patente US No. 5,352,287 de Wason et al. parece divulgar un producto de pigmento compuesto que comprende un núcleo mineral recubierto con un recubrimiento de pigmento de papel activo sustancialmente continuo y uniforme, que puede usarse para mejorar las características de opacidad, brillo y/o rendimiento óptico del papel. Como otro ejemplo, la patente US No. 6,641,908 B1 de Clough parece divulgar materiales de sustrato inorgánicos que comprenden un recubrimiento de óxido metálico que puede formarse mediante un recubrimiento de plasma a alta temperatura.

20 Los presentes inventores han descubierto inesperadamente que, al recubrir materiales minerales en partículas con al menos un compuesto metálico, se puede mejorar la resistencia a la compresión, la dureza y/o el color de esos materiales. El al menos un compuesto metálico es un compuesto de silicato metálico. Ninguna de las referencias mencionadas anteriormente parece enseñar o sugerir al menos lo siguiente: (1) el uso de al menos un recubrimiento de silicato metálico para mejorar la resistencia a la compresión, la dureza y/o la coloración de al menos un material mineral en partículas; (2) la aplicación de al menos un recubrimiento de silicato de zinc o zirconio sobre al menos un material mineral en partículas de diatomita; (3) la aplicación de al menos un recubrimiento de aluminosilicato sobre al menos un material mineral en partículas de perlita; y (4) el recubrimiento de al menos un material mineral en partículas con un recubrimiento de óxido metálico, mediante el uso de un recubrimiento de solución a baja temperatura (por ejemplo, a temperatura ambiente).

30 Resumen de las invenciones

La presente invención se define en y mediante las reivindicaciones adjuntas. El presente documento divulga materiales minerales en partículas recubiertos con silicato metálico que comprenden perlita que comprende un recubrimiento que comprende al menos un silicato metálico.

También se divulga en el presente documento materiales minerales en partículas recubiertos con silicato metálico que comprenden diatomita que comprende un recubrimiento que comprende al menos un silicato metálico seleccionado de al menos uno de silicatos de zirconio y silicatos de zinc.

También se divulga en el presente documento materiales minerales en partículas recubiertos con silicato metálico que comprenden una microesfera de perlita en partículas que comprende un recubrimiento que comprende al menos un silicato metálico.

45 También se divulga en el presente documento métodos para formar microesferas de perlita expandida recubiertas, que comprenden: introducir microesferas de perlita en un expansor calentado a una temperatura de aproximadamente 900°F (482°C) a aproximadamente 1100°F (593°C); inyectando en el expansor al menos un silicato metálico; y, permitiendo que las microesferas de perlita y el al menos un silicato metálico residan en el expansor durante un tiempo suficiente para recubrir las microesferas de perlita con el al menos un silicato metálico.

50 También se divulgan en el presente documento métodos para formar microesferas de perlita expandida recubiertas, que comprenden: introducir microesferas de perlita en un expansor calentado a una temperatura de aproximadamente 900°F (482°C) a aproximadamente 1100°F (593°C); inyectar en el expansor al menos un compuesto metálico y al menos un compuesto de silicato; y, permitiendo que las microesferas de perlita, el al menos un compuesto de aluminio y el al menos un compuesto de silicato residan en el expansor durante un tiempo suficiente para recubrir las microesferas de perlita con el al menos un compuesto de metal y el al menos un compuesto de silicato, en donde el al menos un compuesto metálico y el al menos un compuesto de silicato forman al menos un silicato metálico.

60 También se divulgan en el presente documento productos de recubrimiento, catalizador, pigmento, relleno, apuntalante o extensor que comprenden perlita que comprende un recubrimiento que comprende al menos un silicato metálico.

También se divulgan en el presente documento productos de recubrimiento, catalizador, pigmento, relleno, apuntalante o extensor que comprenden diatomita que comprende un recubrimiento que comprende al menos un silicato metálico seleccionado de al menos uno de silicatos de zirconio y silicatos de zinc.

También se divulgan en el presente documento productos de recubrimiento, catalizador, pigmento, relleno, apuntalante o productos de extensor que comprenden al menos un material mineral de microesferas en partículas que comprende un recubrimiento que comprende al menos un silicato metálico.

5 También se divulgan en el presente documento métodos para aplicar al menos un recubrimiento de óxido de metal a al menos un material mineral en partículas que comprende recubrimiento de solución a aproximadamente temperatura ambiente.

10 También se divulgan en el presente documento métodos para aumentar el brillo de al menos un material mineral en partículas, que comprende aplicar mediante recubrimiento de solución a baja temperatura al menos un recubrimiento de al menos un compuesto de óxido metálico a por lo menos un material mineral en partículas, en el que el valor b del al menos un material mineral en partículas disminuye en aproximadamente 1 unidad.

15 También se divulgan en el presente documento métodos para aumentar la resistencia a la compresión de al menos un material mineral en partículas, que comprende aplicar al menos un recubrimiento de al menos un silicato metálico a por lo menos un material mineral en partículas, en el que la resistencia a la compresión medida por la resistencia a la compactación aumenta a al menos unas dos veces.

20 También se divulga en el presente documento métodos para aumentar la dureza de al menos un material mineral en partículas, que comprende aplicar al menos un recubrimiento de al menos un silicato metálico a por lo menos un material mineral en partículas, en el que la dureza medida por la resistencia al frote aumenta al menos alrededor del dos por ciento.

Breve descripción de las figuras

25 La figura 1 es una micrografía electrónica de barrido de microesferas de perlita expandida.

30 La figura 2 es una micrografía electrónica de barrido de una muestra de tierra de diatomeas recubierta con silicato de zirconio.

La figura 3 es otra micrografía electrónica de barrido de una muestra de tierra de diatomeas recubierta con silicato de zirconio.

35 La figura 4 es otra micrografía electrónica de barrido de una muestra de tierra de diatomeas recubierta con silicato de zirconio.

La figura 5 es otra micrografía electrónica de barrido de una muestra de tierra de diatomeas recubierta con silicato de zirconio.

40 La figura 6 es otra micrografía electrónica de barrido de una muestra de tierra de diatomeas recubierta con silicato de zirconio.

45 La figura 7 representa la relación entre la relación de solución de recubrimiento a perlita y la resistencia a la compactación de 1 pulgada (2.54 cm) de las microesferas de perlita probadas de acuerdo con el Ejemplo 4.

La figura 8 representa la relación entre la relación de silicato de sodio a sulfato de aluminio y la resistencia a la compactación de 1 pulgada (2.54 cm) de las microesferas de perlita probadas de acuerdo con el Ejemplo 4, con una relación de aluminosilicato a perlita de 1.

50 Descripción detallada de la invención

Materiales minerales en partículas

55 El al menos un material mineral en partículas es un material mineral natural o fabricado capaz de recibir al menos un recubrimiento que comprende al menos un compuesto metálico siempre y cuando el material mineral comprenda perlita y la perlita esté en la forma de microesferas. Los expertos en la materia comprenderán al menos un material mineral en partículas apropiado para su uso de acuerdo con la presente invención. El al menos un material mineral en partículas puede tener una o más propiedades variables, por ejemplo, composición, forma, conformación, tamaño y/o densidad. El al menos un material mineral en partículas es cualquier material mineral en partículas que podría beneficiarse de un aumento en la resistencia a la compresión. El al menos un material mineral en partículas puede beneficiarse de un aumento en la dureza. El al menos un material mineral en partículas puede beneficiarse de una coloración mejorada. El al menos un material mineral en partículas puede beneficiarse de una resistencia al frote mejorada.

65 Una lista no limitativa de al menos un material mineral en partículas contemplado para usar con la presente invención incluye perlita, diatomita, piedra pómez, vermiculita, obsidiana, caolín, bauxita, caolín bauxítico, carbonato de calcio,

talco, mica, pigmentos de óxido, sílice, alúmina, zirconia, bauxita sinterizada, andalusita, feldespato, sienita de nefelina, colorantes y vidrios en partículas que incluyen, pero no se limitan a, cal sodada, borosilicato, aluminosilicato y calcio (vidrio E) y vidrio de consumo reciclado, siempre y cuando el al menos un material mineral en partículas comprende perlita.

5 El al menos un material mineral en partículas puede estar en cualquier forma adecuada, que incluye, pero no se limita a amorfo, esférico, no esférico, escala de micras, escala de no micras, microesférico, poroso, sólido, no expandido, expandido y molido siempre y cuando el material mineral comprenda perlita y la perlita está en la forma de microesferas. Como se usa en este documento, el término "microesfera" se refiere a una esfera o material esférico  
10 que tiene una escala de micras. Como se usa en el presente documento, el término "sólido" se refiere a un material mineral en partículas que tiene una densidad teórica mayor o igual a aproximadamente 90%. Como se usa en el presente documento, el término "hueco" o "poroso" se refiere a un material mineral en partículas que tiene una densidad teórica de menos de aproximadamente 90%. Como se usa en este documento, los términos "esfera" o "esférico" se refieren a una partícula que, cuando se amplía como una imagen bidimensional, generalmente aparece  
15 redondeada y generalmente libre de esquinas o bordes afilados, ya sea que la partícula parezca verdadera o no sustancialmente circular, elíptica, globular o cualquier otra forma redondeada; así, además de las formas verdaderamente circulares y elípticas, otras formas con contornos curvos pero no circulares o elípticos se incluyen como una "esfera" o como "esféricas". Un material mineral en partículas también se puede considerar una "esfera" o como "esférico" a pesar de que puede tener algunas partículas individuales que se han aglomerado, formando así  
20 aglomerados no esféricos en el material esférico, o que no son esféricos.

El al menos un material mineral en partículas puede tener cualquier forma seleccionada por el experto en la materia para el propósito pretendido. En una realización, el al menos un material mineral en partículas es amorfo. En otra  
25 realización, el al menos un material mineral en partículas es esférico. En otra realización más, el al menos un material mineral en partículas tiene la forma de microesferas sólidas. En otra realización más, el al menos un material mineral en partículas tiene la forma de microesferas porosas. En otra realización más, el al menos un material mineral en partículas tiene forma de microburbujas huecas. En otra realización adicional, el al menos un material mineral en partículas tiene forma de cuentas huecas. En otra realización, el al menos un material mineral en partículas tiene forma de vacíos huecos. El al menos un material mineral en partículas es perlita en forma de microesferas que pueden ser  
30 sólidas. En otra realización más, el al menos un material mineral en partículas es perlita en forma de microesferas porosas.

El al menos un material mineral en partículas puede ser de cualquier tamaño seleccionado por el experto en la materia para el propósito pretendido. En una realización, el al menos un material mineral en partículas tiene una escala de  
35 micras. En otra realización, el al menos un material mineral en partículas es una escala que no es de micras. Como se usa en el presente documento, el prefijo "micro" y el término "escala de micras" se refieren a un material mineral en partículas que tiene un diámetro esférico equivalente de menos de 100  $\mu\text{m}$ , mientras que el prefijo "escala no micrónica" se refiere a un material mineral en partículas que tiene un diámetro esférico equivalente igual o superior a 100  $\mu\text{m}$ . Tal como se usa en el presente documento, un material mineral en partículas se puede considerar "escala de micras" a pesar de que puede tener algunas partículas individuales que se han aglomerado, formando así aglomerados sin escala de micras en el material de otra escala de micras, o de otra manera no tienen escala de micras.

En una realización, el al menos un material mineral en partículas tiene un diámetro esférico equivalente de menos de aproximadamente 10 mm. En otra realización, el al menos un material mineral en partículas tiene un diámetro esférico  
45 equivalente (esd) de menos de aproximadamente 5 mm. En una realización adicional, el al menos un material mineral en partículas tiene una esd de menos de aproximadamente 1 mm. En otra realización más, el al menos un material mineral en partículas tiene una ESD de menos de aproximadamente 100  $\mu\text{m}$ . En otra realización más, el al menos un material mineral en partículas tiene un diámetro esférico equivalente de menos de aproximadamente 10  $\mu\text{m}$ . En otra realización más, el al menos un material mineral en partículas tiene un diámetro esférico equivalente de menos de aproximadamente 1  $\mu\text{m}$ .

En una realización, el al menos un material mineral en partículas tiene una ESD de aproximadamente 0.5  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 10 mm. En otra realización, el al menos un material mineral en partículas tiene una ESD de  
55 aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 5 mm. En una realización adicional, el al menos un material mineral en partículas tiene un esd de aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 1 mm. En otra realización más, el al menos un material mineral en partículas tiene una ESD de aproximadamente 10  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 100  $\mu\text{m}$ .

El diámetro esférico equivalente de un material mineral en partículas se puede medir usando cualquiera de una variedad de métodos ahora conocidos o descubiertos en el futuro. Por ejemplo, esd puede medirse usando el  
60 analizador de tamaño de partículas SEDIGRAPH. El análisis Esd también puede proporcionar información como un  $d_{10}$  (el tamaño en el que el 10 por ciento del volumen de partículas se representa por partículas que tienen un diámetro menor o igual que el valor especificado),  $d_{50}$  (igual que  $d_{10}$  pero para el 50 por ciento de volumen de partículas, como se llama tamaño de partícula promedio) y  $d_{90}$  (igual que  $d_{10}$  pero para un volumen de partículas del 90 por ciento).

65 En una realización, el al menos un material mineral en partículas es perlita. En otra realización, el al menos un material mineral en partículas es perlita no expandida. En una realización adicional, el material mineral en partículas es perlita

expandida. En otra realización más, el material mineral en partículas es perlita expandida que se ha molido posteriormente. En otra realización más, el material mineral en partículas es perlita en forma de microesferas no expandidas. En otra realización más, el material mineral en partículas es perlita en forma de microesferas expandidas. En otra realización más, el material mineral en partículas es perlita en forma de microesferas expandidas que posteriormente se han molido.

#### Compuestos Metálicos

El al menos un material mineral en partículas está recubierto con al menos un recubrimiento que comprende al menos un compuesto metálico, de modo que después de al menos un proceso de recubrimiento el al menos un material mineral en partículas comprende al menos un recubrimiento que comprende al menos un compuesto metálico. En una realización, el al menos un compuesto metálico comprende al menos un componente metálico y al menos otro componente elegido del grupo que consiste en componentes de óxido y componentes de silicato siempre y cuando el recubrimiento comprenda al menos un silicato metálico que es un aluminosilicato. Los materiales componentes separados también pueden denominarse materiales de partida y el al menos un compuesto metálico puede formarse a partir de muchos materiales de partida diferentes mediante muchos procesos diferentes. En una realización, el al menos un compuesto metálico comprende al menos un componente metálico y al menos un componente de silicato. El al menos un compuesto metálico comprende al menos un componente metálico y al menos un componente de óxido.

El al menos un componente metálico comprende al menos un metal ahora conocido por el experto en la materia o descubierto en el futuro. Los semimetales o metaloides, como el boro y el silicio, se contemplan como al menos un metal dentro del alcance de la presente invención. Una lista no limitante de al menos un metal contemplado para su uso con la presente invención incluye aluminio, cobre, cromo, cobalto, hierro, plomo, níquel, plata, titanio, zinc, zirconio, boro, silicio y mezclas de los mismos. El al menos un componente metálico comprende aluminio. En una realización adicional, En otra realización más, el al menos un componente metálico se elige del grupo que consiste en nitratos metálicos, sulfatos metálicos, aluminatos metálicos, metales de sodio, cloruros metálicos, alcóxidos metálicos, acetatos metálicos, formiatos metálicos, bayerita, pseudoboehmita, gibbsita, metales coloidales, geles metálicos, soles metálicos, tricloruros metálicos, carbonatos metálicos de amonio, hidratos metálicos y clorhidratos metálicos.

En una realización, el al menos un componente metálico es al menos un compuesto de aluminio. Los ejemplos del al menos un compuesto de aluminio incluyen, pero no se limitan a, sales de aluminio, nitrato de aluminio, sulfato de aluminio, aluminato alcalino, aluminato de sodio, haluros de aluminio (como cloruro de aluminio), alcóxido de aluminio, acetato de aluminio, formiato de aluminio, bayerita, pseudoboehmita, gibbsita, alúmina coloidal, gel de alúmina, sol de alúmina, tricloruro de aluminio, carbonato de aluminio y amonio y clorhidrato de aluminio. En una realización, el al menos un compuesto de aluminio es nitrato de aluminio. En otra realización, el al menos un compuesto de aluminio es sulfato de aluminio. En una realización adicional, el al menos un compuesto de aluminio es aluminato de sodio. En otra realización más, el al menos un compuesto de aluminio es cloruro de aluminio.

En una realización, el al menos un compuesto metálico se forma en presencia de al menos un ácido. Sin desear limitarse a la teoría, se cree que al menos un ácido puede actuar para facilitar la precipitación o el recubrimiento del al menos un compuesto metálico sobre al menos un material mineral en partículas. Los ácidos apropiados serán conocidos o pueden ser descubiertos de aquí en adelante por el experto en la materia. Los ejemplos de al menos un ácido incluyen, pero no se limitan a, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido fórmico y ácido acético. En una realización, el al menos un ácido es ácido clorhídrico. En otra realización, el al menos un ácido es ácido fosfórico.

En una realización, el al menos un compuesto metálico comprende al menos un componente metálico y al menos un componente de silicato. Las realizaciones ejemplares del al menos un componente de silicato incluyen, pero no se limitan a, tetraetilortosilicato (TEOS), tetrametilortosilicato (TMOS), silicato de sodio, silicato alcalino, sílice coloidal, sílice sólida, silicatos de metal alcalino y metasilicato de sodio. En una realización, el al menos un componente de silicato es TEOS. En otra realización, el al menos un componente de silicato es silicato de sodio.

El al menos un compuesto metálico puede ser al menos un aluminosilicato. En una realización, los materiales de partida para por lo menos un aluminosilicato comprenden TEOS y nitrato de aluminio. En otra realización, los materiales de partida para por lo menos un aluminosilicato comprenden silicato de sodio y sulfato de aluminio. En una realización adicional, el al menos un aluminosilicato se forma mediante una reacción sol-gel. En otra realización más, el al menos un aluminosilicato se forma mediante una reacción sol-gel que comprende TEOS y nitrato de aluminio. En otra realización más, el al menos un aluminosilicato se forma a partir de una mezcla de silicato de sodio y sulfato de aluminio.

#### Recubrimientos

El al menos un recubrimiento puede tomar diversas formas. En una realización, el al menos un recubrimiento tiene la forma de un recubrimiento de tipo vítreo. En otra realización, el al menos un recubrimiento tiene la forma de un

recubrimiento de tipo cerámico. En otra realización más, el recubrimiento está en forma de un recubrimiento de tipo sol-gel.

5 El método de preparación de al menos un compuesto metálico y el método de aplicación de al menos un compuesto metálico al menos un material mineral en partículas no son críticos, siempre que se forme al menos un recubrimiento que comprenda al menos un compuesto metálico el al menos un material mineral en partículas. En una realización, los materiales de partida del al menos un compuesto metálico pueden aplicarse por separado y directamente al material mineral en partículas, formando un recubrimiento que comprende al menos un compuesto metálico sobre el mismo. En otra realización, los materiales de partida del al menos un compuesto metálico se mezclan primero o reaccionan, y luego se aplican al al menos un material mineral en partículas para formar al menos un recubrimiento. En una realización adicional, el al menos un compuesto metálico o uno o más materiales de partida del al menos un compuesto metálico, que incluyen mezclas de materiales de partida, se aplican al al menos un material mineral en partículas mediante pulverización sobre la superficie del al menos un material mineral en partículas. En otra realización más, el al menos un compuesto metálico se aplica al al menos un material mineral en partículas mediante recubrimiento en solución. En una realización, el recubrimiento en solución se realiza a temperatura ambiente o aproximadamente (es decir, aproximadamente 70°F) (aproximadamente 21°C). En otra realización, el recubrimiento en solución se realiza a una temperatura inferior a aproximadamente 300°F (149°C). En una realización adicional, el recubrimiento en solución se realiza a una temperatura inferior a aproximadamente 150°F (66°C).

20 En una realización en la que el al menos un material mineral en partículas es perlita, la perlita puede recubrirse con el al menos un compuesto metálico en cualquier momento durante y/o después del proceso de expansión de perlita. En una de tales realizaciones, el al menos un componente metálico y el al menos otro componente del al menos un compuesto metálico se aplican por separado y directamente a la perlita durante y/o después de la expansión de la perlita. En otra de tales realizaciones, el al menos un componente metálico y el al menos otro componente pueden mezclarse o reaccionarse primero y luego aplicarse a la perlita durante y/o después de la expansión de la perlita.

30 En una realización, el al menos un componente metálico y el al menos otro componente, individualmente o como una mezcla, se aplican a la perlita mientras la perlita está a una temperatura elevada en relación con la temperatura ambiente (por ejemplo, 70°F) (21°C). En otra realización, el al menos un compuesto metálico se aplica a la perlita mientras está en expansión y está a una temperatura elevada. En una realización adicional, el al menos un compuesto metálico se aplica a la perlita después de que ha experimentado expansión y mientras está a una temperatura elevada. Por ejemplo, la temperatura elevada puede ser de aproximadamente 900°F (482°C) a aproximadamente 1500°F (816°C). Si bien no desea estar limitado por la teoría, formar el al menos un recubrimiento de acuerdo con las realizaciones en las que la perlita está a una temperatura elevada se cree que permite que el compuesto metálico precipite más fácilmente sobre la perlita expandida y/o induzca la formación de un recubrimiento cerámico. Además, se cree que el recubrimiento de acuerdo con las realizaciones en las que la perlita está a una temperatura elevada puede facilitar la formación de un recubrimiento de vidrio/cerámica de compuesto de metal duro en la superficie del sustrato.

40 En una realización adicional, el al menos un componente metálico y el al menos otro componente, ya sea individualmente o una mezcla, pueden inyectarse directamente en el expansor de perlita. Una vez más, aunque no se desea estar limitado por la teoría, se contempla que, para ayudar a reducir el costo de producción, se puede emplear un proceso de recubrimiento de acuerdo con esta realización usando un equipo expansor existente sin ninguna o mínima modificación. En una de tales realizaciones, el al menos un compuesto metálico y/o sus materiales de partida se inyectan en línea en el expansor de perlita.

#### Propiedades

50 Los materiales minerales en partículas recubiertos de la presente invención pueden presentar una mayor dureza, resistencia a la compresión y/o una coloración mejorada sobre los materiales minerales en partículas que no comprenden al menos un recubrimiento que comprende al menos un compuesto metálico. En una realización, los materiales minerales en partículas de la presente invención exhiben una mayor resistencia a la compresión (medida por la resistencia a la compactación). Un ejemplo de una prueba de resistencia a la compactación mide la fuerza de compresión en libras/pulg<sup>2</sup> (psi) (kPa) requerida para reducir una columna específica de agregado mineral en 1 o 2 pulgadas (2.54 o 5.08 cm). En un método ejemplar para determinar la resistencia a la compactación, se puede usar una máquina cíclica de compresión por tensión Dillion TC<sup>2</sup> para probar los cilindros empacados con el material mineral a analizar. Primero, los cilindros de prueba se preparan empacando el mineral a analizar en un cilindro de prueba con un diámetro interno de 1 1/8 de pulgadas (2.9 cm) y una profundidad interna de 5 pulgadas (12.7 cm). El cilindro de prueba lleno se mantiene en la plataforma de una máquina de densidad de compactación y rebota 25 veces. Después de colocar un collar con brida en el cilindro de prueba, se agregan más muestras para llevar la altura a una pulgada (2.54 cm) de la parte superior del collar. El cilindro de prueba lleno se hace rebotar 25 veces más. Después de quitar el collar, el mineral por encima del nivel del cilindro de prueba fue eliminado con un borde recto. El cilindro con muestras se puede pesar para una medición de densidad de compactación, si se desea. Luego, los cilindros se transfieren a la unidad de prueba de resistencia a la compactación, donde cada cilindro se comprime lentamente con un pistón a una velocidad de 2 pulgadas/min (5.08 cm/min) hasta la marca de 1 pulgada (2.54 cm) o 2 pulgadas (5.08 cm). La resistencia del material en partículas durante la compactación se puede medir.

En una realización, la resistencia a la compresión es al menos aproximadamente 2 veces mayor que la del material no revestido. En otra realización, la resistencia a la compresión es al menos aproximadamente 4 veces mayor que la del material no revestido. En una realización adicional, la resistencia a la compresión es al menos aproximadamente 6 veces mayor que la del material no revestido. En otra realización más, la resistencia a la compresión es al menos aproximadamente 10 veces mayor que la del material no revestido.

En una realización, los materiales minerales en partículas recubiertos de la presente invención pueden exhibir una mayor dureza. El experto en la materia conoce los atributos de dureza deseables para materiales minerales en partículas en un uso o aplicación prevista. La dureza de los materiales minerales en partículas puede ser difícil de medir directamente. Un método ejemplar de aquellos conocidos por el experto en la técnica para medir la dureza es una prueba de resistencia al fregado de acuerdo con ASTM D 2486-89. En una realización, la dureza del material mineral en partículas recubierto se incrementa en aproximadamente un 2%, de acuerdo con su resistencia al fregado. En otra realización, la dureza aumenta en aproximadamente un 5%. En una realización adicional, la dureza aumenta en aproximadamente un 10%. En otra realización más, la dureza aumenta en aproximadamente un 15%. En otra realización más, la dureza aumenta en aproximadamente un 20% o más. En otra realización más, la dureza se incrementa en aproximadamente 2% a aproximadamente 20%. En otra realización adicional, la dureza se incrementa en aproximadamente 10% a aproximadamente 20%.

En una realización, los materiales minerales en partículas recubiertos de la presente invención pueden exhibir una coloración mejorada. El experto en la materia conoce los atributos de coloración deseables para los materiales minerales en partículas en un uso o aplicación prevista. La coloración de los materiales minerales en partículas recubiertos se puede evaluar utilizando las medidas de color Hunter L, a, b recogidas, por ejemplo, en un espectrofotómetro Spectro/plus (Color and Appearance Technology, Inc., Princeton, New Jersey). Los valores L, a y b clasifican los valores de blancura, rojo/verde y azul/amarillo espectrofotométricamente midiendo el reflejo de la luz de una muestra coloreada. Los valores deseados para L, a y b pueden ser diferentes para diversos materiales minerales en partículas y usos previstos; los valores de L, a y b pueden considerarse independientemente uno del otro, de modo que, por ejemplo, los cambios relativamente pequeños en un valor (como b) pueden ser altamente deseables incluso con cambios relativamente mayores en otro valor (como L). L está numerado entre 0 y 100, siendo 0 una muestra completamente negra y 100 una muestra completamente blanca. El valor a es el valor rojo/verde, que es un número positivo para muestras rojas (cuanto más positivo, más rojo) y negativo para muestras verdes (cuanto más negativo, más verde). El valor b es similar al a pero observa los valores azul/amarillo del material. Las muestras positivas son amarillas, las negativas son azules. Cuanto más positivo o negativo sea el número, más amarillo o azul, respectivamente. El brillo de la luz azul ("BLB") también se puede calcular a partir de los datos de color de la escala Hunter (L, a, b).

En una realización, los materiales minerales en partículas recubiertos de la presente invención tienen un valor b más cercano a 0 que los materiales no recubiertos. En otra realización, los materiales minerales en partículas recubiertos tienen un valor b aproximadamente 1 unidad más bajo que los materiales no recubiertos. En una realización adicional, los materiales minerales en partículas recubiertos tienen un valor b de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 2 unidades más bajo que los materiales no recubiertos. En otra realización más, los minerales de mineral en partículas recubiertos tienen aproximadamente el mismo valor de L que los materiales no recubiertos. En otra realización adicional, los materiales minerales en partículas recubiertos tienen un valor b más cercano a 0 que los materiales no recubiertos, con aproximadamente el mismo valor L. En otra realización más, los materiales minerales en partículas recubiertos tienen un valor b más cercano a aproximadamente 0 que los materiales no recubiertos, con un cambio en el valor L de aproximadamente 4 unidades o menos. En otra realización adicional, los materiales minerales en partículas recubiertos tienen un valor b aproximado de 0.5 unidades más bajo que los materiales no recubiertos, con un cambio en el valor L de aproximadamente 4 unidades o menos. En otra realización, los materiales minerales en partículas recubiertos tienen un valor b de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 2 unidades más bajo que los materiales no recubiertos, con un cambio en el valor L de aproximadamente 0.2 a aproximadamente 4 unidades. En una realización adicional, los materiales minerales en partículas recubiertos tienen un valor dentro de aproximadamente 0.5 unidades de los materiales no recubiertos.

#### Usos

Los materiales minerales en partículas recubiertos de la presente invención pueden usarse en muchas aplicaciones. Por ejemplo, los materiales minerales en partículas recubiertos pueden usarse como pigmentos, rellenos, apuntalantes o extendedores en diversos materiales como pinturas, recubrimientos, catalizadores, estucos, plásticos, polímeros, papeles, compuestos para macetas, incrustaciones, compuestos para juntas de cinta, hormigones, parches de madera contrachapada, piezas de fundición a base de resina, compuestos de construcción a base de agua y sensibilizadores en explosivos de voladura. En una realización, los materiales minerales en partículas se usan en pinturas (incluidas, pero no limitadas a, pinturas arquitectónicas, industriales, automotrices y de mantenimiento) pero, entre otras cosas, mejorar la capacidad de limpieza, dureza, pulido, resistencia a la abrasión y a las manchas, resistencia a la corrosión, y resistencia a las marcas. En otra realización, los materiales minerales en partículas recubiertos se usan en aplicaciones de ayuda de filtro/filtración. En una realización adicional, los materiales minerales en partículas recubiertos se usan en usos finales, pero, entre otras cosas, una mayor resistencia al llenado de volumen reducido y

un mayor comportamiento de aislamiento. En otra realización más, los materiales minerales en partículas recubiertos se usan en parches de madera contrachapada para, entre otras cosas, reducción de costos, lijabilidad y reducción de contracción. En otra realización adicional, los materiales minerales en partículas recubiertos se usan en hormigones poliméricos para, entre otras cosas, una mayor resistencia a la compresión, reducción de costes, reducción de contracción y flujo mejorado. En otra realización más, los materiales minerales en partículas recubiertos se usan en compuestos para macetas para, entre otras cosas, resistencia al agrietamiento por estrés térmico y reducción de la contracción. En otra realización adicional, los materiales minerales en partículas recubiertos se usan en recubrimientos en polvo para, entre otras cosas, resistencia a la abrasión y flujo mejorado. En otra realización, los materiales minerales en partículas recubiertos se usan en compuestos de incrustación para, entre otras cosas, mejorar la lijabilidad y reducir la contracción. En una realización adicional, los materiales minerales en partículas recubiertos se usan en compuestos para juntas de cinta para, entre otras cosas, mejorar la lijabilidad y reducir la contracción.

En una realización, los materiales minerales en partículas recubiertos se usan en recubrimientos. Recubrimientos ejemplares que incluyen, pero no se limitan a, recubrimientos arquitectónicos, recubrimientos industriales ligeros, recubrimientos industriales, recubrimientos decorativos, recubrimientos de pintura de tráfico, recubrimientos de imprimación automotriz, recubrimientos superiores automotrices, recubrimientos de imprimación por electrodeposición ("EDP"), recubrimientos de laca reticulables, recubrimientos electrostáticos, recubrimientos de laca electrostática, recubrimientos de esmalte de alto contenido sólido, recubrimientos de baja energía (incluidos los recubrimientos de uretano de dos componentes), recubrimientos en polvo, recubrimientos curables por radiación, recubrimientos reducibles con agua, recubrimientos sin solventes (incluidos los agentes de curado/epoxi), recubrimientos de imprimación sin solvente, recubrimientos elastoméricos, recubrimientos epoxídicos (incluidos recubrimientos híbridos de uretano, recubrimientos de terrazo y recubrimientos de sistemas de alta temperatura), recubrimientos a base de agua y uretano (incluidos recubrimientos de pisos de polímeros industriales y arquitectónicos), recubrimientos de madera, recubrimientos de superficie autonivelantes y aplanables, recubrimientos resistentes a productos químicos, recubrimientos de sistemas de membrana de plataforma de tráfico, sistemas de teñido y recubrimiento de cubierta y muelle, revestimiento de cubierta de puente, sellador de calzada de color, recubrimientos de reparación de techo de color, recubrimientos de revestimiento de cubierta de camioneta, recubrimientos para reparación de silenciador, recubrimientos de cubierta de barco, recubrimientos de piso de concreto, recubrimientos de cinta de palo de hockey, recubrimientos de protección de punta de botas de trabajo, recubrimientos preventivos de óxido y corrosión, y recubrimientos de protección antideslizantes.

En otra realización, los materiales minerales en partículas recubiertos se usan en catalizadores. Los catalizadores ejemplares incluyen, pero no se limitan a, catalizadores ácidos (usados, por ejemplo, en aplicaciones de amoníaco y metanol), catalizadores de aminación (usados, por ejemplo, en aplicaciones de alcohol), catalizadores de síntesis de amoníaco (usados, por ejemplo, en aplicaciones de amina), catalizadores de síntesis de metanol (utilizados, por ejemplo, en aplicaciones de soporte), catalizadores fabricados a medida (utilizados, por ejemplo, en aplicaciones de ciclohexano), catalizadores de deshidrogenación (utilizados, por ejemplo, en aplicaciones de diol y polioliol), catalizadores de hidrogenación (utilizados, por ejemplo, en aplicaciones de sabores y fragancias), catalizadores de prereformado (utilizados, por ejemplo, en aplicaciones de purificación de alimentos), catalizadores de reformado por vapor (utilizados, por ejemplo, en aplicaciones de cetonas y alcohol), catalizadores de cambio (utilizados, por ejemplo, en aplicaciones intermedias de nylon), catalizadores de azufre (utilizados, por ejemplo, en aplicaciones de resina y cera), y catalizadores de eliminación de cloruro (utilizados, por ejemplo, en aplicaciones de oxidación y oxiclorigación).

Aparte de los ejemplos, o donde se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades de ingredientes, condiciones de reacción, etc. utilizados en la especificación y las reivindicaciones deben entenderse modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Por consiguiente, a menos que se indique lo contrario, los parámetros numéricos establecidos en la especificación y las reivindicaciones adjuntas son aproximaciones que pueden variar dependiendo de las propiedades deseadas que se desean obtener mediante la presente divulgación. Como mínimo, y no como un intento de limitar la aplicación de la doctrina de los equivalentes al alcance de las reivindicaciones, cada parámetro numérico debe interpretarse a la luz del número de dígitos significativos y enfoques de redondeo ordinarios.

A pesar de que los rangos numéricos y los parámetros que establecen el amplio alcance de la invención son aproximaciones y, a menos que se indique lo contrario, los valores numéricos establecidos en los ejemplos específicos se reportan con la mayor precisión posible. Sin embargo, cualquier valor numérico contiene inherentemente ciertos errores que resultan necesariamente de la desviación estándar encontrada en sus respectivas mediciones de prueba.

A modo de ilustración no limitativa, a continuación, se dan ejemplos de ciertas realizaciones de la presente divulgación. Los ejemplos 1 a 4 son de la invención

## 60 EJEMPLOS

### Ejemplo 1

65 Se usó un proceso de recubrimiento en línea para recubrir Harborlite 50 × 50, un producto de relleno de perlita disponible comercialmente de World Minerals Inc., con al menos un recubrimiento que comprende al menos un

aluminosilicato. Primero, se mezclaron 200 libras (91 kg) de silicato de sodio (grado Brenntag N, SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O=3.22) con 250 libras (113 kg) de agua en un recipiente de acero inoxidable durante 10 minutos. A continuación, se agregaron 38 libras (17 kg) de sulfato de aluminio (Brenntag) a la solución. Después de mezclar durante 10 minutos, la solución se inyectó a 20 libras/min (9 kg/min) en un expansor de perlita en la producción de Harborlite 50 x 50. El punto de inyección estaba ubicado adyacente al puerto para el termopar en el expansor de perlita (también llamado "en línea"). La temperatura en el punto de inyección fue de 900°F a 1100°F (482°C a 593°C). La inyección se inició después de 10 minutos de producción del producto de control (Harborlite 50 x 50 recubierto con silicato sin aluminio). Se recogieron muestras cada 5 minutos. La primera muestra, que consta del material de control Harborlite 50 x 50 recubierto con silicato no aluminio, se recogió en el momento 0, justo antes del inicio de la inyección. Luego se recogieron cuatro muestras adicionales, que consisten en el material recubierto de aluminosilicato, en los tiempos 5 minutos, 10 minutos, 15 minutos y 20 minutos. Se produjo un total de 684 libras (310 kg) de producto recubierto durante la ejecución.

Como se muestra en la Tabla 1, el recubrimiento de vidrio/cerámica de aluminosilicato mejoró clara e inesperadamente la resistencia a la compactación del Harborlite 50 x 50.

Tabla 1

Densidad y resistencia de compactación de Vidrio de aluminosilicato/Perlita recubierta de cerámica

ID de muestra	Densidad de Compactación (lib./pie <sup>3</sup> ) (g/cm <sup>3</sup> )	Resistencia a la compactación 1-pulg. (psi) (kPa)	Resistencia a la compactación 2-pulg. (psi) (kPa)
Harborlite no recubierto con Al-Si 50x50 (control), 0 min	3.1 (0.05)	10.4 (71.7)	35.3 (243.4)
Harborlite recubierto con Al-Si 50x50, 5 min	3.5 (0.06)	16.5 (113.8)	47.0 (324.1)
Harborlite recubierto con Al-Si 50x50, 10 min	3.3 (0.05)	15.5 (106.9)	45.5 (313.7)
Harborlite recubierto con Al-Si 50x50, 15 min	2.9 (0.05)	12.8 (88.3)	36.4 (251.0)
Harborlite recubierto con Al-Si 50x50, 20 min	3.2 (0.05)	14.0 (96.5)	42.2 (291.0)

Los métodos utilizados para determinar la resistencia y la dureza del material de perlita presentado en la Tabla 1 fueron una prueba de densidad de compactación y una prueba de resistencia de compactación. En la prueba de densidad de compactación, la perlita a analizar se empaquetó en un cilindro de prueba con 1 1/8 de pulgada (2.9 cm) de diámetro interno y 5 pulgadas (12.7 cm) de profundidad interna. El cilindro de prueba lleno se mantuvo en la plataforma de una máquina de densidad de compactación y rebotó 25 veces. Después de colocar un collar con bridas en el cilindro de prueba, se agregaron más muestras para llevar la altura a una pulgada (2.54 cm) de la parte superior del collar. El cilindro de prueba lleno se hizo rebotar 25 veces más. Después de quitar el collar, la perlita por encima del nivel del cilindro de prueba se eliminó con un borde recto. Luego se pesó el cilindro con muestras para una medición de densidad de compactación.

Para determinar la resistencia de compactación, se usó una máquina cíclica de compresión por tensión Dillion TC<sup>2</sup> para probar los cilindros empaquetados con la perlita producida de acuerdo con este ejemplo. Durante la prueba, el cilindro se comprimió lentamente con un pistón a una velocidad de 2 pulgadas/min (5.08 cm/min) hasta la marca de 1 pulgada (2.54 cm) o 2 pulgadas (5.08 cm). Se midió la resistencia del material en partículas durante la compactación.

Se cree que la ligera tendencia descendente en la densidad y la resistencia a la compactación del material en partículas recubierto se debió a un aumento gradual de la homogeneidad de los recubrimientos de Al-Si formados en las muestras. Esta homogeneidad probablemente fue causada por un gran material en trozos de aglomerado/fundido que se acumuló en el expansor después de la expansión. Se cree que la solución de Al-Si se concentró en algunos puntos en el expansor al final de la expansión, lo que resultó en un recubrimiento de Al-Si en el sustrato que gradualmente se volvió más y más delgado, disminuyendo así gradualmente la densidad y la resistencia a la compactación. de las muestras

**Ejemplo 2**

Se usó un producto de microesferas de perlita expandida diferente del Ejemplo 1 como sustrato para un recubrimiento de vidrio/cerámica de aluminosilicato. Antes del recubrimiento, se midió que el producto de microesferas de perlita de aluminosilicato no recubierto tenía un tamaño de partícula promedio de 46 micras ( $\mu\text{m}$ ), una resistencia de compactación de 1 pulgada (2.54 cm) de 22 psi (151.7 kPa) y una densidad de compactación de 9.1 lb/pie<sup>3</sup> (0.15 g/cm<sup>3</sup>). La figura 1 muestra la micrografía electrónica de barrido de esta muestra inicial no recubierta.

Para recubrir el producto de microesferas de perlita de partida, primero se mezclaron 20 gramos de solución de silicato de sodio (PQ Corporation N® 38,  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}=3.22$ ) con 10 gramos de agua durante 10 minutos. En segundo lugar, se añadió 1 gramo de sulfato de aluminio (Alfa Aesar,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{XH}_2\text{O}$ ,  $X \approx 14-18$ ) a la solución de silicato. Esa solución se mezcló durante otros 10 minutos. A continuación, la solución se pulverizó sobre 80 gramos de las microesferas de perlita de sustrato. Después de secar durante la noche en el aire, la muestra recubierta de cerámica/vidrio de aluminosilicato se probó para la resistencia a la compactación como se indica en el Ejemplo 1. Esta muestra recubierta de cerámica/vidrio de aluminosilicato tenía una resistencia de compactación de 1 pulgada (2.54 cm) de 44 psi (303.4 kPa) y una densidad de compactación de 9.4 lb/pie<sup>3</sup> (0.15 g/cm<sup>3</sup>).

En la práctica, a menudo es deseable obtener un producto que exhiba mayor resistencia a densidades más bajas. En general, un recubrimiento más grueso produce un aumento más espeso en la densidad de compactación. Dado que solo se usó una muestra relativamente pequeña de microesferas de perlita expandida en este Ejemplo 2, en comparación con el Ejemplo 1, se cree que un porcentaje mayor de las microesferas de perlita expandida estaban recubiertas sustancialmente por completo, lo que conduce a un mayor grado de homogeneidad que en ese Ejemplo 1. Notablemente, si bien el recubrimiento de aluminosilicato aplicado no era lo suficientemente grueso como para aumentar significativamente la densidad de compactación de la muestra de microesferas de perlita expandida, resultó en características de resistencia mejoradas en gran medida e inesperadamente, medidas por la resistencia a la compactación.

### Ejemplo 3

Se repitió el ejemplo 2 excepto que se usaron 60 g de las microesferas de perlita. La muestra recubierta de cerámica/vidrio de aluminosilicato tenía una resistencia de compactación de 1 pulgada (2.54 cm) de 51 psi (351.6 kPa) y una densidad de compactación de 9.8 lb/pie<sup>3</sup> (0.16 g/cm<sup>3</sup>), medida por las técnicas utilizadas en el Ejemplo 1. La relación Al-Si a sustrato en el Ejemplo 2 aumentó a 21:60 de 21:80 en el Ejemplo 1. Se cree que este Ejemplo 3 dio como resultado un recubrimiento más espeso que en el Ejemplo 2 y condujo a una densidad de compactación más alta y una mayor resistencia a la compresión, medida por la resistencia a la compactación.

### Ejemplo 4

Las muestras de microesferas de perlita se recubrieron con recubrimientos de aluminosilicato de acuerdo con la presente invención para evaluar el aumento de la densidad de compactación y la resistencia de compactación. Las muestras de microesferas de perlita comercialmente disponibles, Harborlite PA1000 y Harborlite PA116 (de World Minerals Inc.) se recubrieron con un recubrimiento de aluminosilicato. El recubrimiento de aluminosilicato comprendía sulfato de aluminio y silicato de sodio. Para recubrir las muestras Harborlite PA1000, la relación de silicato de sodio a sulfato de aluminio en la solución de recubrimiento se fijó en 20, y la relación de solución de recubrimiento a microesfera perlita se varió de 0.3 a 2. Para recubrir las muestras Harborlite PA116, la relación de silicato de sodio a sulfato de aluminio en la solución de recubrimiento varió de 5 a 60, y la relación de solución de recubrimiento a microesfera de perlita se fijó en 1.

Para recubrir las muestras de microesferas de perlita, primero, la cantidad deseada de solución de silicato de sodio (PQ Corporation N® 38,  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}=3.22$ ), reflejada en la Tabla 2 a continuación, se mezcló con 10 gramos de agua durante 10 minutos. A continuación, la cantidad deseada de sulfato de aluminio (Alfa Aesar,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{XH}_2\text{O}$ ,  $X \approx 14-18$ ), reflejada en la Tabla 2 a continuación, se añadió a la solución de silicato. Esa solución se mezcló durante otros 10 minutos. La solución se roció luego sobre la cantidad especificada de las microesferas de perlita de sustrato, como se refleja en la Tabla 2 a continuación. Después de secar durante la noche en el aire, las muestras recubiertas de cerámica/vidrio de aluminosilicato se analizaron para determinar la densidad de compactación y la resistencia.

La densidad de compactación y la resistencia a la compactación de 1 pulgada (2.54 cm) de los materiales de perlita no recubiertos se midieron como se indica en el Ejemplo 1 y se compararon con la densidad de compactación y la resistencia a la compactación de 1 pulgada (2.54 cm) del mismo material después del recubrimiento con un recubrimiento de aluminosilicato de acuerdo con la presente invención. Además, se varió la relación de compuesto de aluminio a compuesto de silicato y solución de recubrimiento de aluminosilicato a material de perlita para evaluar el impacto de esas concentraciones en los mismos parámetros. Finalmente, para fines de comparación, también se evaluaron tres productos adicionales de microesferas de vidrio sin recubrimiento, la burbuja de vidrio Scotchlite de la compañía 3M K-1, K-15 y S-22, se evaluaron para determinar su densidad de compactación y resistencia de compactación de 1 pulgada (2.54 cm). Los resultados de esas pruebas se muestran en la Tabla 2 a continuación.

Tabla 2

Densidad y Resistencia de compactación de microesferas de perlita recubiertas con Aluminosilicato				
ID de muestra	Relación $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{XH}_2\text{O}$	Relación de solución Al-Si/Perlita	Densidad de Compactación (lb/pie <sup>3</sup> ) (g/cm <sup>3</sup> )	Resistencia a la compactación 1-pulg. (psi)(kPa)
3M K-1 (control)			5.7(0.09)	57(393.0)
3M K-15 (control)			6.6(0.11)	74(510.2)
SM S-22 (control)			8.6(0.14)	125(861.8)
PA1000 (control)			11.4(0.18)	23(158.6)
PA1000 recub. Con Al-Si				
PA1000 PA1000 recub. Con Al-Si	20	2	15.0(0.24)	135(930.8)
PA1000 PA1000 recub. Con Al-Si	20	1	14.5(0.23)	73(503.3)
PA1000 PA1000 recub. Con Al-Si	20	0.5	12.0(0.19)	49(337.8)
PA1000	20	0.3	11.0(0.18)	44(303.4)
PA116 (control)			10.2(0.16)	20(137.9)
PA116 recub. Con Al-Si	5	1	14.6(0.23)	178(1227.3)
PA116 recub. Con Al-Si	10	1	10.7(0.17)	35(241.3)
PA116 recub. Con Al-Si	20	1	11.5(0.18)	45(310.3)
PA116 recub. Con Al-Si	40	1	12.1(0.19)	57(393.0)
PA116 recub. Con Al-Si	60	1	11.4(0.18)	51(351.6)

5 Como se puede ver en la Tabla 2, las muestras de microesferas de perlita recubiertas con los recubrimientos de silicato metálico (aluminosilicato) de acuerdo con la presente invención exhibieron un marcado aumento en la resistencia a la compactación de 1 pulgada (2.54 cm), con un efecto mínimo sobre la densidad de compactación en comparación las muestras de control no recubiertas. Además, se puede ver que el aumento de la proporción de recubrimiento de aluminosilicato con respecto al material de perlita tuvo un efecto mínimo sobre la densidad de compactación, mientras que la resistencia a la compresión (medida por la resistencia a la compactación) aumentó dramáticamente.

10 Los resultados demuestran que la resistencia a la compactación aumentó linealmente al aumentar la relación de la solución de recubrimiento a la perlita. Sin desear limitarse a la teoría, se cree que la capa de recubrimiento en la superficie de la microesfera de perlita se volvió más espesa con una mayor cantidad de solución de recubrimiento, lo que condujo a una mayor resistencia. Esta relación de las pruebas anteriores se representa en la figura 7)

15 Además, a una relación de aluminosilicato a perlita de 1, se observó una mayor resistencia a una baja relación de silicato a aluminio (<5), mientras que una mayor relación de silicato a aluminio (>5) no tuvo un impacto significativo en la resistencia. Esta relación de las pruebas anteriores se representa en la figura 8). Además, en comparación con las muestras comerciales de microesferas de vidrio K-1, K-15 y S-22, los resultados de las pruebas también demuestran

que la resistencia de las microesferas de perlita recubiertas de aluminosilicato de acuerdo con la presente invención fue al menos comparable a la de los productos comerciales.

**Ejemplo 5**

5 En el Ejemplo 5, las muestras de microesferas de perlita se recubrieron con recubrimientos de silicato de zirconio de acuerdo con la presente invención para evaluar el aumento de la densidad de compactación y la resistencia de compactación. Se usaron muestras de Harborlite PA116, disponible en World Minerals Inc., para las muestras de microesferas de perlita. Para recubrir las muestras de microesferas de perlita, primero, la cantidad deseada (17 a 40  
10 gramos como se refleja en la Tabla 3 a continuación) de solución de silicato de sodio (PQ Corporation N® 38,  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}=3.22$ ) se mezcló con la cantidad deseada (17 a 33 gramos como se refleja en la Tabla 3 a continuación) de solución de sulfato de zirconio (Aldrich,  $\text{Zr}(\text{SO}_4)_2$ , 35%) durante 10 minutos. En algunos casos, también se agregó agua adicional a la solución. A continuación, la solución se pulverizó sobre la cantidad deseada de las microesferas de perlita de sustrato como se refleja en la Tabla 3 a continuación. Después de secar durante la noche en el aire, las  
15 muestras recubiertas de vidrio/cerámica de aluminosilicato se analizaron para determinar la resistencia a la compactación y la densidad usando las técnicas del Ejemplo 1.

Las mediciones de la densidad de compactación y la resistencia a la compactación de 1 pulgada (2.54 cm) de los materiales de perlita no recubiertos se midieron y compararon con la densidad de compactación y la resistencia a la compactación de 1 pulgada (2.54 cm) del mismo material después del recubrimiento con un recubrimiento de silicato de zirconio de acuerdo con la presente invención. Además, se varió la relación de compuesto de zirconio a compuesto de silicato y recubrimiento de silicato de zirconio a material de perlita para evaluar el impacto de esas concentraciones en los mismos parámetros. Los resultados de esas pruebas se muestran en la Tabla 3 a continuación.

20

**Tabla 3**  
**Densidad y resistencia de compactación de perilita recubierta con silicato de zirconio**

Perilita (g)	H <sub>2</sub> O (g)	Zr (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (g)	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (g)	Relación de Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> /Zr (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Solución de Zr-Si/ Perilita	Densidad de peso (lb/cf)(g/cm <sup>3</sup> )	Densidad de compactación (lb/cf)(g/cm <sup>3</sup> )	Resistencia de compactación 1-pulg. (psi)(kPa)
Control (PA116)								
50	0	23	17	0.7	1	8.9(0.14)	10.2(0.16)	10(68.9)
50	0	25	25	1	1	10.8(0.17)	12.6(0.20)	18(124.1)
50	0	17	33	1.9	1	12.6(0.20)	14.7(0.24)	71(489.53)
50	10	7	33	4.7	0.8	12.8(0.21)	15.5(0.25)	100(689.48)
50	10	10	30	3.0	0.8	9.8(0.16)	11.6(0.19)	29(199.95)
50	10	15	25	1.7	0.8	11.6(0.19)	13.6(0.22)	85(586.05)
						11.7(0.19)	13.8(0.22)	78(537.79)

Como se puede ver en la Tabla 3, las muestras de perlita recubiertas con silicato de zirconio exhibieron un aumento dramático en la resistencia a la compresión en comparación con la muestra de perlita no recubierta, mientras que solo un ligero aumento en la densidad de compactación. Además, a medida que aumentaba la proporción de recubrimiento de silicato de zirconio con respecto al material de perlita, también aumentaba la resistencia a la compactación. Se descubrió que las muestras analizadas exhibían la mayor resistencia en una relación  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{Zr}(\text{SO}_4)_2$  entre 1 y 3.

### Ejemplo 6

En el Ejemplo 6, las muestras de diatomita se recubrieron con diversos recubrimientos de silicato metálico para evaluar su aumento en la resistencia al fregado. Las muestras de diatomita CelTix, disponibles en World Minerals Inc., se trataron con los diversos recubrimientos. Las muestras de diatomita se recubrieron con recubrimientos de silicato de zirconio y silicato de boro de acuerdo con la presente invención y se compararon con una muestra de diatomita no recubierta y muestras de diatomita recubiertas con un recubrimiento de carbonato de zirconio y amonio ( $\text{Zr}(\text{AZC})$ ) no de acuerdo con la presente invención.

Para recubrir el CelTix, primero, la cantidad deseada de solución de carbonato de amonio y zirconio (Aldrich,  $(\text{NH}_4)\text{ZrO}(\text{CO}_3)_2$ , 14-16% de Zr como se refleja en la Tabla 4 a continuación) se mezcló con 20 g de agua durante 10 minutos. A continuación, la solución se roció sobre 200 g de CelTix. Después de secar a  $120^\circ\text{C}$  durante la noche en el aire, las muestras recubiertas con carbonato de amonio y zirconio se ensayaron para determinar la resistencia al fregado.

CelTix también se recubrió con silicato de zirconio usando cloruro de circonilo y carbonato de zirconio y amonio como materiales de partida. Para el recubrimiento de cloruro de circonilo, primero se mezclaron 3 gramos de solución de silicato de sodio (PQ Corporation N° 38,  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}=3.22$ ) con 15 gramos de agua durante 10 minutos. En segundo lugar, se mezclaron 6 gramos de solución de cloruro de circonilo (Aldrich,  $\text{ZrOCl}_2$ , 30%) con 15 g de agua durante 10 minutos y luego se añadieron a la solución de silicato de sodio. A continuación, la solución de recubrimiento de Zr-Si se roció sobre 200 g de CelTix. Después de secar a  $120^\circ\text{C}$  durante la noche en el aire, las muestras recubiertas con silicato de zirconio se analizaron para determinar la resistencia al fregado. Para el recubrimiento de carbonato de amonio y zirconio, primero se mezclaron 5 gramos de solución de silicato de sodio (PQ Corporation N° 38,  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}=3.22$ ) con 30 gramos de agua durante 10 minutos. En segundo lugar, se mezclaron 40 gramos de solución de carbonato de amonio y zirconio (Aldrich) con 20 g de agua durante 10 minutos y luego se añadieron a la solución de silicato de sodio. A continuación, la solución de recubrimiento de Zr-Si se roció sobre 200 g de CelTix. Después de secar a  $120^\circ\text{C}$  durante la noche en el aire, la muestra recubierta con silicato de zirconio se probó para resistencia al fregado.

Para recubrir las muestras de CelTix con borosilicato, primero se mezcló la cantidad deseada (2-5 gramos) de solución de silicato de sodio (PQ Corporation N° 38,  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}=3.22$ ) con 10 gramos de agua durante 10 minutos. En segundo lugar, la cantidad deseada (5-10 gramos) de pentaborato de amonio octahidratado (Aldrich,  $(\text{NH}_4)_2\text{B}_{10}\text{O}_{16}\cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , >99%) se mezcló con la cantidad deseada (3-45 gramos) de agua durante 10 minutos y luego se agregó al sodio solución de silicato. La relación de pentaborato de amonio octahidrato a silicato de sodio se varió de 1 a 5. A continuación, la solución de recubrimiento de borosilicato se roció sobre 200 g de CelTix. Después de secar a  $120^\circ\text{C}$  durante la noche en el aire, las muestras recubiertas con borosilicato se analizaron para determinar la resistencia al fregado. La resistencia al fregado del material de diatomita no recubierto y los materiales de diatomita recubiertos con carbonato de amonio y zirconio se midieron y compararon con la resistencia al fregado del mismo material recubierto con recubrimientos de silicato de zirconio y silicato de boro de acuerdo con la presente invención. Los resultados de esas pruebas se muestran en la Tabla 4 a continuación.

Tabla 4

Resistencia al fregado de diatomita recubierta con silicato metálico	
ID de muestra	% de Incremento de la Resistencia al fregado
CelTix (control)	0
CelTix recubierto con 12% $(\text{NH}_4)\text{ZrO}(\text{CO}_3)_2$	-12
CelTix recubierto con 24% $(\text{NH}_4)\text{ZrO}(\text{CO}_3)_2$	14
CelTix recubierto con silicato de zirconio (relación de $\text{ZrOCl}_2$ a $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ de 2)	12
CelTix recubierto con silicato de zirconio (relación de $(\text{NH}_4)\text{ZrO}(\text{CO}_3)_2$ a $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ de 8)	17
CelTix recubierto con borosilicato (relación de $(\text{NH}_4)_2\text{B}_{10}\text{O}_{16}$ a $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ de 2)	14

CelTix recubierto con borosilicato (relación de $(\text{NH}_4)_2\text{B}_{10}\text{O}_{16}$ a $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ de 1)	7
CelTix recubierto con borosilicato (relación de $(\text{NH}_4)_2\text{B}_{10}\text{O}_{16}$ a $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ de 5)	2

Como se puede ver en la Tabla 4, cada una de las muestras tratadas con los recubrimientos de acuerdo con la presente invención exhibió una mayor resistencia al fregado en comparación con la muestra de control no recubierta, independientemente de la concentración del relleno. Por el contrario, solo se observó una mejora significativa en la resistencia al fregado dentro de los parámetros de prueba para el recubrimiento de carbonato de amonio y zirconio con un relleno del 24%. Además, se observó una mejora en la resistencia al fregado para los recubrimientos de silicato de zirconio independientemente del material de partida del compuesto de zirconio (17% de mejora para el material de partida de carbonato de zirconio y amonio y 12% para el cloruro de circonilo).

### 10 Ejemplo 7

En el Ejemplo 7, las muestras de diatomita se recubrieron con recubrimientos de óxido de zinc para evaluar su cambio de coloración. Siete muestras de diatomita CelTix, disponibles en World Minerals Inc., fueron tratadas con los recubrimientos de óxido de zinc en diversos porcentajes en peso, a diversas temperaturas y para diversos tamaños de partículas del material de diatomita base como se refleja en la Tabla 5 a continuación. Para recubrir el CelTix con óxido de zinc, la cantidad deseada (6-24 gramos como se refleja en la Tabla 5 a continuación) de sulfato de zinc (Mallinckrodt,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 99.3%) se mezcló con 20 g de agua durante 10 minutos, y luego la solución a aproximadamente temperatura ambiente se pulverizó sobre 200 g de CelTix. Las muestras recubiertas se secaron a 120°C durante la noche en el aire. Como se refleja en la Tabla 5, muchas de las muestras secas se trataron adicionalmente con calor a 300°C durante 15 minutos. La coloración de los materiales de diatomita recubiertos con óxido de zinc resultantes se evaluó para una mejor coloración usando las medidas de color Hunter L, a, b recogidas en un espectrofotómetro Spectro/plus (Color and Appearance Technology, Inc., Princeton, New Jersey). Las muestras recubiertas se compararon luego con la muestra de control no recubierta. Los resultados de esas pruebas se muestran en la Tabla 5 a continuación.

Tabla 5

Coloración mejorada de diatomita recubierta con óxido de zinc									
CelTix (g)	Zn ( $\text{SO}_4$ ) (g)	Temperatura de tratamiento de secado/calor (°C)	d10	d50	d90	L	a	b	Brillo de luz azul
Control			4.91	13.57	28.78	93.16	0.20	4.53	80.76
200	6	120	4.86	13.35	30.61	92.72	0.59	3.46	81.39
200	6	300	4.57	13.47	31.72	90.14	0.36	3.45	76.81
200	12	120	4.67	13.09	29.98	92.48	0.36	3.47	80.94
200	12	300	4.58	13.51	32.04	89.55	0.17	2.92	76.46
200	24	120	4.76	12.70	28.85	91.81	0.29	3.15	80.16
200	24	300	4.58	13.44	32.41	89.53	0.19	2.69	76.72

Como se puede ver en los resultados de la Tabla 5, las muestras de diatomita recubiertas con el recubrimiento de óxido de zinc exhibieron una reducción inesperada y deseable en el color amarillento (valor b). En general, no se considera que el amarillo sea deseable para muchas aplicaciones de relleno. También se encontró que el tratamiento térmico a 300°C reduce aún más la amarillez. Las disminuciones en el brillo (valor L) fueron aceptables dada la disminución en el color amarillento, al igual que las disminuciones en el brillo de la luz azul, ya que en general las muestras secas y tratadas con calor todavía exhibían una coloración mejorada.

Otras realizaciones de esta invención serán evidentes para los expertos en la materia a partir de la consideración de la especificación y la práctica de la invención divulgada en el presente documento. Se pretende que la especificación y los ejemplos se consideren solo a modo de ejemplo, con un verdadero alcance y espíritu de la invención que se indica mediante las siguientes reivindicaciones.

Las siguientes declaraciones (párrafos numerados) definen la materia objeto considerada como de interés en relación con la presente divulgación:

1: Un material mineral en partículas recubierto con silicato metálico, que comprende perlita que comprende un recubrimiento que comprende al menos un silicato metálico.

## ES 2 741 674 T3

- 2: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 1, en el que el al menos un silicato metálico se elige entre al menos uno de un aluminosilicato, silicato de zirconio y silicato de zinc.
- 5 3: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 1, en el que el material de perlita no está expandido.
- 4: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 1, en el que la perlita se expande.
- 10 5: El material mineral en partículas revestido con silicato metálico del párrafo 4, en el que se mueve la perlita expandida.
- 6: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 1, en el que la perlita es porosa.
- 7: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 1, en el que la perlita es sólida.
- 15 8: El material mineral en partículas recubierto con silicato de metal del párrafo 1, en el que la perlita tiene una escala de micras.
- 9: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 8, en el que la perlita está en forma de microesferas.
- 20 10: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 9, en el que las microesferas son porosas.
- 25 11: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 9, en el que las microesferas son sólidas.
- 12: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 1, en el que la perlita está en una forma elegida entre una de microburbujas huecas, perlas huecas y vacíos huecos.
- 30 13: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 1, en el que el al menos un silicato metálico comprende al menos un componente metálico y al menos un componente de silicato.
- 35 14: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 13, en el que el al menos un componente de silicato se elige del grupo que consiste en tetraetiloortosilicato, tetrametiloortosilicato, silicato de sodio, silicato alcalino, sílice coloidal, sílice sólida, silicatos de metales alcalinos y metasilicato de sodio.
- 40 15: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 13, en el que el al menos un componente metálico se elige del grupo que consiste en nitratos metálicos, sulfatos metálicos, aluminatos metálicos, metales sódicos, cloruros metálicos, alcóxidos metálicos, acetatos metálicos, formiatos metálicos, bayerita, pseudobohmita, gibbsita, metales coloidales, geles metálicos, soles metálicos, tricloruros metálicos, carbonatos metálicos de amonio, hidratos metálicos y clorhidratos metálicos.
- 45 16: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 15, en el que el al menos un componente metálico comprende al menos uno de aluminio, zirconio, boro y zinc.
- 50 17: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 16, en el que el al menos un componente metálico se elige entre nitrato de aluminio, sulfato de aluminio, aluminato de sodio y haluros de aluminio.
- 18: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 16, en el que el al menos un componente metálico se elige entre sulfato de zirconio, cloruro de zirconio, pentaborato de amonio octahidratado y carbonato de zirconio y amonio.
- 55 19: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 16, en el que el al menos un componente metálico se elige entre sulfato de zinc y nitrato de zinc.
- 20: Un material mineral en partículas recubierto con silicato metálico, que comprende diatomita que comprende un recubrimiento que comprende al menos un silicato metálico seleccionado de al menos uno de silicatos de zirconio y silicatos de zinc.
- 60 21: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 20, en el que la diatomita es una diatomita de agua dulce.
- 22: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 20, en el que la diatomita es una diatomita de agua salada.
- 65

## ES 2 741 674 T3

- 23: El material mineral en partículas revestido con silicato metálico del párrafo 20, en el que el al menos un silicato metálico comprende al menos un componente metálico y al menos un componente de silicato.
- 5 24: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 23, en el que el al menos un componente de silicato se elige del grupo que consiste en tetraetiloortosilicato, tetrametiloortosilicato, silicato de sodio, silicato alcalino, sílice coloidal, sílice sólida, silicatos de metales alcalinos y metasilicato de sodio.
- 10 25: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 23, en el que el al menos un componente metálico se elige del grupo que consiste en nitratos metálicos, sulfatos metálicos, aluminatos metálicos, metales sódicos, cloruros metálicos, alcóxidos metálicos, acetatos metálicos, formiatos metálicos, bayerita, pseudoboehmita, gibbsita, metales coloidales, geles metálicos, soles metálicos, tricloruros metálicos, carbonatos metálicos de amonio, hidratos metálicos y clorhidratos metálicos.
- 15 26: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 25, en el que el al menos un componente metálico se elige entre sulfato de zirconio, cloruro de zirconio y carbonato de zirconio y amonio.
- 20 27: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 25, en el que el al menos un componente metálico se elige entre sulfato de zinc y nitrato de zinc.
- 25 28: Un material mineral en partículas recubierto con silicato metálico, que comprende una microesfera de perlita en partículas que comprende un recubrimiento que comprende al menos un silicato metálico.
- 30 29: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 28, en el que el al menos un silicato metálico se elige entre al menos uno de un aluminosilicato, silicato de zirconio y silicato de zinc.
- 35 30: El material mineral en partículas revestido con silicato metálico del párrafo 28, en el que la microesfera de perlita no está expandida.
- 40 31: El material mineral en partículas revestido con silicato metálico del párrafo 28, en el que la microesfera de perlita se expande.
- 45 32: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 31, en el que se molió la microesfera de perlita.
- 50 33: El material mineral en partículas revestido con silicato metálico del párrafo 28, en el que la al menos una microesfera de perlita en partículas es porosa.
- 55 34: El material mineral en partículas revestido con silicato metálico del párrafo 28, en el que la al menos una microesfera de perlita en partículas es sólida.
- 60 35: El material mineral en partículas revestido con silicato metálico del párrafo 28, en el que el al menos un silicato metálico comprende al menos un componente metálico y al menos un componente de silicato.
- 65 36: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 35, en el que el al menos un componente de silicato se elige del grupo que consiste en tetraetiloortosilicato, tetrametiloortosilicato, silicato de sodio, silicato alcalino, sílice coloidal, sílice sólida, silicatos de metales alcalinos y metasilicato de sodio.
- 37: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 35, en el que el al menos un componente metálico se elige del grupo que consiste en nitratos metálicos, sulfatos metálicos, aluminatos metálicos, metales de sodio, cloruros metálicos, alcóxidos metálicos, acetatos metálicos, formiatos metálicos, bayerita, pseudoboehmita, gibbsita, metales coloidales, geles metálicos, soles metálicos, tricloruros metálicos, carbonatos metálicos de amonio, hidratos metálicos y clorhidratos metálicos.
- 38: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 37, en el que el al menos un componente metálico comprende al menos uno de aluminio, zirconio, boro y zinc.
- 39: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 38, en el que el al menos un componente metálico se elige entre nitrato de aluminio, sulfato de aluminio, aluminato de sodio y haluros de aluminio.
- 40: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 38, en el que el al menos un componente metálico se elige entre sulfato de zirconio, cloruro de zirconio, pentaborato de amonio octahidratado y carbonato de zirconio y amonio.
- 41: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 38, en el que el al menos un componente metálico se elige entre sulfato de zinc y nitrato de zinc.

42: Un método para formar microesferas de perlita expandida recubiertas, que comprende:

introducir microesferas de perlita en un expansor calentado a una temperatura de aproximadamente 900°F (482°C) a aproximadamente 1100°F (593°C);

5 inyectar en el expansor al menos un silicato metálico; y,

permitir que las microesferas de perlita y el al menos un silicato metálico residan en el expansor durante un tiempo suficiente para recubrir las microesferas de perlita con el al menos un silicato metálico.

10 43: El método del párrafo 42, en el que el al menos un silicato metálico se inyecta en el expansor durante la expansión de las microesferas de perlita.

15 44: El método del párrafo 42, en el que el al menos un silicato metálico se inyecta en el expansor después de la expansión de las microesferas de perlita.

45: El método del párrafo 42, que comprende además moler la perlita expandida.

20 46: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 42, en el que el al menos un silicato metálico comprende al menos un componente metálico y al menos un componente de silicato.

47: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 46, en el que el al menos un componente de silicato se elige del grupo que consiste en tetraetiloortosilicato, tetrametiloortosilicato, silicato de sodio, silicato alcalino, sílice coloidal, sílice sólida, silicatos de metales alcalinos y metasilicato de sodio.

25 48: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 46, en el que el al menos un componente metálico se elige del grupo que consiste en nitratos metálicos, sulfatos metálicos, aluminatos metálicos, metales sódicos, cloruros metálicos, alcóxidos metálicos, acetatos metálicos, formiatos metálicos, bayerita, pseudoboehmita, gibbsita, metales coloidales, geles metálicos, soles metálicos, tricloruros metálicos, carbonatos metálicos de amonio, hidratos metálicos y clorhidratos metálicos.

30 49: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 48, en el que el al menos un componente metálico comprende al menos uno de aluminio, zirconio, boro y zinc.

35 50: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 49, en el que el al menos un componente metálico se elige entre nitrato de aluminio, sulfato de aluminio, aluminato de sodio y haluros de aluminio.

40 51: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 49, en el que el al menos un componente metálico se elige entre sulfato de zirconio, cloruro de zirconio, pentaborato de amonio octahidratado y carbonato de zirconio y amonio.

52: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 49, en el que el al menos un componente metálico se elige entre sulfato de zinc y nitrato de zinc.

45 53: Un método para formar microesferas de perlita expandida recubiertas, que comprende:

introducir microesferas de perlita en un expansor calentado a una temperatura de aproximadamente 900°F (482°C) a aproximadamente 1100°F (593°C);

50 inyectar en el expansor al menos un componente metálico y al menos un componente de silicato; y,

permitir que las microesferas de perlita, el al menos un componente metálico y el al menos un componente de silicato residan en el expansor durante un tiempo suficiente para recubrir las microesferas de perlita con el al menos un componente metálico y el al menos un componente de silicato, en donde el al menos un componente metálico y el al menos un componente de silicato forman al menos un silicato metálico.

55 54: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 53, en el que el al menos un componente de silicato se elige del grupo que consiste en tetraetiloortosilicato, tetrametiloortosilicato, silicato de sodio, silicato alcalino, sílice coloidal, sílice sólida, silicatos de metales alcalinos y metasilicato de sodio.

60 55: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 53, en el que el al menos un componente metálico se elige del grupo que consiste en nitratos metálicos, sulfatos metálicos, aluminatos metálicos, metales sódicos, cloruros metálicos, alcóxidos metálicos, acetatos metálicos, formiatos metálicos, bayerita, pseudoboehmita, gibbsita, metales coloidales, geles metálicos, soles metálicos, tricloruros metálicos, carbonatos metálicos de amonio, hidratos metálicos y clorhidratos metálicos.

65

## ES 2 741 674 T3

- 56: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 55, en el que el al menos un componente metálico comprende al menos uno de aluminio, zirconio, boro y zinc.
- 5 57: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 56, en el que el al menos un componente metálico se elige entre nitrato de aluminio, sulfato de aluminio, aluminato de sodio y haluros de aluminio.
- 58: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 56, en el que el al menos un componente metálico se elige entre sulfato de zirconio, cloruro de zirconio, pentaborato de amonio octahidratado y carbonato de zirconio y amonio.
- 10 59: El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico del párrafo 56, en el que el al menos un componente metálico se elige entre sulfato de zinc y nitrato de zinc.
- 15 60: Un producto de recubrimiento, catalizador, pigmento, relleno, apuntalante o extensor que comprende perlita que comprende un recubrimiento que comprende al menos un silicato metálico.
- 61: El producto del párrafo 60, en el que la perlita en forma de microesferas elegidas del grupo que consiste en microesferas sólidas y microesferas porosas.
- 20 62: Un producto de recubrimiento, catalizador, pigmento, relleno, apuntalante o extensor que comprende diatomita que comprende un recubrimiento que comprende al menos un silicato metálico seleccionado de al menos uno de silicatos de zirconio y silicatos de zinc.
- 25 63: Un producto de recubrimiento, catalizador, pigmento, relleno, apuntalante o extensor que comprende al menos un material mineral de microesferas en partículas que comprende un recubrimiento que comprende al menos un silicato metálico.
- 64: El producto del párrafo 63, en el que el al menos un material mineral de microesferas en partículas es perlita.
- 30 65: Un método para aplicar al menos un recubrimiento de óxido de metal a al menos un material mineral en partículas, que comprende el uso de recubrimiento de solución a temperatura aproximadamente a temperatura ambiente.
- 66: El método del párrafo 65, en el que el óxido metálico comprende al menos un metal elegido de aluminio, zinc y zirconio.
- 35 67: Un método para aumentar el brillo de al menos un material mineral en partículas, que comprende aplicar mediante recubrimiento de solución a baja temperatura al menos un recubrimiento de al menos un óxido metálico compuesto para al menos un material mineral en partículas, en el que el valor b del al menos un material mineral en partículas disminuye en aproximadamente 1 unidad.
- 40 68: El método del párrafo 67, en el que después de recubrir con solución el al menos un material mineral en partículas recubierto se trata con calor a aproximadamente 300°F (149°C).
- 45 69: Un método para aumentar la resistencia a la compresión de al menos un material mineral en partículas, que comprende aplicar al menos un recubrimiento de al menos un silicato metálico al al menos un material mineral en partículas, en el que la resistencia a la compresión medida por la resistencia a la compactación aumenta al menos alrededor de dos veces.
- 50 70: Un método para aumentar la dureza de al menos un material mineral en partículas, que comprende aplicar al menos un recubrimiento de al menos un silicato metálico al al menos un material mineral en partículas, en el que la dureza medida por la resistencia al fregado aumenta al menos aproximadamente dos por ciento.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un material mineral en partículas recubierto con silicato metálico, que comprende perlita que comprende un recubrimiento que comprende al menos un silicato metálico, en el que el al menos un silicato metálico es un aluminosilicato y en donde la perlita está en forma de microesferas.
2. El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la perlita no está expandida.
- 10 3. El material mineral en partículas recubierto con silicato metálico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la perlita se expande.
- 15 4. Un método para formar un mineral en partículas recubierto con silicato metálico de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende:  
introducir microesferas de perlita en un expansor calentado a una temperatura de 482°C (900°F) a 593°C (1100°F);  
inyectar en el expansor al menos un silicato metálico; y,
- 20 permitir que las microesferas de perlita y el al menos un silicato metálico residan en el expansor durante un tiempo suficiente para recubrir las microesferas de perlita con al menos un silicato metálico,  
en donde el al menos un silicato metálico es un aluminosilicato.
- 25 5. Un método para formar microesferas de perlita expandida recubiertas, que comprende:  
introducir microesferas de perlita en un expansor calentado a una temperatura de 482°C (900°F) a 593°C (1100°F);  
inyectar en el expansor al menos un componente metálico y al menos un componente de silicato; y,
- 30 permitir que las microesferas de perlita, el al menos un componente metálico y el al menos un componente de silicato residan en el expansor durante un tiempo suficiente para recubrir las microesferas de perlita con el al menos un componente metálico y el al menos un componente de silicato, en donde el al menos un componente metálico y el al menos un componente de silicato forman al menos un silicato metálico y el al menos un silicato metálico es un aluminosilicato.
- 35 6. Un producto de recubrimiento, catalizador, pigmento, relleno, apuntalante o extensor que comprende un mineral en partículas recubierto con silicato metálico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3.

Figura 1

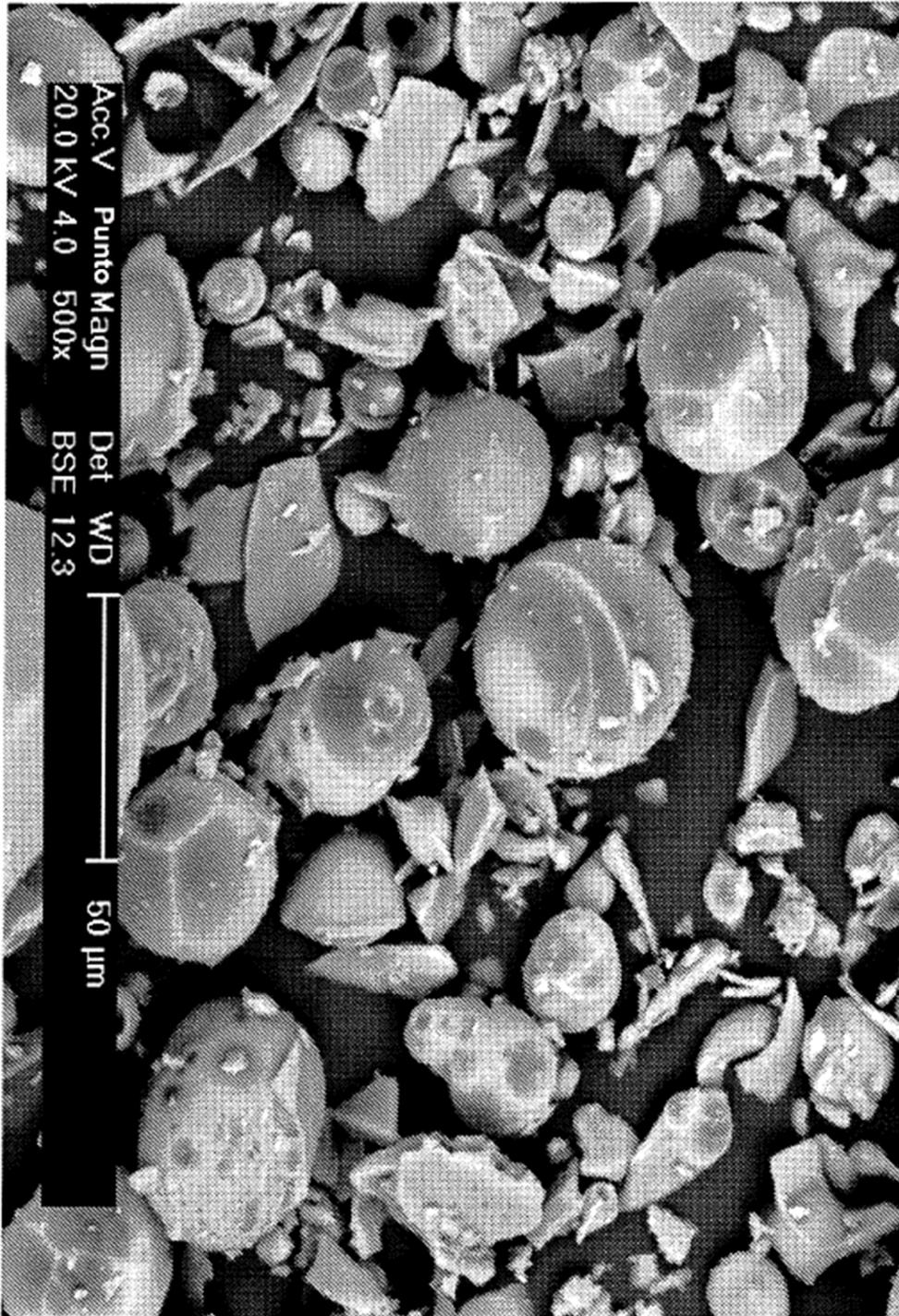


Figura 2

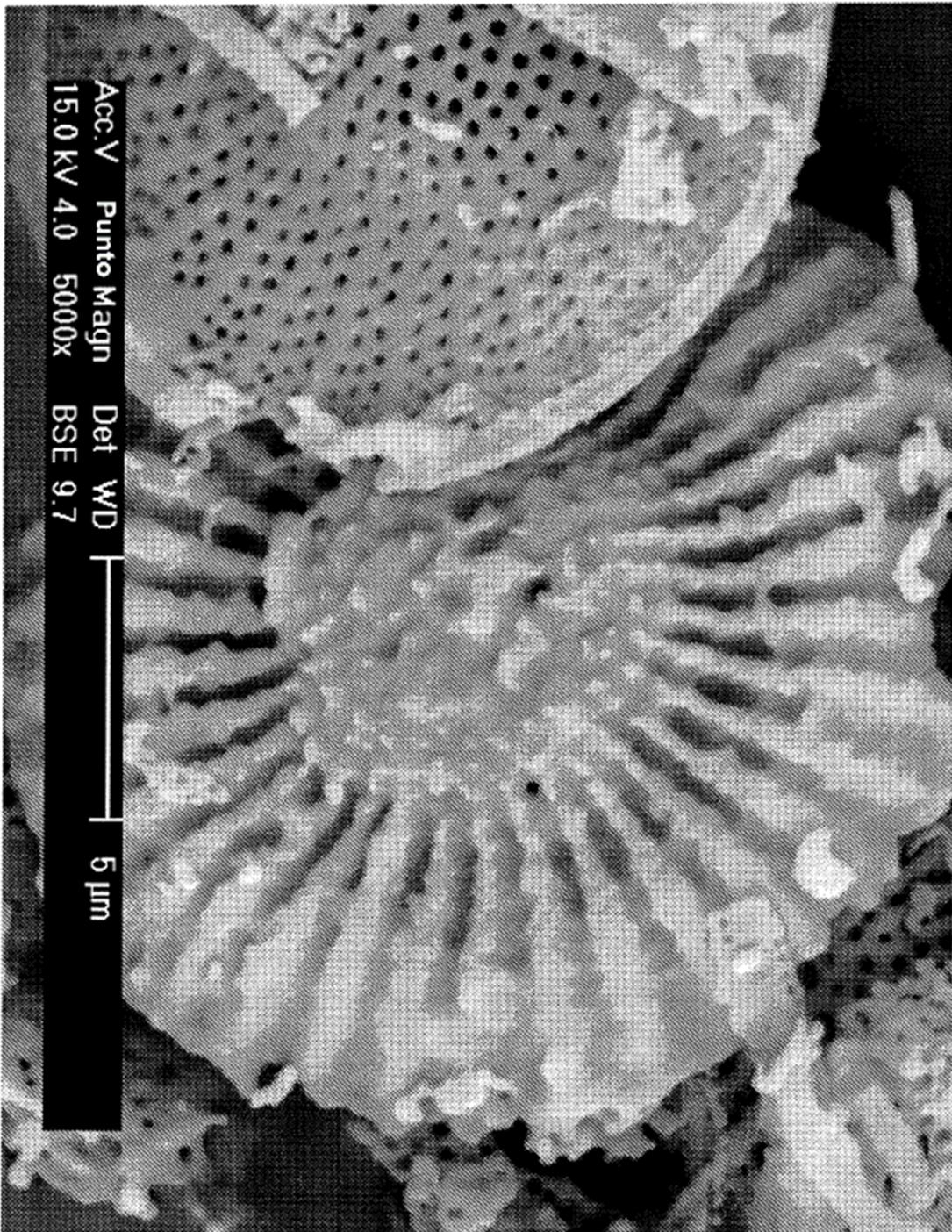


Figura 3

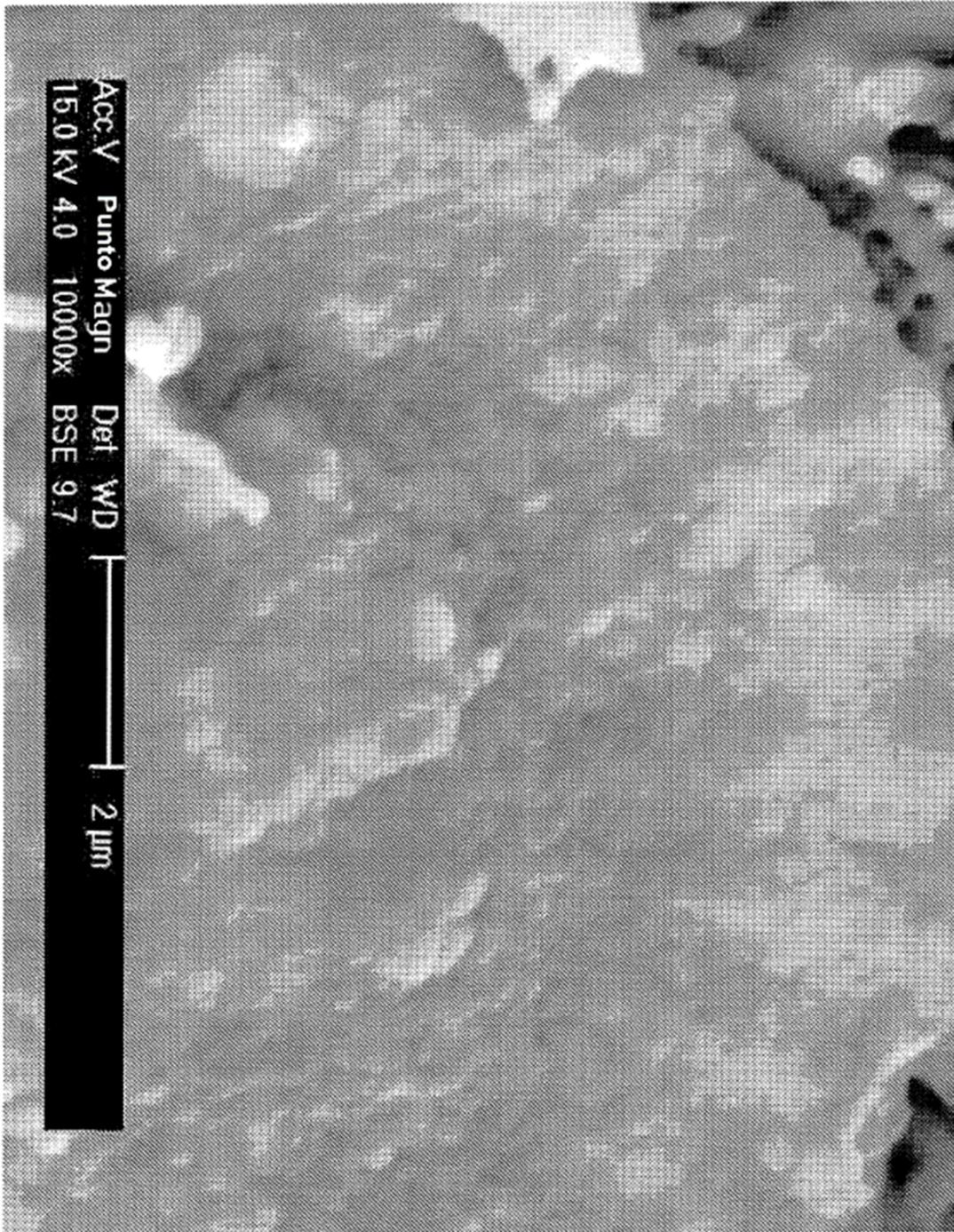


Figura 4

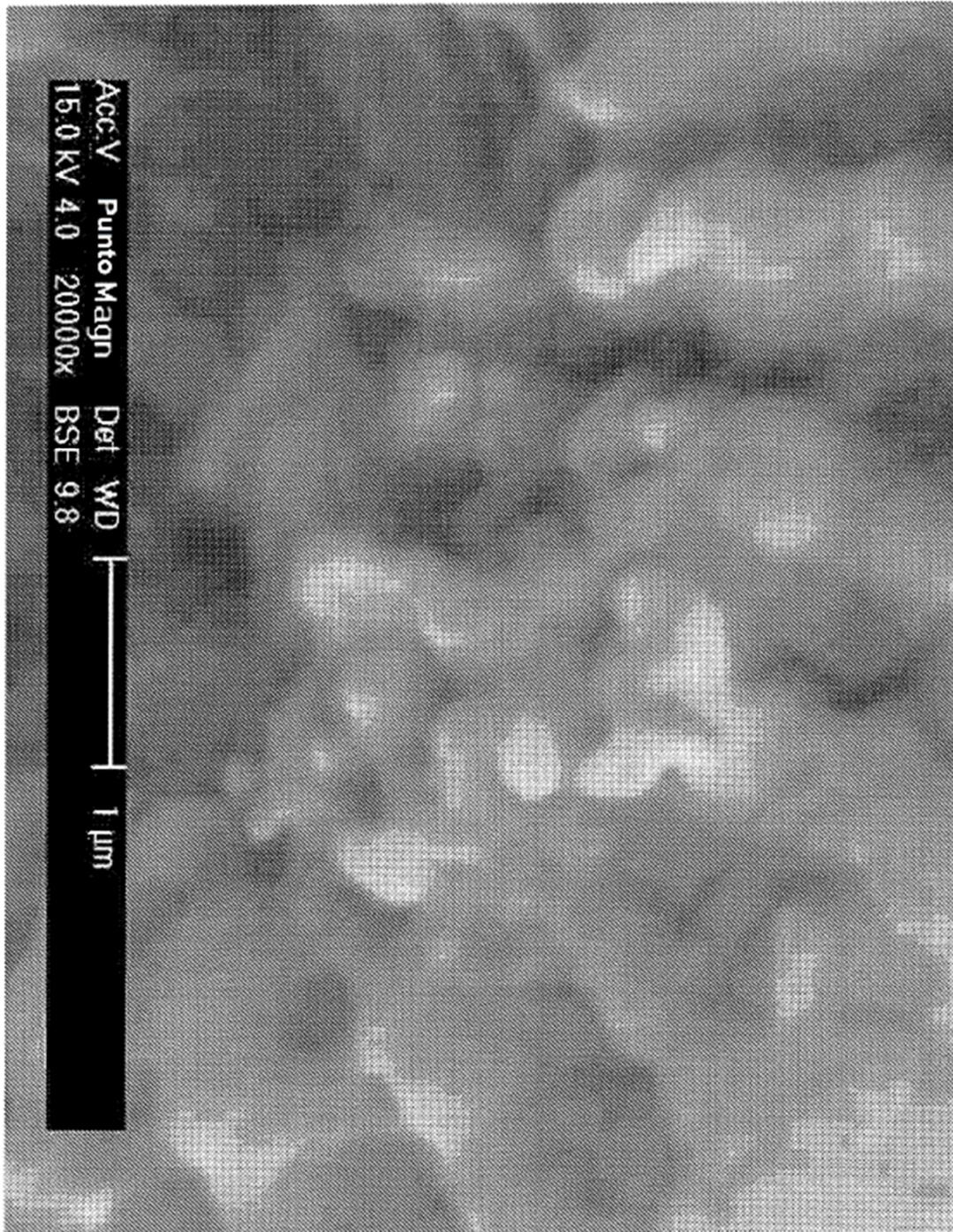


Figura 5

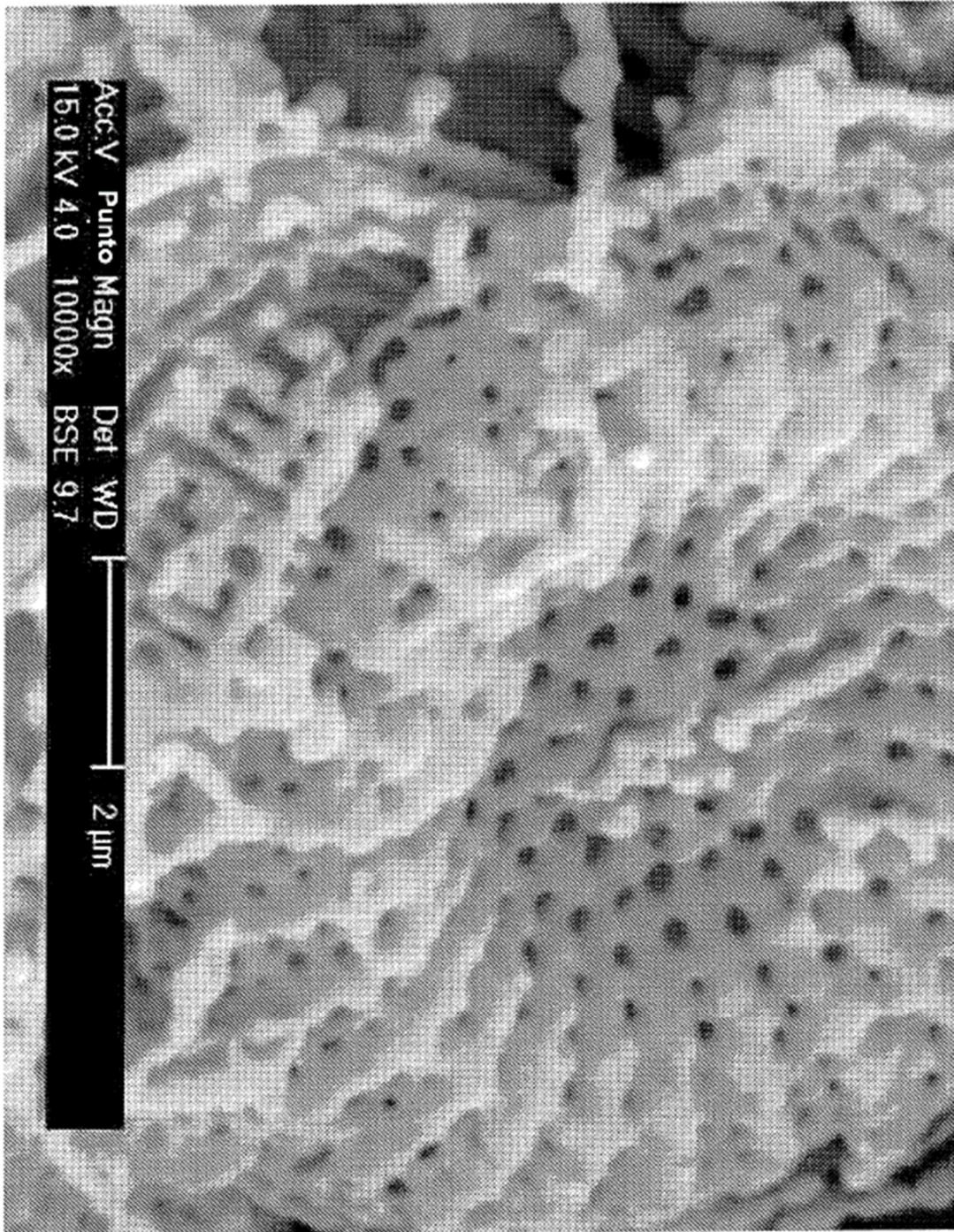


Figura 6

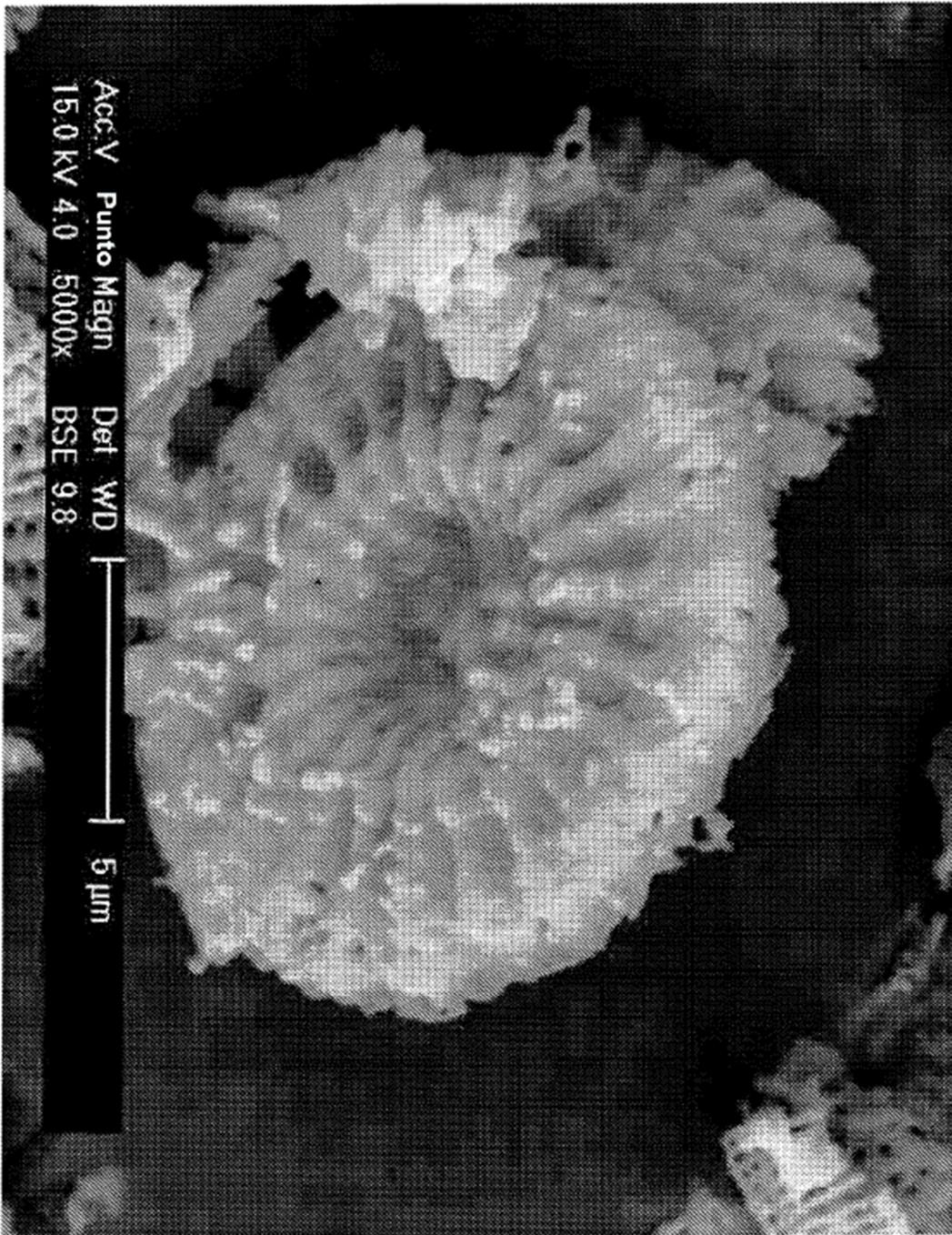


Figura 7

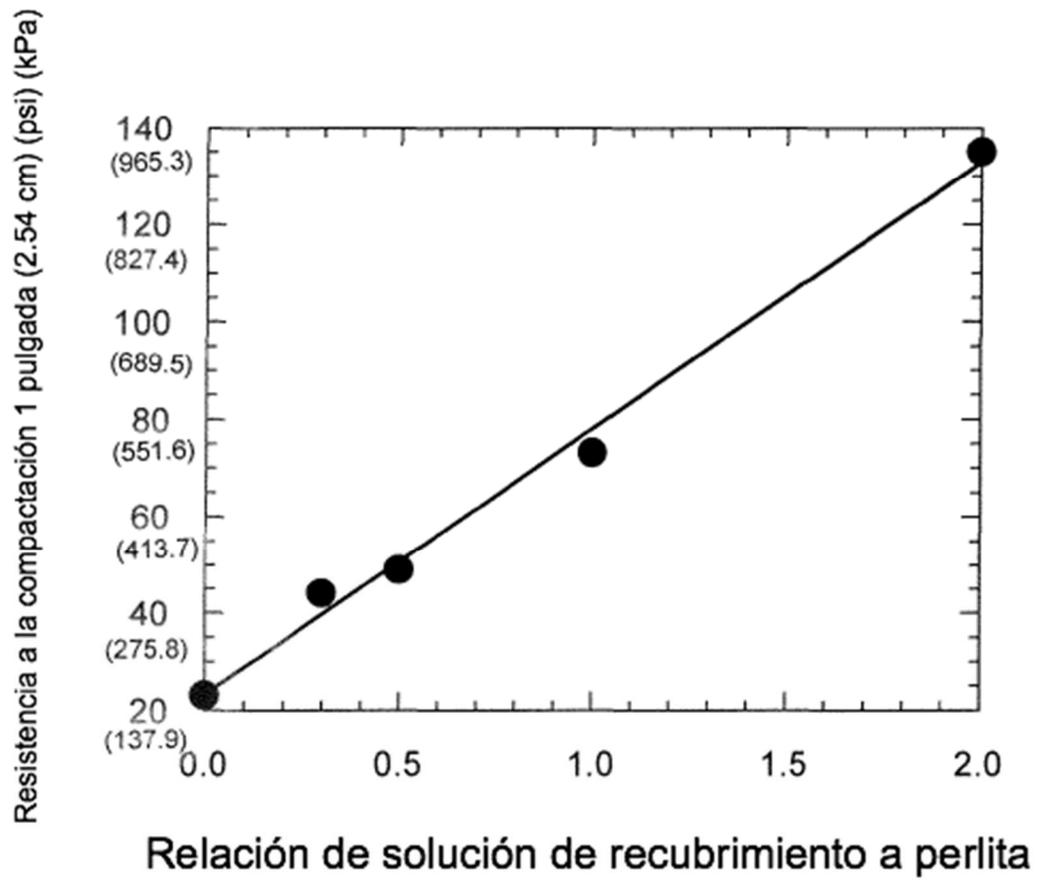


Figura 8

