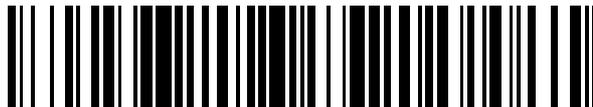


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 690 362**

51 Int. Cl.:

**B05D 3/12** (2006.01)

**B05D 1/40** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.04.2014 PCT/US2014/035698**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.11.2014 WO14186113**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2014 E 14729523 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.07.2018 EP 2996818**

54 Título: **Método para elaborar una superficie fácil de limpiar**

30 Prioridad:

**17.05.2013 US 201361824608 P**

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

**20.11.2018**

73 Titular/es:

**3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY  
(100.0%)  
3M Center, P.O.Box 33427  
St. Paul, MN 55133-3427, US**

72 Inventor/es:

**SCHLECHTE, JAY S.;  
HAGER, PATRICK J.;  
JANSSEN, JEFFREY R. y  
GRAHAM, PAUL D.**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

ES 2 690 362 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

Método para elaborar una superficie fácil de limpiar

5 **Campo técnico**

La presente descripción se refiere ampliamente a superficies fáciles de limpiar y a métodos para su fabricación.

10 **Antecedentes**

Existen varios productos comerciales para ayudar a los propietarios de vehículos a mantener el aspecto y limpieza de las superficies de los vehículos. Son productos típicos ceras, pastas, y selladores que reivindican ayudar a proteger la superficie del daño ambiental, proporcionando un aspecto aceitoso muy brillante. De forma típica, dichos productos proporcionan superficies hidrófobas (p. ej., como en el caso de cera de carnaúba, ceras de silicona y sellantes) que frecuentemente producen un ángulo de contacto con el agua de aproximadamente 90°. Este efecto se conoce como 'perlas de agua'.

Al secarse, las perlas de agua dejan residuos de suciedad en forma de manchas causadas por la concentración de suciedad u otros contaminantes presentes en el agua. Este problema se agrava cuando el agua está especialmente sucia, por ejemplo, como aparece en el lodo, fango, o las salpicaduras de la carretera.

Se ha estudiado el efecto de la rugosidad y la porosidad de la superficie sobre el humedecimiento (véase, por ejemplo, A. B. D. Cassie y S. Baxter, "Wettability of Porous Surfaces", *trans. Faraday Soc.*, 1944, Vol. 40, páginas 546-551). Más recientemente, se ha estudiado la estructuración precisa de superficies en un intento de desarrollar superficies de tipo "efecto loto" autolimpiante; véase, por ejemplo, K. J. Kubiak y al., "Wettability versus roughness of engineering surfaces", *Wear*, 2011, Vol. 271, págs. 523-528. Sin embargo, la producción a gran escala de dichas superficies no es necesariamente sencillo dado que muchas de ellas se fabrican mediante un proceso tal como litografía, mordedura, o deposición de película fina que no puede transferirse fácilmente a las curvas complejas que aparecen en los vehículos.

En los últimos años se ha observado la introducción de varios productos comerciales que reivindican proporcionar un comportamiento de 'laminado de agua' en lugar de una 'formación de perlas de agua', lo que puede reducir o eliminar manchas de agua en el secado. El laminado de agua se produce cuando una superficie hidrófila puede humedecerse efectivamente con agua, permitiendo así que el agua se escurra de la superficie. Sin embargo, los productos actuales que proporcionan superficies duraderas de laminado de agua de duración prolongada tienen por lo general desventajas tales como los niveles inaceptablemente altos de disolvente necesarios para depositarlas o requerir un curado térmico engorroso o un curado por radiación.

En consecuencia, existe la necesidad de revestimientos de superficie hidrófilos y de métodos no complicados para elaborarlos que proporcionen un efecto de laminado de agua duradero sin requerir el uso de altos niveles de disolvente o condiciones de curado engorrosas para su preparación. Además, es deseable que dichas superficies tengan un aspecto estéticamente aceptable.

45 **Sumario**

La presente descripción proporciona un método para fabricar superficies fáciles de limpiar y/o de mantener limpias, especialmente en superficies con formación de perlas de agua. El método implica desgastar de la superficie del sustrato hasta que alcanza una rugosidad especificada (p. ej.,  $R_a$  en un intervalo de 10 nanómetros (nm) a 3500 nm correspondiente a una reducción en brillo y/o un aspecto mate, y posteriormente aplicar un tratamiento con una composición de revestimiento de tipo nanosílice a la superficie desgastada.

Inesperadamente, los revestimientos de tipo nanosílice dispuestos sobre superficies desgastadas según la presente descripción producen superficies duraderas con laminado de agua, fáciles de limpiar y/o de mantener limpias (p. ej., reducción en la acumulación de polvo, acumulación de suciedad y/o retención de brillo). Además, los métodos según la presente descripción pueden usarse fácilmente con sustratos tridimensionales y/o en localizaciones de campo donde el acceso a equipos especializados es limitado, y puede ponerse en práctica con poco o nada de disolvente orgánico. De forma ventajosa, mediante el uso de productos abrasivos estructurados, el método puede llevarse a cabo de manera que pueden evitarse las picaduras y los arañazos naturales, dando como resultado un aspecto uniforme estéticamente deseable.

En un aspecto, la presente descripción proporciona un método para proporcionar un revestimiento de laminado de agua fácil de limpiar sobre un sustrato; comprendiendo el método las etapas de:

- a) desgastar al menos una parte de una superficie de un sustrato usando un artículo abrasivo para proporcionar una superficie desgastada que tenga una rugosidad superficial  $R_a$  en un intervalo de 10 nanómetros (nm) a 3500 nm;
- b) poner en contacto una composición que forma un revestimiento con al menos una parte de la superficie desgastada, en donde la composición que forma un revestimiento comprende partículas de sílice, y en donde las partículas de sílice tienen un tamaño de partículas promedio de 100 nm o menos; y

c) eliminar al menos parcialmente agua de la composición que forma un revestimiento para proporcionar el revestimiento de laminado de agua fácil de limpiar sobre el sustrato.

En otro aspecto, la presente descripción proporciona un kit que comprende:

- 5 un artículo abrasivo que comprende partículas abrasivas fijadas a un soporte mediante un aglutinante; y
- una composición que forma un revestimiento que comprende partículas de sílice, y en donde las partículas de sílice tienen un tamaño de partículas promedio de 100 nm o menos.

10 Como se utiliza en la presente memoria, el término “fácil de limpiar” significa, prácticamente, limpiar por enjuague con jabón y agua solamente, sin necesidad de utensilios de limpieza tales como esponjas, paños, trapos y cepillos.

15 Como se utiliza en la presente memoria, el término “ $R_a$ ” se refiere a la rugosidad superficial promedio y se define como la integral del valor absoluto de la distancia desde la elevación media. La elevación media es la media aritmética del perfil de alturas. La función  $z(x)$  se refiere a la diferencia entre la altura y la elevación media en una posición  $x$  medida en la longitud de evaluación  $l$ :

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |z(x)| dx$$

20 Como se utiliza en la presente memoria, el término “ $R_q$ ” representa el valor promedio de la raíz cuadrada de los valores de la ordenada  $z(x)$  dentro de la longitud de muestreo  $l$

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l z^2(x) dx}$$

25 Como se utiliza en la presente memoria, el término “ $R_{sk}$ ” se refiere al cociente del valor promedio del cubo de los valores de la ordenada  $z(x)$  y el cubo de  $R_q$  dentro de la longitud de muestreo  $l$ .

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \left[ \frac{1}{l} \int_0^l z^3(x) dx \right]$$

30 Las características y ventajas de la presente descripción se entenderán mejor considerando la descripción detallada así como las reivindicaciones anexas.

### Breve descripción de los dibujos

35 La Fig. 1 es un dibujo esquemático de un sustrato ilustrativo que tiene un revestimiento para superficie de laminado de agua fácil de limpiar sobre la misma fabricada según la presente descripción.

La Fig. 2 es una vista lateral esquemática de un artículo abrasivo de utilidad para llevar a la práctica el método de la presente descripción.

40 Debe comprenderse que los expertos en la técnica pueden concebir muchas otras modificaciones y realizaciones que forman parte del alcance y espíritu de los principios de la descripción. Las figuras pueden no estar dibujadas a escala.

### Descripción detallada

45 Según la presente descripción, una superficie de un sustrato puede modificarse en una superficie con laminado de agua fácil de limpiar por un método que comprende las etapas de: desgastar al menos una parte de una superficie de un sustrato usando un artículo abrasivo para proporcionar una superficie que tenga una rugosidad superficial  $R_a$  en un intervalo de 10 nm a 3500 nm; y poner en contacto una composición que forma un revestimiento con al menos una parte de la superficie desgastada. La Fig. 1 muestra un sustrato 10 modificado ilustrativo. En la Fig. 1, se dispone de un revestimiento 15 para superficie con laminado de agua fácil de limpiar sobre la superficie desgastada 12 del sustrato 20.

55 Preferiblemente, la superficie del sustrato está limpia antes de comenzar la etapa de abrasión, pero esto no es un requisito. Por ejemplo, el propio proceso de abrasión puede eliminar la suciedad y manchas de la superficie durante la abrasión. Si se desea una etapa de limpieza por separado, esta se puede realizar, por ejemplo, lavando la superficie con un jabón o detergente y agua, aclarar completamente cualquier jabón residual de la superficie con agua y, opcionalmente, secar con un paño o dejar que la superficie se seque al aire.

La abrasión puede llevarse a cabo utilizando cualquier artículo abrasivo capaz de lograr la rugosidad superficial deseada (es decir, un promedio de rugosidad superficial  $R_a$  en un intervalo de 10 nm a 3500 nm, preferiblemente en un intervalo de 100 nm a 1000 nm, y más preferiblemente en un intervalo de 200 nm a 600 nm). Las superficies que tengan la rugosidad  $R_a$  deseada tendrán un bajo brillo (especialmente 20° brillo) y/o aspecto mate. La  $R_a$  puede medirse, por ejemplo, usando perfilómetros tales como, por ejemplo, un perfilómetro óptico WYKO NT3300 de Veeco Instruments Inc., Plainview, Nueva Jersey.

Preferiblemente, la rugosidad superficial y/o el aspecto de la superficie desgastada es sustancialmente uniforme (p. ej., exento de rasguños y picaduras naturales que sean visibles para el ojo humano no asistido) sobre al menos la parte de la superficie del sustrato que se a va revestir con la composición que forma un revestimiento.

Los sustratos adecuados para llevar a la práctica la presente descripción incluyen, por ejemplo, sustratos plásticos, sustratos metálicos, sustratos pintados, sustratos cerámicos y sustratos de fibra de vidrio. El sustrato puede comprender vidrio o plástico transparente, pero se reconocerá que cualquier sustrato transparente que se desgaste según la presente invención puede perder transparencia. Los ejemplos de sustratos adecuados incluyen vehículos (p. ej., autobuses, camiones, coches, vagones, locomotoras, furgonetas, remolques, autocaravanas, aviones, bicicletas, embarcaciones y gabarras), puentes, paneles arquitectónicos exteriores, duchas, bañeras, caravanas, señales (p. ej., señales de tráfico, paneles publicitarios, paneles de neón), sustratos con acabados poliméricos transparentes y mobiliario de exteriores (p. ej., sillas y mesas de plástico o metal). La presente descripción puede ponerse en práctica de forma eficaz sobre superficies que estén pintadas (p. ej., paredes interiores y/o exteriores) y/o tener una capa polimérica transparente sobre ellas, especialmente si la superficie ya tiene un aspecto mate antes del paso de abrasión.

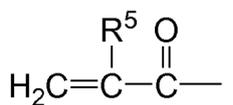
El artículo abrasivo puede ser cualquier artículo abrasivo capaz de desgastar la superficie del sustrato y alcanzar una rugosidad superficial  $R_a$  en el intervalo de 10 nm a 3500 nm.

Los ejemplos incluyen papel de lija, abrasivos no tejidos, artículos abrasivos estructurados y/o compuestos de frotación. Los artículos abrasivos estructurados generalmente comprenden compuestos abrasivos conformados fijados a un soporte. Los compuestos abrasivos conformados comprenden partículas abrasivas retenidas en un material aglutinante (normalmente conocido como aglutinante). Los compuestos abrasivos conformados pueden tener cualquier forma prevista y pueden formarse a partir de una suspensión curable de un precursor de aglutinante y las partículas abrasivas mediante un proceso tal como, por ejemplo, impresión por estarcido, estampado o revestimiento en cavidades de una herramienta de producción y curando posteriormente el precursor de aglutinante.

Durante la producción de un artículo abrasivo, el precursor de aglutinante se expone a las condiciones adecuadas (es decir, calor, radiación ultravioleta, radiación visible o haz de electrones) para convertir el precursor de aglutinante en un aglutinante sólido. Típicamente, la conversión de un precursor de aglutinante en un aglutinante sólido (p. ej., termoestable) es el resultado de un proceso de curado, tal como polimerización y/o reticulación.

El precursor de aglutinante se puede curar preferiblemente mediante energía de radiación o energía térmica. Las fuentes de energía de radiación incluyen energía de haz de electrones, luz ultravioleta, luz visible y luz láser. Si se utiliza luz ultravioleta o visible, preferiblemente se incluye un fotoiniciador en la mezcla. Cuando se expone a luz ultravioleta o visible, el fotoiniciador genera una fuente de radicales libres o una fuente catiónica. Esta fuente de radicales libres o la fuente catiónica inicia la polimerización del precursor de aglutinante. El fotoiniciador es opcional cuando se utiliza una fuente de energía de haz de electrones.

Los ejemplos de precursores de aglutinante que pueden curarse por energía de radiación incluyen uretanos (met)acrilados, epoxis (met)acrilados, compuestos etilénicamente insaturados, derivados de aminoplasto que tienen uno o más grupos (met)acrílico colgantes (es decir,



en donde  $\text{R}^5$  es hidrógeno o metilo), derivados de isocianurato que tienen al menos un grupo (met)acrilo colgante, derivados de isocianato que tienen al menos un grupo (met)acrilo colgante, éteres de vinilo, resinas epoxídicas y combinaciones de los mismos. El término (met)acrilato se refiere a acrilatos y/o metacrilatos. Típicamente, se utilizan uno o más fotoiniciadores de radicales libres y/o uno o más fotocatalizadores catiónicos adecuados junto con precursores de aglomerantes curables por radiación.

La selección de los compuestos adecuados dependerá del uno o más precursores de aglutinante seleccionado, y son bien conocidos en la técnica.

Los ejemplos de precursores de aglutinante adecuados incluyen poliisocianatos, uretanos en dos partes, resinas epoxídicas, resinas de cianato, compuestos etilénicamente insaturados (p. ej., acrilatos y metacrilatos polifuncionales), éteres de vinilo, resinas aminoplásticas, resinas fenólicas y combinaciones de los mismos.

5 Los ejemplos de partículas abrasivas adecuadas incluyen partículas que comprenden materiales tales como óxido de aluminio fundido, óxido de aluminio cerámico, óxido de aluminio fundido blanco, óxido de aluminio térmicamente tratado, sílice, carburo de silicio, carburo de silicio en verde, aluminocirconita, diamante, ceria, nitruro de boro cúbico, granate, tripoli, y combinaciones de los mismos. El óxido de aluminio cerámico se fabrica, preferiblemente, según un proceso de tipo sol-gel, tal como se notifica en las patentes US-4.314.827 (Leitheiser);  
 10 US-4.623.364 (Cottringer et al.); US-4.744.802 (Schwabel et al.); US-4.770.671 (Monroe et al.); US-4.881.951 (Monroe et al.); US-5.011.508 (Wald y col.); y US-5.213.591 (Celikkaya et al.).

15 Las partículas abrasivas de óxido de aluminio cerámico comprenden alfa alúmina y, opcionalmente, un modificador de óxido metálico, tal como magnesia, circonia, óxido de cinc, óxido de níquel, hafnia, itria, sílice, óxido de hierro, titania, óxido de lantano, ceria, óxido de neodimio y combinaciones de los mismos. El óxido de aluminio cerámico también puede comprender opcionalmente un agente de nucleación, tal como alfa alúmina, óxido de hierro, precursor de óxido de hierro, titania, cromia, o combinaciones de los mismos. Las partículas abrasivas cerámicas también pueden incluir un revestimiento superficial, por ejemplo, como es conocido en la técnica. Un revestimiento de superficie puede mejorar la adhesión entre las partículas abrasivas y el aglutinante y/o puede alterar las características de abrasión de las partículas abrasivas. Dichos revestimientos de superficie se notifican en las patentes US-1.910.444 (Nicholson); US-3.041.156 (Rowse y col.); US-4.997.461 (Markhoff y col.); US-5.009.675 (Kunz y col.); US-5.011.508 (Wald y col.); US-5.042.991 (Kunz); y US-5.213.591 (Celikkaya et al.). Las partículas abrasivas también pueden contener un agente de acoplamiento en su superficie, tal como un agente de acoplamiento de silano.

25 El aglutinante puede contener un solo tipo de partícula abrasiva, dos o más tipos de partículas abrasivas diferentes, o al menos un tipo de partícula abrasiva con al menos un tipo de material diluyente. Ejemplos de materiales para diluyentes incluyen carbonato de calcio, burbujas de vidrio, perlas de vidrio, piedra gris, mármol, yeso, arcilla, SiO<sub>2</sub>, KBF<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, criolita, burbujas orgánicas, y perlas orgánicas.

30 Para usar en la presente descripción, las partículas abrasivas, tomadas en su conjunto, tienen preferiblemente un diámetro medio de partícula (es decir, D<sub>50</sub>) en el intervalo de aproximadamente 1 micrómetro a 202 micrómetros, más preferiblemente de 3 micrómetros a 75 micrómetros y aún más preferiblemente de 6 micrómetros a 26 micrómetros, aunque también pueden utilizarse otros tamaños de partículas. Las partículas abrasivas ilustrativas incluyen las que tienen una dureza nominal especificada de la FEPA (Federation of European Producers of Abrasives) de P80 a P2500, ambos inclusive. Estas incluyen, por ejemplo, durezas FEPA P P80, P150, P180, P220, P240, P280, P320, P360,  
 35 P400, P500, P600, P800, P1000, P1200, P1500, P2000, y P2500; las designaciones de dureza JIS (Japanese Industrial Standard) JIS60, JIS80, JIS100, JIS150, JIS180, JIS220, JIS240, JIS280, JIS320, JIS360, JIS400, JIS600, JIS800, JIS1000, JIS1500, JIS2500, JIS4000, JIS6000, y JIS8000; y combinaciones de los mismos.

40 El soporte puede ser cualquier soporte convencional para abrasivo. Los ejemplos de soporte útiles incluyen los soportes de película polimérica, película polimérica cebada, tela, papel, materiales no tejidos (p. ej., unidas por hilado, hidroligadas, o unidas por fundido), y combinaciones de los mismos. Preferiblemente, el soporte es flexible.

45 El soporte también puede tener un medio de unión en su superficie posterior para permitir fijar el abrasivo revestido resultante a una almohadilla de soporte o almohadilla de respaldo. El medio de unión puede ser un adhesivo sensible a la presión, una superficie de un sistema de fijación de gancho y rizo, o proyecciones roscadas como se notifica en la patente US-5.316.812 (Stout et al). De forma alternativa, puede existir un sistema de fijación engranado como se indica en la patente US-5.201.101 (Rouser et al).

50 La Fig. 2 muestra un artículo abrasivo estructurado ilustrativo útil en la práctica de la presente descripción. Haciendo referencia ahora a la Fig. 2, el artículo 100 abrasivo estructurado ilustrativo útil en la práctica de la presente descripción tiene una capa abrasiva 120 que comprende compuestos 135 abrasivos conformados dispuestos sobre y fijados a una primera superficie principal 125 de soporte 110. Los compuestos 135 abrasivos conformados comprenden granos abrasivos 140 dispersos en el aglutinante 150. La capa de fijación opcional interfase 160 está  
 55 dispuesta sobre la segunda superficie principal 127 del soporte 110, e incluye una capa 170 de adhesivo sensible a la presión opcional y un tejido 175 con bucle opcional. El tejido 175 con bucle opcional puede estar unido a la segunda superficie principal 127 mediante la capa de adhesivo sensible a la presión opcional, si está presente, o mediante otros métodos de unión por contacto directo (p. ej., laminación en caliente, unión por cosido, soldadura ultrasónica).

60 Los artículos abrasivos estructurados útiles pueden tener la forma de una lámina, disco o banda, por ejemplo. Preferiblemente, el propio artículo abrasivo estructurado o una almohadilla de respaldo en el que está montado incluye un material adaptable resiliente tal como, por ejemplo, una espuma que permite que la superficie de abrasión siga los contornos de la superficie del sustrato, aunque esto no es un requisito. El artículo abrasivo estructurado se puede accionar a mano o a máquina (p. ej., una lijadora de disco rotatorio o una lijadora de cinta).  
 65

Opcionalmente, durante la abrasión se puede usar un líquido y/o lubricante para facilitar el proceso de abrasión. Los ejemplos incluyen aceites, agua y soluciones detergentes.

5 Los artículos abrasivos adecuados para llevar a la práctica la presente descripción están comercialmente disponibles; por ejemplo, de 3M Company, Saint Paul, Minnesota, con la designación comercial TRIZACT. Los ejemplos incluyen discos de soporte de espuma TRIZACT HOOKIT, disponibles en tamaños de grano abrasivo P5000, P3000, y P1000.

10 Pueden encontrarse más detalles sobre artículos abrasivos estructurados, compuestos abrasivos conformados con precisión, y sus métodos de fabricación, en las patentes US-5.152.917 (Pieper et al.); US-5.435.816 (Spurgeon y col.); US-5.672.097 (Hoopman); US-5.681.217 (Hoopman y col.); US-5.454.844 (Hibbard y col.); US-5.851.247 (Stoetzel y col.); y US-6.139.594 (Kincaid y col.); y US-8.348.723 (Woo y col.). Se pueden encontrar más detalles sobre los artículos abrasivos estructurados con malla, por ejemplo, en la publicación de solicitud de patente US-2001/0041511 (Lack y col.). Los procesos generales para preparar dichos artículos abrasivos estructurados estampados se describen en, por ejemplo, las patentes US-5.833.724 (Wei et al.); US-5.863.306 (Wei et al.); US-5.908.476 (Nishio et al.); US-6.048.375 (Yang et al.); 15 US-6.293.980 (Wei et al.); y la publicación de solicitud de patente US-2001/0041511 (Lack y col.).

20 El grado de abrasión se pueden determinar usando un analizador de rugosidad según métodos bien conocidos en la técnica; sin embargo, por lo general se puede conseguir la rugosidad superficial deseada mediante abrasión con los artículos abrasivos estructurados descritos en la presente memoria hasta obtener un acabado de bajo brillo, preferiblemente un acabado mate uniforme. Una vez que se ha desgastado la superficie del sustrato para proporcionar la rugosidad superficial correcta, la composición que forma un revestimiento se aplica sobre la superficie desgastada. Los métodos de revestimiento útiles incluyen, por ejemplo, pulverización, inmersión y frotado con un aplicador (p. ej., una esponja o paño).

25 En algunas realizaciones, la composición que forma un revestimiento puede estar presente en la superficie en abrasión, aunque de forma más típica, el revestimiento se producirá como una etapa separada.

30 Las superficies desgastadas con marcas de remolino aleatorias o pseudoaleatorias tienden a ser más estéticamente agradables al ojo humano que los patrones no aleatorios. Por consiguiente, el método de abrasión se selecciona preferiblemente de modo que se obtenga un patrón aleatorio o pseudoaleatorio de abrasiones. Ejemplos de dispositivos útiles para generar patrones de remolino aleatorios o pseudoaleatorios incluyen las lijadoras orbitales.

35 En algunas realizaciones, la composición que forma un revestimiento puede prepararse combinando componentes que comprenden una dispersión acuosa que comprende nanopartículas de sílice, un oligómero de alcoxilano y un agente de acoplamiento de silano. En algunas realizaciones, la composición de revestimiento puede prepararse a partir de componentes que comprenden una dispersión acuosa que tiene un pH inferior a 7,5 (preferiblemente inferior a 5, más preferiblemente inferior a 4), de nanopartículas de sílice que tienen diámetros de partículas promedio de 40 nanómetros o menos; un oligómero de alcoxilano; un agente de acoplamiento de silano, y opcionalmente un agente acomplejante de  $\beta$ -dicarbonilo de metal. En algunas realizaciones, la composición de revestimiento comprende un producto de 40 reacción del oligómero de alcoxilano y el agente de acoplamiento de silano.

45 Aunque las composiciones de revestimiento de la presente invención pueden prepararse y aplicarse fácilmente a cualquier valor de pH por debajo de aproximadamente 7,5, se ha descubierto que las composiciones de revestimiento de menor pH, especialmente, por debajo de un pH de aproximadamente 5, preferiblemente por debajo de un pH de aproximadamente 4, y con máxima preferencia por debajo de un pH de aproximadamente 3,5 pueden humedecerse y dispersarse sobre las superficies de un sustrato hidrofóbico. Si se acidifica, la composición de revestimiento preferiblemente se acidifica con un ácido que tiene un  $pK_a$  inferior a 5, preferiblemente, inferior a 2,5, con máxima preferencia inferior a 1. Las formulaciones de revestimiento, que 50 tienen sustancialmente base acuosa, presentan una estabilidad mejorada durante el almacenamiento.

Las partículas de sílice (p. ej., nanopartículas de sílice) utilizadas en la composición que forma un revestimiento son dispersiones de nanopartículas de sílice de tamaño submicrométrico en una mezclas de disolvente orgánico/acuoso o acuoso. Las nanopartículas de sílice pueden tener un diámetro de partículas promedio (es decir, una distribución del diámetro de partículas promedio) de 100 nanómetros o menos, 90 nanómetros o menos, 80 nanómetros o 55 menos, 70 nanómetros o menos, 60 nanómetros o menos, 50 nanómetros o menos, 40 nanómetros o menos, 30 nanómetros o menos, 20 nanómetros o menos, o incluso 10 nanómetros o menos. El tamaño promedio de partícula puede determinarse, por ejemplo, mediante microscopía electrónica de transmisión.

60 Las nanopartículas de sílice útiles de forma típica tienen un área superficial superior a aproximadamente 150 metros cuadrados por gramo ( $m^2/g$ ), preferiblemente superior a 200  $m^2/g$  y más preferiblemente superior a 400  $m^2/g$ . Las partículas tienen preferiblemente distribuciones del tamaño de partículas estrechas, por ejemplo, una polidispersidad de 2,0 o menos, preferiblemente 1,5 o menos.

65 Las nanopartículas de sílice en medio acuoso (soles) son bien conocidas en la técnica y se encuentran disponibles en el mercado. Los soles de sílice en agua o soluciones acuosas de alcohol se comercializan con nombres comerciales tales como "LUDOX" (p. ej., sol de sílice LUDOX SM) de E. I. du Pont de Nemours and Co.,

Inc., Wilmington, Delaware; "NYACOL" de Nyacol Co., Ashland, Massachusetts; "NALCO" (p. ej., soles de sílice NALCO 1115, NALCO 1130, y NALCO 2326) de Nalco Chemical Co., Naperville, Illinois; y "REMASIL" (p. ej., sol de sílice REMASOL SP30) comercializado por Remet Corp., Utica, Nueva York.

5 Los soles de sílice no acuosos (también denominados organosoles de sílice) también se pueden utilizar, y se trata de dispersiones de sol de sílice en donde la fase líquida contiene disolvente orgánico acuoso. En la práctica de esta descripción, el sol de sílice se elige de manera que su fase líquida sea compatible con el disolvente acuoso o un disolvente orgánico acuoso. Sin embargo, se ha observado que las nanopartículas de sílice estabilizadas con sodio deberían acidificarse primero antes de su dilución con un disolvente orgánico tal como etanol. La dilución anterior a la acidificación puede producir revestimientos deficientes o no uniformes. Las nanopartículas de sílice estabilizadas con amonio pueden generalmente diluirse y acidificarse en cualquier orden.

15 Si se desea, pueden añadirse partículas de sílice más grandes, preferiblemente en una cantidad que no afecte de forma perjudicial a la hidrofiliidad de la superficie desgastada. Dichos revestimientos tendrían una distribución bimodal o multimodal del tamaño de partículas de sílice. Estas partículas de sílice adicionales generalmente tienen un tamaño de partículas promedio superior a 40 a 100 nanómetros, preferiblemente de 50 a 100 nanómetros, y se pueden utilizar en relaciones de 0,2:99,8 a 99,8:0,2, con respecto al peso de las nanopartículas de sílice inferior a 40 nanómetros. Las partículas más grandes se usan, preferiblemente, en relaciones de 1:9 a 9:1. Generalmente el peso total de partículas de sílice en la composición es de entre aproximadamente 30 a 95 por ciento en peso, preferiblemente de 50 a 75 por ciento en peso basado en los sólidos totales.

25 En algunas realizaciones, las nanopartículas de sílice pueden tener la superficie modificada mediante un agente modificador de la superficie. Una partícula de sílice de superficie modificada incluye grupos superficiales unidos a la superficie de la partícula. Los grupos superficiales modifican la naturaleza hidrófoba o hidrófila de la partícula, pero son preferiblemente hidrófilos. Los grupos superficiales pueden seleccionarse para obtener un promedio estadísticamente aleatorio de partículas con superficie modificada. En algunas realizaciones, los grupos superficiales están presentes en una cantidad suficiente para formar una monocapa, preferiblemente una monocapa continua, sobre la superficie de la partícula. Generalmente, se desea una modificación menos que completa de los grupos funcionales superficiales disponibles (es decir, grupos silanol) para permitir la unión de las nanopartículas a la matriz de silicato a través de los grupos de superficie de silanol no modificados residuales.

35 Existen diversos métodos para modificar la superficie de las nanopartículas incluidos, p. ej., agregar un agente modificador de superficie a las nanopartículas (p. ej., en la forma de un polvo o una dispersión coloidal) y permitir que el agente modificador de superficie reaccione con las nanopartículas. Otros procesos de modificación de superficie útiles se describen, p. ej., en la patente US-2.801.185 (Iler) y en la patente US-4.522.958 (Das et al.). Los grupos modificadores de superficie pueden derivarse de agentes modificadores de superficie. De forma esquemática, los agentes modificadores de superficie pueden representarse mediante la fórmula A-B, donde el grupo A puede unirse a la superficie de la partícula (es decir, los grupos silanol) y el grupo B es un grupo compatibilizante que no reacciona con otros componentes del sistema (p. ej., el sustrato). Los grupos compatibilizantes se pueden seleccionar para volver la partícula relativamente más polar, relativamente menos polar o relativamente no polar. Preferiblemente, el grupo compatibilizante es un grupo hidrófilo no básico, tal como un grupo ácido (que incluye grupos  $-CO_2H$ ,  $-SO_3H$ , y  $-PO_3H$ ), grupo poli(oxietileno), o grupo hidroxilo.

45 Dichos agentes modificadores de superficie opcionales pueden utilizarse en cantidades tales que de 0 a 100 %, generalmente 1 a 90 % (si están presentes) de los grupos funcionales de superficie (grupos Si-OH) de las nanopartículas de sílice están funcionalizados. El número de grupos funcionales se determina experimentalmente donde se hacen reaccionar cantidades de nanopartículas con un exceso de agente modificador de superficie de manera que todos los sitios reactivos disponibles están funcionalizados con un agente modificador de superficie. A continuación se pueden calcular los porcentajes de funcionalización menores a partir del resultado. Generalmente, la cantidad de agente modificador de superficie se utiliza en una cantidad suficiente para proporcionar hasta el doble del peso igual del agente modificador de superficie con respecto al peso de las nanopartículas inorgánicas. Si se usa, la relación de peso entre el agente modificador de superficie y las nanopartículas inorgánicas es, preferiblemente, de 2:1 a 1:10. Si se desean nanopartículas de sílice con la superficie modificada, se prefiere modificar las nanopartículas antes de su incorporación a la composición de revestimiento.

55 En algunas realizaciones, la composición que forma un revestimiento puede contener menos de 10 por ciento en peso, menos de 5 por ciento en peso, menos de 1 por ciento en peso, menos de 0,1 por ciento en peso, menos de 0,01 por ciento en peso o incluso estar libres de dióxido de titanio y/o precursores de los mismos. Esto puede ser especialmente útil ya que las películas que contienen dióxido de titanio puede tender a decolorarse a lo largo del tiempo.

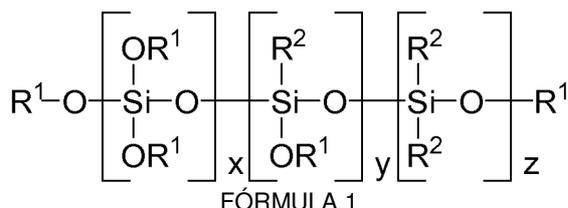
60 La composición de revestimiento se puede acidificar al nivel de pH deseado con un ácido que tiene un  $pK_a$  ( $H_2O$ ) de  $< 5$ , preferiblemente inferior a 2,5, con máxima preferencia inferior a 1. Los ácidos útiles incluyen ácidos orgánicos y ácidos inorgánicos y se puede ilustrar mediante ácido oxálico, ácido cítrico, ácido benzoico, ácido acético, ácido fórmico, ácido propanoico, ácido bencenosulfónico,  $H_2SO_3$ ,  $H_3PO_4$ ,  $CF_3CO_2H$ , HCl, HBr, HI,  $HBrO_3$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $CH_3SO_3H$ ,  $CF_3SO_3H$ , y  $CF_3CO_2H$ . Los ácidos preferidos incluyen HCl,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ , y combinaciones de los mismos. En algunas realizaciones, puede ser deseable proporcionar una mezcla de un ácido

orgánico e inorgánico. En algunas realizaciones, se puede usar una mezcla de ácidos que comprenden aquellos que tienen un  $pK_a \leq 5$  (preferiblemente  $< 2,5$ , con máxima preferencia inferior a 1) y cantidades menores de otros ácidos que tienen  $pK_a > 5$ . Se ha descubierto que el uso de ácidos débiles que tienen un  $pK_a \geq 5$  puede no proporcionar un revestimiento uniforme que tenga las propiedades deseables que pueden incluir transmisividad, capacidad de limpieza y/o durabilidad. En particular, las composiciones de revestimiento que contienen ácidos más débiles, o composiciones de revestimiento básicas, por lo general, se encuentran sobre la superficie de un sustrato polimérico.

En muchas realizaciones, la composición de revestimiento generalmente contiene suficiente ácido para proporcionar un pH inferior a 5, preferiblemente inferior a 4, con máxima preferencia inferior a 3. En algunas realizaciones, se ha descubierto que el pH de la composición de revestimiento se puede ajustar a un pH en el intervalo de aproximadamente 5 a aproximadamente 7,5 después de reducir el pH a menos de 5. Esto permite revestir materiales que son sensibles al pH bajo.

La composición de revestimiento puede también comprender un oligómero de alcoxisilano (es decir, uno o más oligómeros de alcoxisilano). Los oligómeros de alcoxisilano útiles son el producto de una reacción de condensación, total o parcialmente hidrolizado, de uno o más tetralcoxisilanos, y opcionalmente uno o más trialcoxisilanos, y opcionalmente uno o más dialcoxisilanos. Los oligómeros de alcoxisilano pueden ser una mezcla compleja de productos lineales y ramificados. Los oligómeros de alcoxisilano útiles también se pueden representar mediante la celdilla unidad de fórmula  $Si(O)_o(OR^1)_p$ , donde cada  $R^1$  es individualmente H o un grupo alquilo que tiene de 1 a 4 átomos de carbono, o es superior a cero e inferior a 1,2, y p es superior a 1,4 e inferior a 4.

En algunas realizaciones, los oligómeros de alcoxisilano útiles se pueden representar mediante la Fórmula 1 (a continuación):



en donde:

cada  $R^1$  es independientemente H, o un grupo alquilo  $C_1$  a  $C_4$ , un metal alcalino y metal alcalinotérreo o amonio;

cada  $R^2$  es independientemente un grupo alquilo  $C_1$  a  $C_4$ ;

X es un número entero de 2 a 100 (preferiblemente de 3 a 15), inclusive; e

y, y, z, son independientemente números enteros superiores o iguales a cero, en donde x es superior a y + z, y en donde  $x + y + z$  está en el intervalo de 2 a 100 (preferiblemente 3 a 15), inclusive.

La Fórmula 1 (anterior) pretende mostrar estequiometría, pero no implicar una estructura de polímero en bloque. Los oligómeros de alcoxisilano útiles de Fórmula 1 se pueden preparar generalmente mediante condensación hidrolítica del tetralcoxisilanos y opcionalmente uno o más trialcoxisilanos y/o dialcoxisilanos. Los métodos útiles se describen en la publicación de solicitud de patente US-2007/0051274 (Saito et al), y en la patente US-6.258.969 (Sawai et al.) y en US-6.599.976 (Kobayashi et al).

Los alcoxisilanos oligoméricos adecuados también se comercializan como MKC SILICATE MS51 y MKC SILICATE MS56, los productos de la hidrólisis parcial/condensación del tetrametoxisilano; MKC SILICATE BTS, el producto de la hidrólisis parcial/condensación del tetrabutoxisilano de Mitsubishi Chemical Corporation, Tokio, Japón; y ETHYL SILICATE ES40, el producto de la hidrólisis parcial/condensación del tetraetoxisilano de Colcoat Co., Ltd, Tokio, Japón. Los expertos en la técnica comprenderán que la naturaleza exacta del oligómero, incluidas sus características de unidad de repetición y peso molecular, no se limita a los ejemplos comerciales citados aquí, sino que pueden variarse sustancialmente sin abandonar el ámbito de la presente descripción. Por ejemplo, los alcoxisilanos oligoméricos de peso molecular superior o inferior pueden permitir mejoras en el revestimiento de superficies que tengan diferentes texturas o energía superficial, los oligómeros concretos seleccionados para optimizar el rendimiento en la aplicación y las características de secado del revestimiento.

Los alcoxisilanos oligoméricos se añaden de forma típica a la composición de revestimiento a niveles de 1 a 55 por ciento en peso de la composición de revestimiento seca, preferiblemente de aproximadamente 10 a 45 por ciento en peso de la composición de revestimiento seco, aunque también pueden utilizarse otras cantidades.

La composición de revestimiento puede también comprender un agente de acoplamiento de silano (es decir, uno o más agentes de acoplamiento de silano). En realizaciones preferidas, el agente de acoplamiento de silano se representa mediante la Fórmula 2 (a continuación):



5

FÓRMULA 2

en donde:

10 Y comprende un resto orgánico monovalente que comprende al menos uno de un grupo epoxídico, un grupo ácido, un grupo hidroxilo, un grupo mercapto, un grupo alquilo que tiene de 1 a 18 átomos de carbono, un grupo arilo que tiene de 6 a 14 átomos de carbono, o un grupo etilénicamente insaturado polimerizable con radicales libres;

R<sup>3</sup> es un enlace covalente o un grupo puente de hidrocarburo divalente o trivalente;

15 R<sup>4</sup> es independientemente un grupo alquilo, arilo, o aralquilo de 1 a 8 átomos de carbono opcionalmente sustituido en las posiciones disponibles por átomos de oxígeno, nitrógeno y/o azufre;

b es 1, 2 o 3;

c es 1 o 2; y

d es 1 o 2, en donde (b + d) ≤ 4.

20 Preferiblemente, b es 3, c es 1, y d es 1.

Preferiblemente, R<sup>3</sup> es un enlace covalente, o un grupo puente de hidrocarburo divalente o trivalente de aproximadamente 1 a 20 átomos de carbono, que incluye opcionalmente en la cadena principal hasta 5 restos seleccionados del grupo que consiste en grupos O-, -C(=O), -S-, -SO<sub>2</sub>- y -NR<sup>2</sup> (y combinaciones de los mismos tales como, por ejemplo, -C(=O)-O-), en donde R<sup>2</sup> es hidrógeno o un grupo alquilo que tiene de 1 a 4 átomos de carbono.

25

En otra realización, R<sup>3</sup> es un resto poli(óxido de alquileo) representado por la fórmula (OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>(OCH<sub>2</sub>CH(R<sup>1</sup>))<sub>m</sub>-, en donde n es un número entero superior o igual a 5, m es un número entero superior o igual a 0 (preferiblemente superior o igual a 1), y la relación molar de n:m es al menos 2:1 (preferiblemente al menos 3:1). En la Fórmula 2, se entiende que cuando c es 1, entonces R<sup>3</sup> es un enlace covalente o un grupo puente de hidrocarburo divalente, y cuando c es 2, entonces R<sup>3</sup> es un grupo puente trivalente. Preferiblemente, R<sup>3</sup> es un grupo alquileo divalente y c es 1. Preferiblemente, R<sup>4</sup> es un grupo alquilo que tiene de 1 a 4 átomos de carbono; y b es de 1 a 3.

30

En algunas realizaciones, Y es un grupo funcional orgánico no básico Y<sup>1</sup>, que se puede seleccionar de un grupo epoxi (incluido glicidilo), un grupo ácido, un grupo éster, un grupo hidroxilo, y un grupo sulfhidrilo. Los agentes de acoplamiento de silano funcionalizados con epoxi útiles incluyen 2-(3,4-epoxiciclohexil)etiltrimetoxisilano, 2-(3,4-epoxiciclohexil)etiltrimetoxisilano, 5,6-epoxihexiltrimetoxisilano, (3-glicidoxipropil)triethoxisilano, (3-glicidoxipropil)trimetoxisilano, y combinaciones de los mismos. Los agentes de acoplamiento de silano funcionalizados con mercapto útiles incluyen 3-mercaptopropiltrimetoxisilano y 3-mercaptopropiltriethoxisilano.

40

En otra realización, Y es un grupo etilénicamente insaturado Y<sup>2</sup>, que puede seleccionarse de grupos polimerizables etilénicamente insaturados, que incluyen vinilo, alilo, viniloxi, aliloxi, y (met)acriloxi. Los agentes de acoplamiento de silano con grupos etilénicamente insaturados incluyen organosilanos tales como, por ejemplo, 3-(metacriloxi)propiltrimetoxisilano, 3-acriloxipropiltrimetoxisilano, 3-(metacriloxi)propiltriethoxisilano, 3-(metacriloxi)propilmetildimetoxisilano, 3-(acriloxipropil)metildimetoxisilano, 3-(metacriloxi)propildimetiletoxosilano, 3-(metacriloxi)propildietiletoxosilano, vinildimetiletoxosilano, vinilmetildietoxosilano, viniltriacetoxisilano, viniltriethoxisilano, viniltriisopropoxisilano, viniltrimetoxisilano, viniltrifenoxisilano, tris(t-butoxi)vinilsilano, viniltris(isobutoxi)silano, viniltriisopropenoxisilano, viniltris(2-metoxietoxi)silano, y mezclas de los mismos. Preferiblemente, Y<sup>2</sup> es vinilo, alilo, viniloxi, o aliloxi.

45

En otra realización, Y es un grupo hidrocarbilo no funcionalizado Y<sup>3</sup> seleccionado de grupos alquilo y grupos arilo. Los agentes de acoplamiento de silano no funcionalizados útiles incluyen metiltrimetoxisilano, metiltriethoxisilano, metiltriisopropoxisilano, metiltriisopropoxisilano, etiltrimetoxisilano, etiltriethoxisilano, etiltriisopropoxisilano, etiltriisopropoxisilano, propiltrimetoxisilano, propiltriethoxisilano, butyltrimetoxisilano, butyltriethoxisilano, pentiltrimetoxisilano, pentiltriethoxisilano, hexiltrimetoxisilano, hexiltriethoxisilano, feniltrimetoxisilano, feniltriethoxisilano, feniltriisopropoxisilano, feniltriisopropoxisilano, benciltrimetoxisilano, y benciltriethoxisilano.

55

Los agentes de acoplamiento de silano pueden fabricarse, por ejemplo, mediante técnicas convencionales, o se pueden adquirir de proveedores comerciales tales como, por ejemplo, Gelest, Inc., Morrisville, Pensilvania; Momentive Performance Materials, Wilton, Connecticut; y United Chemical Technologies, Inc., Horsham, Pennsylvania. Se puede hacer referencia adicional a las patentes US-5.204.219 (Van Ooij y col.); US-5.464.900 (Stofko et al.); y US-5.639.546 (Bilkadi).

60

La cantidad de agente de acoplamiento de silano está de forma típica en un intervalo de 0,25 a 35 por ciento en peso, preferiblemente de 10 a 30 por ciento en peso, basado en los sólidos totales añadidos de la composición de revestimiento, aunque otras cantidades son admisibles.

5 La composición de revestimiento puede también comprender opcionalmente uno o más agentes acomplejantes de  $\beta$ -dicetona con metales que tienen un metal y un grupo 1,3-dioxopropileno. El agente acomplejante de  $\beta$ -dicetona puede funcionar como un catalizador de hidrólisis en la formación de enlaces entre una o más de las nanopartículas de sílice, el oligómero de alcoxilano y el agente de acoplamiento de silano y puede fomentar la desprotonación de los grupos silanol para mejorar la policondensación lineal. De forma adicional, el agente acomplejante de  $\beta$ -dicetona retarda la gelificación fomentando así la estabilidad de las composiciones de revestimiento y mejorando el periodo de validez del revestimiento.

10 El tipo de metal en el agente acomplejante no está especialmente limitado. Preferiblemente, se usan metales que tienen una gran velocidad de formación de complejos con los ligandos de  $\beta$ -dicetona. Los ejemplos de dichos agentes acomplejantes con metales incluyen compuestos de quelato metálico de  $\beta$ -dicetona, tales como tris(acetilacetato)aluminio(III), tris(etil acetilacetato)aluminio(III), tris(dietilmalonato)aluminio(III), bis(acetilacetato)cobre(II), tetraquis(acetilacetato)circonio(IV), tris(acetilacetato)cromo(III), tris(acetilacetato)cobalto(III) y oxoacetilacetato de titanio (IV)  $[(\text{CH}_3\text{COCHCOCH}_3)_2\text{TiO}]$ ; y compuestos de quelato metálico de  $\beta$ -dicetonas con metales de tierras raras. Preferiblemente, el complejo de  $\beta$ -dicetona se selecciona de agente acomplejante de  $\beta$ -dicetona con aluminio, más preferiblemente, acetilacetato de aluminio.

15 Los agentes acomplejantes de  $\beta$ -dicetona se pueden usar solos o en combinaciones de dos o más de los mismos. La cantidad de agente acomplejante añadido es preferiblemente de 0 a 10 por ciento en peso, más preferiblemente de 0,1 a 10 por ciento en peso, y aún más preferiblemente entre aproximadamente 0,1 y 5 por ciento en peso, basado en los sólidos totales añadidos de la composición de revestimiento.

20 Para permitir un fácil revestimiento, la tensión superficial de la composición de revestimiento puede disminuirse mediante la adición de alcoholes de bajo peso molecular, especialmente alcoholes que tienen de 1 a 8 átomos de carbono. Sin embargo, en algunos casos, para mejorar la hidrofiliidad del revestimiento para que tenga las propiedades deseadas y para asegurar un revestimiento uniforme del artículo de una solución acuosa o hidroalcohólica, puede ser beneficioso añadir un agente humectante que, por lo general, es un tensioactivo. El uso de agentes humectantes generalmente no es deseable porque se cree que dichos agentes reducen la adhesión de los revestimientos al sustrato, reduciendo así la durabilidad, y además de producir vetas y opacidad en los revestimiento ssecos.

25 El término "tensioactivo", como se utiliza en la presente memoria, describe moléculas que comprenden segmentos hidrófilos (polares) e hidrófobos (no polares) en la misma molécula que son capaces de reducir la tensión superficial de la solución de revestimiento. Tensioactivos útiles puede también comprender los descritos en la patente US-6.040.053 (Scholz et al.).

30 Para las concentraciones típicas de nanopartículas de sílice (p. ej., de aproximadamente 0,2 a 15 por ciento en peso con respecto a la composición de revestimiento total), la mayoría de los tensioactivos comprenden menos de aproximadamente 0,1 por ciento en peso de la composición de revestimiento, preferiblemente entre aproximadamente 0,003 y 0,05 por ciento en peso, para preservar las propiedades antiadherentes del revestimiento. Cabe señalar que para algunos tensioactivos, se consigue un revestimiento manchado a concentraciones superiores a lo necesario para conseguir las propiedades deseadas. En particular, se ha observado que los tensioactivos pueden reducir la durabilidad de los revestimientos resultantes. Preferiblemente, la composición de revestimiento no contiene tensioactivos o agentes humectantes.

35 Cuando se añaden para mejorar la uniformidad de los revestimientos resultantes, se prefieren los tensioactivos aniónicos en la composición de revestimiento. Los tensioactivos aniónicos útiles incluyen, por ejemplo, aquellos con estructuras moleculares que comprenden (1) al menos un resto hidrófobo, tal como grupos alquilo, alquilarilo y/o alquenilo que tienen de 6 a 20 átomos de carbono, (2) al menos un resto aniónico, tal como sulfato, sulfonato, fosfato, sulfato polioxietilenado, sulfonato polioxietilenado, fosfato polioxietilenado, y similares, y/o (3) las sales de dichos grupos aniónicos, en donde dichas sales incluyen sales de metal alcalino, sales de amonio y sales de amino terciarias. Los tensioactivos aniónicos útiles ilustrativos incluyen laurilsulfato de sodio, lauril éter sulfato de sodio, laurilsulfato de amonio y dodecilsulfonato de sodio.

40 Cuando la composición de revestimiento no incluye un tensioactivo, o cuando se desea mejorar la uniformidad del revestimiento, puede ser beneficioso añadir otro agente humectante, incluidos aquellos que no transmiten propiedades antiempañado duraderas, para garantizar un revestimiento uniforme del artículo en una solución acuosa o hidroalcohólica. Los ejemplos de agentes humectantes útiles incluyen alcoholes de alquilo polietoxilados, alquifenoles polietoxilados. Generalmente, si se usa, el agente humectante está presente en cantidades inferiores a aproximadamente 0,1 por ciento en peso de la composición de revestimiento, preferiblemente entre aproximadamente 0,003 y 0,05 por ciento en peso de la composición de revestimiento, dependiendo de la cantidad de nanopartículas de sílice.

Preferiblemente, el pH de la solución de revestimiento es inferior a aproximadamente 4, pero superior a aproximadamente 1, pero esto no es un requisito. Por ejemplo, el pH de la composición que forma un revestimiento puede estar en el intervalo de 2 a 4 o incluso de 3 a 4.

5 Los componentes de la composición que forma un revestimiento pueden estar presentes en cualquier cantidad, pero preferiblemente están presentes en las cantidades siguientes. En algunas realizaciones, la composición que forma un revestimiento comprende, sobre una base en peso de sólidos, de 30 a 95 por ciento de las nanopartículas de sílice, de 1 a 55 por ciento de oligómero de alcoxisilano, de 0,25 a 35 por ciento del agente de acoplamiento de silano y, opcionalmente de 0,1 a 10 por ciento del agente acomplejante de  $\beta$ -dicetona con metales.

10 Los detalles relacionados con los revestimientos de sílice acicular adecuados para usar en (o como) la composición de revestimiento descrita anteriormente se describen, por ejemplo, en la publicación de solicitud de patente US-2010/0035039 A1 (Jing y col.).

15 En algunas realizaciones, la composición que forma un revestimiento comprende agua, nanopartículas de sílice que tienen un diámetro de partículas medio de 40 nanómetros o menos dispersadas en el agua, y un ácido que tiene un  $pK_a$  de  $<3,5$  en una cantidad eficaz para producir un pH inferior a 5. Otros detalles relacionados con las composiciones de revestimiento acuosas adecuadas para usar en (o como) la composición de revestimiento se describen, por ejemplo, en la publicación de solicitud de patente US-2012/0276369 A1 (Jing y col.).

20 En algunas realizaciones, sobre la base del peso total de los componentes a) a e), la composición que forma un revestimiento comprende:

- a) de 0,5 a 99 por ciento en peso de agua;
- 25 b) de 0,1 a 20 por ciento en peso de nanopartículas de sílice que tienen un diámetro de partículas promedio de 40 nm o menos;
- c) de 0 a 20 por ciento en peso de nanopartículas de sílice que tienen un diámetro de partículas promedio de 50 nm o más, en donde la suma de b) y c) es de 0,1 a 20 por ciento en peso;
- d) una cantidad suficiente de un ácido que tiene un  $pK_a$  de  $<3,5$  para reducir el pH a menos de 5; y
- 30 e) de 0 a 20 por ciento en peso de un tetraalcoxisilano, con respecto a la suma de b) y c). Otros detalles relacionados con las composiciones de revestimiento adecuadas para usar en (o como) la composición de revestimiento se describen, por ejemplo, en la publicación de solicitud de patente US-2011/0033694 A1 (Jing y col.).

35 En algunas realizaciones, la composición que forma un revestimiento comprende: a) una dispersión acuosa que tiene un pH inferior a 7,5 de nanopartículas de sílice que tienen un diámetro de partículas promedio de 40 nanómetros o menos, b) un oligómero de alcoxisilano; c) un agente de acoplamiento de silano, y d) opcionalmente un agente acomplejante de  $\beta$ -dicetona con metales. Otros detalles relacionados con las composiciones de revestimiento adecuadas para usar en (o como) la composición de revestimiento se describen, por ejemplo, en la publicación de solicitud de patente US-2010/0092765 A1 (Hager y col.).

40 Aunque el agua estará presente en la composición que forma un revestimiento, debido al menos en parte a la dispersión acuosa que comprende nanopartículas de sílice, puede ser deseable incluir uno o más volátiles orgánicos (disolventes orgánicos volátiles - COV) no reactivos solubles en agua y/o miscibles con el agua para facilitar el revestimiento y/o el secado, aunque preferiblemente, la composición de revestimiento contiene menos de 15 por ciento, menos de 10 por ciento, menos de 5 por ciento en peso, menos de 1 por ciento en peso, menos de 0,1 por ciento en peso de COV no reactivo, o incluso está totalmente exenta de dichos disolventes. Ejemplos de dichos disolventes orgánicos volátiles no reactivos incluyen metanol, isopropanol, etanol, y acetona.

45 La composición que forma un revestimiento se aplica preferiblemente con un espesor sustancialmente uniforme en un intervalo de 0,2 nm a 100 nm, aunque se permiten otros espesores. Los revestimientos secados con un espesor inferior a aproximadamente 10 nm pueden ser útiles para evitar variaciones de color de interferencia visibles en el revestimiento seco. Preferiblemente, se aplica suficiente composición de revestimiento para producir un revestimiento seco que tenga al menos aproximadamente 2 nm de espesor, preferiblemente al menos aproximadamente 3 nm de espesor. El espesor de revestimiento seco óptimo promedio puede depender de la composición de revestimiento en particular, pero en general el espesor promedio del revestimiento es preferiblemente de 5 a 100 nm, preferiblemente de 5 a 50 nm y más preferiblemente de 5 a 25 nm, según se estima mediante microscopía de fuerza atómica y/o perfilometría de la superficie. Por encima de este intervalo, las variaciones en el espesor del revestimiento pueden causar efectos de interferencia ópticos, lo que conduce a iridiscencia visible (efecto de arco iris) del revestimiento seco que es especialmente evidente en sustratos más oscuros. Por debajo de este intervalo, el espesor del revestimiento puede ser inadecuado para transmitir suficiente durabilidad para la mayoría de los revestimientos expuestos al desgaste ambiental.

50 Una vez que la superficie desgastada se reviste con la composición que forma un revestimiento, esta se seca (eliminando el agua y cualquier disolvente orgánico volátil opcional) lo suficiente para proporcionar una superficie con laminado de agua fácil de limpiar, preferiblemente con suficiente durabilidad para permanecer en su sitio si se aclara con agua. El secado se puede realizar mediante secado por aire (p. ej., en condiciones ambientales) y/o mediante el uso de dispositivos de calentamiento (p. ej., calentadores portátiles y/o pistolas de calor).

65

Después del revestimiento, el artículo se seca típicamente a temperatura ambiente sin necesidad de calor, radiación u otro método de curado. Aunque la temperatura más alta puede aumentar la velocidad del proceso de secado, dichas temperaturas generalmente no son prácticas o cómodas y se debe tener cuidado en evitar daños en el sustrato. Después de aplicar la composición de revestimiento al sustrato y de su secado, el revestimiento comprende, preferiblemente, de aproximadamente 30 a 95 por ciento en peso (más preferiblemente, de aproximadamente 50 a 75 por ciento en peso) de nanopartículas de sílice; de aproximadamente 1 a 55 por ciento en peso (más preferiblemente, de aproximadamente 25 a 50 por ciento en peso) de oligómero de alcoxisilano; de 0,25 a 35 por ciento en peso de agente de acoplamiento de silano; y de 0 a 10 por ciento en peso, preferiblemente de 1 a 5 por ciento en peso del agente acomplejante de  $\beta$ -dicetona con metales y, opcionalmente, de aproximadamente 0 a 5 por ciento en peso (más preferiblemente de 0 a aproximadamente 2 por ciento en peso) de tensioactivo, y hasta aproximadamente 5 por ciento en peso (preferiblemente de 0 a 2 por ciento en peso) del agente humectante.

La presente descripción también proporciona un kit que comprende un artículo abrasivo adecuado según la presente descripción y la composición que forma un revestimiento. El kit puede incluir además directrices para llevar a la práctica al menos un método según la presente descripción. La composición que forma un revestimiento generalmente se incluirá en el kit dentro de su propio recipiente sellado (p. ej., una botella o bolsa). En algunas realizaciones, todo el kit puede estar incluido en un solo envase.

Realizaciones seleccionadas de la presente descripción

En una primera realización, la presente descripción proporciona un método para proporcionar un revestimiento de laminado de agua fácil de limpiar sobre un sustrato, comprendiendo el método las etapas de:

- a) desgastar al menos una parte de una superficie de un sustrato usando un artículo abrasivo para proporcionar una superficie desgastada que tenga una rugosidad superficial  $R_a$  en un intervalo de 10 nanómetros a 3500 nanómetros;
- b) poner en contacto una composición que forma un revestimiento con al menos una parte de la superficie desgastada, en donde la composición que forma un revestimiento comprende partículas de sílice, y en donde las partículas de sílice tienen un tamaño de partículas promedio de 100 nm o menos; y
- c) eliminar al menos parcialmente agua de la composición que forma un revestimiento para proporcionar el revestimiento de laminado de agua fácil de limpiar sobre el sustrato.

En una segunda realización, la presente descripción proporciona un método según la primera realización, en donde las etapas a) y b) se llevan a cabo simultáneamente.

En una tercera realización, la presente descripción proporciona un método según la primera realización, en donde las etapas a) y b) se realizan consecutivamente.

En una cuarta realización, la presente descripción proporciona un método según una cualquiera de las realizaciones primera a tercera, en donde la rugosidad superficial  $R_a$  está en el intervalo de 100 nanómetros a 1000 nanómetros.

En una quinta realización, la presente descripción proporciona un método según una cualquiera de las realizaciones primera a tercera, en donde la rugosidad superficial  $R_a$  está en el intervalo de 200 nanómetros a 600 nanómetros.

En una sexta realización, la presente descripción proporciona un método según una cualquiera de las realizaciones primera a quinta, en donde la composición que forma un revestimiento se prepara combinando componentes:

- a) una dispersión acuosa que comprende nanopartículas de sílice, en donde la dispersión acuosa de nanopartículas de sílice tiene un pH inferior a 7,5, y en donde las nanopartículas de sílice tienen un diámetro de partículas promedio de 40 nanómetros o menos;
- b) oligómero de alcoxisilano; y
- c) agente de acoplamiento de silano.

En una séptima realización, la presente descripción proporciona un método según la sexta realización, en donde la composición que forma un revestimiento además comprende un agente acomplejante de  $\beta$ -cetona con metales.

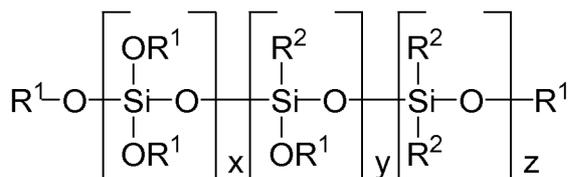
En una octava realización, la presente descripción proporciona un método según la sexta realización, en donde la composición que forma un revestimiento comprende, sobre una base de peso de sólidos:

de 30 a 95 por ciento de nanopartículas de sílice;  
de 1 a 55 por ciento del oligómero alcoxisilano; y  
de 0,25 a 35 por ciento del agente de acoplamiento de silano.

En una novena realización, la presente descripción proporciona un método según la octava realización, en donde la composición que forma un revestimiento además comprende, sobre una base de peso de sólidos:

de 0,1 a 10 por ciento en peso del agente acomplejante de  $\beta$ -cetona con metales.

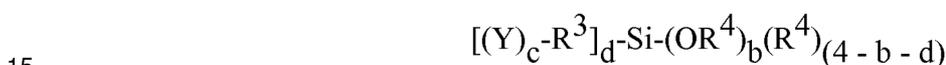
En una décima realización, la presente descripción proporciona un método según una cualquiera de las realizaciones sexta a novena, en donde el oligómero de alcoxisilano está representado por la fórmula:



en donde:

- 5 cada  $R^1$  es independientemente H o un grupo alquilo que tiene de 1 a 4 átomos de carbono;  
 cada  $R^2$  es independientemente un grupo alquilo que tiene de 1 a 4 átomos de carbono;  
 x es un número entero de 2 a 100, inclusive; e  
 y, y z, son independientemente números enteros superiores o iguales a cero; en donde x es superior a y + z, y en  
 10 donde x + y + z está en el intervalo de 2 a 100, inclusive.

En una undécima realización, la presente descripción proporciona un método según una cualquiera de las realizaciones sexta a décima, en donde dicho agente de acoplamiento de silano se representa con la fórmula:



en donde:

- 20 Y comprende un resto orgánico monovalente que comprende al menos uno de un grupo epoxídico, un grupo ácido, un grupo hidroxilo, un grupo mercapto, un grupo alquilo que tiene de 1 a 18 átomos de carbono, un grupo arilo que tiene de 6 a 14 átomos de carbono, o un grupo etilénicamente insaturado polimerizable con radicales libres;  
 $R^3$  es un enlace covalente o un grupo puente de hidrocarburo divalente o trivalente;  
 $R^4$  es independientemente un grupo alquilo, arilo, o aralquilo de 1 a 8 átomos de carbono  
 25 opcionalmente sustituido en las posiciones disponibles por átomos de oxígeno, nitrógeno y/o azufre; b es 1, 2 o 3; c es 1 o 2; y d es 1 o 2, en donde (b + d) ≤ 4.

En una duodécima realización, la presente descripción proporciona un método según una cualquiera de las realizaciones primera a undécima, en donde las nanopartículas de sílice tienen un diámetro de partículas promedio de 30 nanómetros o menos.

En una decimotercera realización, la presente descripción proporciona un método según una cualquiera de las realizaciones primera a undécima, en donde las nanopartículas de sílice tienen un diámetro de partículas promedio de 20 nanómetros o menos.

En una decimocuarta realización, la presente descripción proporciona un método según una cualquiera de las realizaciones primera a undécima, en donde las nanopartículas de sílice tienen un diámetro de partículas promedio de 10 nanómetros o menos.

En una decimoquinta realización, la presente descripción proporciona un método según una cualquiera de las realizaciones primera a decimocuarta, en donde la composición que forma un revestimiento además comprende un disolvente orgánico soluble en agua.

En una decimosexta realización, la presente descripción proporciona un método según una cualquiera de las realizaciones primera a decimoquinta, en donde la composición que forma un revestimiento tiene un pH inferior a 4.

En una decimoséptima realización, la presente descripción proporciona un método según la primera realización, en donde la composición que forma un revestimiento comprende agua, nanopartículas de sílice que tienen un diámetro de partículas medio de 40 nanómetros o menos dispersadas en el agua, y un ácido que tiene un  $pK_a$  de <3,5 en una cantidad eficaz para producir un pH inferior a 5.

En una decimoctava realización, la presente descripción proporciona un método según la primera realización, en donde basado en el peso total de los componentes a) a e), la composición que forma un revestimiento comprende:

- 55 a) de 0,5 a 99 por ciento en peso de agua;  
 b) de 0,1 a 20 por ciento en peso de nanopartículas de sílice que tienen un diámetro de partículas promedio de 40 nm o menos;  
 c) de 0 a 20 por ciento en peso de nanopartículas de sílice que tienen un diámetro de partículas promedio de 50 nm o más, en donde la suma de b) y c) es de 0,1 a 20 por ciento en peso;  
 d) una cantidad suficiente de un ácido que tiene un  $pK_a$  de <3,5 para reducir el pH a menos de 5; y

e) de 0 a 20 por ciento en peso de un tetraalcoxisilano, con respecto a la suma de b) y c).

En una decimonovena realización, la presente descripción proporciona un método según una cualquiera de las realizaciones primera a decimooctava, en donde el sustrato comprende un vehículo.

En una vigésima realización, la presente descripción proporciona un método según una cualquiera de las realizaciones primera a decimonovena, en donde el artículo abrasivo comprende partículas compuestas abrasivas conformadas fijadas a un soporte, en donde las partículas compuestas abrasivas conformadas comprenden partículas abrasivas retenidas en un aglutinante, y en donde las partículas abrasivas tienen un diámetro mediano de partícula D<sub>50</sub> en un intervalo de aproximadamente 1 micrómetro a aproximadamente 202 micrómetros.

En una vigesimoprimer realización, la presente descripción proporciona un método según una cualquiera de las realizaciones primera a vigésima, en donde el artículo abrasivo se fija a una almohadilla de respaldo resiliente compresible.

En una vigesimosegunda realización, la presente descripción proporciona un método según una cualquiera de las realizaciones primera a vigesimoprimer, en donde el artículo abrasivo comprende un disco abrasivo.

En una vigesimotercera realización, la presente descripción proporciona un método según una cualquiera de las realizaciones primera a vigesimosegunda, en donde el artículo abrasivo está accionado por una herramienta eléctrica.

En una vigesimocuarta realización, la presente descripción proporciona un kit que comprende: un artículo abrasivo que comprende partículas abrasivas fijadas a un soporte mediante un aglutinante; y una composición que forma un revestimiento que comprende partículas de sílice, y en donde las partículas de sílice tienen un tamaño de partículas promedio de 100 nm o menos.

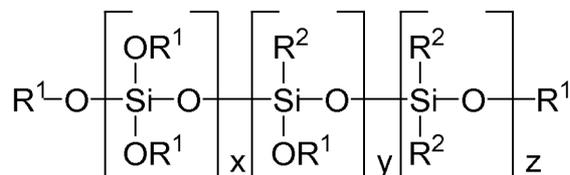
En una vigesimoquinta realización, la presente descripción proporciona un kit según la vigesimocuarta realización, en donde la composición que forma un revestimiento puede prepararse combinando componentes: una dispersión acuosa que comprende nanopartículas de sílice, en donde las nanopartículas de sílice tienen un diámetro de partículas promedio de 40 nanómetros o menos; oligómero de alcoxisilano; y agente de acoplamiento de silano.

En una vigesimosexta realización, la presente descripción proporciona un kit según la vigesimoquinta realización, en donde la composición que forma un revestimiento además comprende un agente acomplejante de β-dicetona con metales.

En una vigesimoséptima realización, la presente descripción proporciona un kit según la vigesimoquinta o vigesimosexta realización, en donde la composición que forma un revestimiento comprende, sobre una base de peso de sólidos: de 30 a 95 por ciento de nanopartículas de sílice; de 1 a 55 por ciento del oligómero alcoxisilano; y de 0,25 a 35 por ciento del agente de acoplamiento de silano.

En una vigésimooctava realización, la presente descripción proporciona un kit según la vigesimoséptima realización, en donde la composición que forma un revestimiento además comprende sobre una base de peso de sólidos: de 0,1 a 10 por ciento en peso del agente acomplejante de β-cetona con metales.

En una vigesimonovena realización, la presente descripción proporciona un kit según una cualquiera de las realizaciones vigesimoquinta a vigesimooctava, en donde el oligómero de alcoxisilano está representado por la fórmula:



en donde:

cada R<sup>1</sup> es independientemente H o un grupo alquilo que tiene de 1 a 4 átomos de carbono;

cada R<sup>2</sup> es independientemente un grupo alquilo que tiene de 1 a 4 átomos de carbono;

x es un número entero de 2 a 100, inclusive; e y, y z, son independientemente números enteros superiores o iguales a cero;

en donde x es superior a y + z, y en donde x + y + z está en el intervalo de 2 a 100, inclusive.

En una trigésima realización, la presente descripción proporciona un kit según una cualquiera de las realizaciones vigésimoquinta a la vigesimonovena, en donde dicho agente de acoplamiento de silano se representa mediante la fórmula:



5

en donde:

Y comprende un resto orgánico monovalente que comprende al menos uno de un grupo epoxídico, un grupo ácido, un grupo hidroxilo, un grupo mercapto, un grupo alquilo que tiene de 1 a 18 átomos de carbono, un grupo arilo que tiene de 6 a 14 átomos de carbono, o un grupo etilénicamente insaturado polimerizable con radicales libres;  
 R<sup>3</sup> es un enlace covalente o un grupo puente de hidrocarburo divalente o trivalente;  
 R<sup>4</sup> es independientemente un grupo alquilo, arilo, o aralquilo de 1 a 8 átomos de carbono opcionalmente sustituido en las posiciones disponibles por átomos de oxígeno, nitrógeno y/o azufre;  
 b es 1, 2 o 3;  
 c es 1 o 2; y  
 d es 1 o 2, en donde (b + d) ≤ 4.

En una trigésimoprimerá realización, la presente descripción proporciona un kit según una cualquiera de las realizaciones vigésimocuarta a trigésima, en donde las nanopartículas de sílice tienen un diámetro de partículas promedio de 30 nanómetros o menos.

En una trigésimosegunda realización, la presente descripción proporciona un kit según una cualquiera de las realizaciones vigésimocuarta a trigésima, en donde las nanopartículas de sílice tienen un diámetro de partículas promedio de 20 nanómetros o menos.

En una trigésimotercera realización, la presente descripción proporciona un kit según una cualquiera de las realizaciones vigésimocuarta a trigésima, en donde las nanopartículas de sílice tienen un diámetro de partículas promedio de 10 nanómetros o menos.

En una trigésimocuarta realización, la presente descripción proporciona un kit según una cualquiera de las realizaciones vigésimocuarta a trigésimotercera, en donde la composición que forma un revestimiento además comprende un disolvente orgánico soluble en agua.

En una trigésimoquinta realización, la presente descripción proporciona un kit según una cualquiera de las realizaciones vigésimocuarta a trigésimocuarta, en donde la composición que forma un revestimiento tiene un pH inferior a 4.

En una trigésimosexta realización, la presente descripción proporciona un kit según una cualquiera de las realizaciones vigésimocuarta a trigésimoquinta, en donde la composición que forma un revestimiento comprende agua, nanopartículas de sílice que tienen un diámetro de partículas medio de 40 nanómetros o menos dispersadas en el agua, y un ácido que tiene un pK<sub>a</sub> de <3,5 en una cantidad eficaz para producir un pH inferior a 5.

En una trigésimoséptima realización, la presente descripción proporciona un kit según la vigésimocuarta realización, en donde basado en el peso total de los componentes a) a e), la composición que forma un revestimiento comprende:

- a) de 0,5 a 99 por ciento en peso de agua;
- b) de 0,1 a 20 por ciento en peso de nanopartículas de sílice que tienen un diámetro de partículas promedio de 40 nm o menos;
- c) de 0 a 20 por ciento en peso de nanopartículas de sílice que tienen un diámetro de partículas promedio de 50 nm o más, en donde la suma de b) y c) es de 0,1 a 20 por ciento en peso;
- d) una cantidad suficiente de un ácido que tiene un pK<sub>a</sub> de <3,5 para reducir el pH a menos de 5; y
- e) de 0 a 20 por ciento en peso de un tetraalcoxilano, con respecto a la suma de b) y c).

En una trigésimoctava realización, la presente descripción proporciona un kit según una cualquiera de las realizaciones vigésimocuarta a trigésimoséptima, en donde el artículo abrasivo comprende partículas compuestas abrasivas conformadas fijadas al soporte, en donde las partículas compuestas abrasivas conformadas comprenden las partículas abrasivas retenidas en el aglutinante, y en donde las partículas abrasivas tienen un diámetro mediano de partícula D<sub>50</sub> en el intervalo de aproximadamente 1 micrómetro a aproximadamente 202 micrómetros.

En una trigésimonovena realización, la presente descripción proporciona un kit según una cualquiera de las realizaciones vigésimocuarta a trigésimoctava, en donde el artículo abrasivo comprende un disco abrasivo.

En una cuadragésima realización, la presente descripción proporciona un kit según una cualquiera de las realizaciones vigésimocuarta a trigésimonovena, que además comprende:  
 instrucciones para realizar un método que comprende:  
 desgastar una superficie de un sustrato con el artículo abrasivo para proporcionar una superficie desgastada; y

aplicar la composición que forma un revestimiento a al menos una parte de la superficie desgastada.

Los objetivos y ventajas de esta descripción se ilustran además mediante los siguientes ejemplos no limitativos, pero los materiales y cantidades particulares de los mismos enumerados en estos ejemplos, así como otras condiciones y detalles, no deberían interpretarse como indebidamente limitadores de esta descripción.

#### Ejemplos

Salvo que se indique lo contrario, todas las partes, porcentajes, relaciones, etc. en los Ejemplos y en el resto de la memoria descriptiva son en peso.

Se usan las siguientes abreviaturas para describir los ejemplos: °C = grados centígrados; cm = centímetro; mg = miligramo; ml: mililitro; mm = milímetro; μm = micrómetros; nm = nanómetros; kPa = kilopascal; psi = libras por pulgada cuadrada (kilopascal); rpm = revoluciones por minuto; W= Vatio; y % en peso =% por ciento en peso.

Los discos abrasivos y accesorios utilizados para preparar los diversos paneles de ensayo descritos en la presente memoria se obtuvieron con los siguientes nombres comerciales de la empresa 3M, St. Paul Renner, Minesota. Salvo que se indique lo contrario, los discos y los accesorios tienen 6 pulgadas (15,24 cm) de diámetro:

P5000: Disco de espuma TRIZACT 443SA 5000, n.º de pieza 30662.

P3000: Disco de espuma TRIZACT 443SA P3000, n.º de pieza 02085.

P1500: Disco de lijado TRIZACT CLEARCOAT P1500, n.º de pieza 02088.

P1200: Disco de acabado FILM P1200 260L, n.º de pieza 00968.

P1000: Disco de acabado FILM P1000 260L, n.º de pieza 00969.

P800: Disco de acabado FILM P800 260L, n.º de pieza 00970.

P600: Disco de acabado FILM P600 260L, n.º de pieza 00971.

Almohadilla de respaldo: Designación comercial HOOKIT BACKUP PAD, n.º de pieza 05551.

Almohadilla de interfase: Designación comercial HOOKIT SOFT INTERFACE PAD, n.º de pieza 05777. Lijadora abrasiva: Una lijadora orbital aleatoria con abertura de 8 mm, número de modelo DYNORBITAL SANDER, n.º de pieza 56964 de Dynabrade, Inc., Clarens, Nueva York. La línea de presión es de 40 psi (275,8 kPa).

Almohadilla para la composición: Una almohadilla para la composición de espuma de 8 pulgadas (20,32 cm), designación comercial FOAM COMPOUNDING PAD, n.º de pieza 05723.

Almohadilla de respaldo para la composición: Una almohadilla de respaldo de 8 pulgadas (20,32 cm), designación comercial PERFECT-IT BACKUP PAD, n.º de pieza 05718.

Lijadora para la composición: Una lijadora/pulidora modelo DW849 obtenida de DeWALT Industrial Tool Company, Baltimore, Maryland, equipada con un adaptador de 5/8 pulgadas (1,59 cm) funcionando a 1400 rpm.

Los paneles de ensayo descritos en la presente memoria fueron los siguientes:

TP1: Paneles de ensayo de 18 por 24 pulgadas (45,7 cm por 61 cm) de acero laminado en frío pintados en negro, con un revestimiento de acrilato de uretano transparente, n.º de pieza RK8148 obtenido de ACT Laboratories, Inc., Hillsdale, Michigan.

TP2: Láminas de acrílico de 30 pulgadas x 30 pulgadas x 50 milésimas de pulgada (76,2 cm x 76,2 cm por 1,27 mm) incoloras y transparentes, obtenidas con la designación comercial "OPTIX" de Plastkolite, Inc., Columbus, Ohio.

Los materiales usados para preparar las suspensiones de nanopartículas fueron los siguientes:

AAA: Acetilacetato de aluminio.

IPA: Isopropanol.

N1115: sílice coloidal de 4 nm, obtenida como Nalco 1115 de Nalco Chemical Company, Naperville, Illinois.

N2327: Sílice coloidal de 20 nm, obtenida como Nalco 2327 de Nalco Chemical Company.

ST-20L Sílice coloidal de 45 nm, obtenida como SNOWTEX ST-20L de Nissan Chemical Company.

ST-UP Sílice coloidal alargada de 40-100 nm x 9-15 n, obtenida con la designación comercial SNOWTEX UP-10 de Nissan Chemical America Corporation, de Houston, Texas.

TEOS: Ortosilicato de tetraetilo, comercializado por Aldrich Chemical Co., Milwaukee, Wisconsin.

VTMOS: Viniltrimetoxisilano, obtenido de Huls America, Inc., Bristol, Pensilvania.

Las soluciones hidrófilas utilizadas para tratar los paneles de ensayo descritos en la presente memoria se prepararon del siguiente modo:

#### Solución A

A un matraz de fondo redondo de 1 litro agitado equipado con agitador, termómetro y condensador se añadieron 12,67 g de alcohol isopropílico seguido de 0,42 g de ortosilicato de tetraetilo y 0,08 g de viniltrimetoxisilano. A

## ES 2 690 362 T3

5 continuación se añadió una solución al 10 por ciento en peso (% en peso) de acetilacetato de aluminio en metanol (0,16 g) con agitación. Después, una mezcla de 81,25 g de agua desionizada y 1,5 g de ácido clorhídrico 1,0 N se añadió lentamente con agitación continua. Finalmente, se añadieron 3,92 g de N1115 gota a gota a la mezcla. Con agitación continua, la temperatura del matraz se elevó a 60 °C durante 4 horas. A continuación, se retiró el calor y se dejó enfriar el contenido del matraz.

### Solución B

10 Se preparó una suspensión de sílice coloidal a 1,0 % en peso mezclando 4,67 g de N1115 con 1,5 g de ST-20L con agitación. Se añadió a la mezcla una premezcla de 92,3 g de agua desionizada y 1,5 g de ácido clorhídrico 1 N con agitación rápida para ajustar el pH hasta aproximadamente 3,0.

### Solución C

15 Se preparó una suspensión de sílice coloidal a 1,0 % en peso mezclando 4,67 g de N1115 con 75 g de N2327 con agitación. Se añadió a la mezcla una premezcla de 93,1 g de agua desionizada y 1,5 g de ácido clorhídrico 1 N con agitación rápida para ajustar el pH hasta aproximadamente 3,0.

### Solución D

20 Se preparó una suspensión de sílice coloidal a 1,0 % en peso mezclando 4,67 g de N1115 con 1,5 g de ST-UP con agitación. Se añadió a la mezcla una premezcla de 92,3 g de agua desionizada con 1,5 g de ácido clorhídrico 1 N con agitación rápida para ajustar el pH hasta aproximadamente 3,0.

### 25 Procedimientos de ensayo

#### Ensayo de retención de suciedad húmeda

30 Para emular las condiciones de salpicaduras o gotículas en carretera, los paneles de ensayo se sometieron a ensuciamiento de la siguiente forma. Una suspensión acuosa a 2 % en peso de un material de ensuciamiento, obtenido como STANDARD CARPET DRY SOIL, n.º de pieza SPS-2001 de 3M Company se pulverizó sobre un panel de ensayo durante 2 segundos a 20 psi (137,9 kPa) por medio de una boquilla pulverizadora 3M BODY SCHUTZ APPLICATOR GUN, n.º de pieza 08997, de 3M Company, con la punta de la boquilla a aproximadamente 29 pulgadas (73,66 cm) del panel. La mezcla de agua/suciedad se mantuvo agitada en un tanque que medía 32 pulgadas x 35 15 pulgadas x 10,5 pulgadas (81 cm x 38 cm x 27 cm). El panel se retiró y se secó durante 5 minutos a 50 °C; después de lo cual, se repitieron las etapas de pulverización de la suciedad y secado. El panel de ensayo se introdujo después en un tanque de agua separado que medía 33 pulgadas x 16 pulgadas x 14 pulgadas (84 cm x 41 cm x 36 cm), se limpió mediante pulverización con agua corriente a 60 psi (413,7 kPa) durante 5 segundos con la punta de la boquilla a una distancia de 32 pulgadas (81 cm) desde el panel, se secó durante 5 minutos a 50 °C, y después se tomaron 40 imágenes que se analizaron según el procedimiento de análisis por escala de grises (más adelante) para determinar la cantidad de suciedad retenida después de las etapas de ensuciamiento y limpieza. El brillo a 85° se midió en un panel representativo de cada ejemplo seleccionado, y se calculó la reducción en el brillo a 85° debido a la suciedad retenida sobre la superficie del panel de ensayo. Este valor se notifica en la Tabla 3 como % de reducción en el brillo a 85°.

#### 45 Ensayo de retención de suciedad

50 Diez gramos de STANDARD CARPET DRY SOIL, n.º de pieza SPS 2001 de 3M Company, se mezcló de manera homogénea en un recipiente de un litro con 200 gramos de perlas de vidrio, obtenidas como AASHTO M247 TYPE I GLASS BEADS de Flexolite, Inc., St. Louis, Missouri. Después, la mezcla y el panel de ensayo se dejaron equilibrar durante 24 horas a 25 °C/50 % de humedad relativa. Después, el panel de ensayo se sumergió completamente en la mezcla de suciedad, se agitó manualmente durante 30 segundos, se retiró el panel, y se golpeó en un extremo para eliminar la suciedad poco unida. A continuación, se evaluó la transmisividad del panel.

#### 55 Ensayo de retención de polvo

60 Un recipiente de un litro se llenó parcialmente con un polvo de ensayo normalizado de 0-20 µm comercializado como 12103-1 AI ULTRAFINE DUST por Powder Technology, Inc., Burnsville, Minnesota. El panel de ensayo y el polvo de ensayo se equilibraron durante 24 horas a 25 °C/50 % de humedad relativa. Después, el panel se sumergió en el polvo de ensayo, se agitó manualmente durante 30 segundos, se retiró del recipiente y se golpeó en un extremo para eliminar el polvo suelto. Después, los paneles se evaluaron para determinar la trasmisividad, o se obtuvieron imágenes y se analizaron según el procedimiento de análisis por escala de grises (a continuación) para determinar la cantidad de suciedad retenida después de las etapas de ensuciamiento y limpieza.

## Análisis por escala de grises

## 1. Ensayo de retención de suciedad húmeda

5 Los paneles de ensayo TPI se sometieron al ensayo de suciedad húmeda descrito anteriormente, se secaron y se fotografiaron como se describe a continuación. Como los paneles de ensayo TPI son negros, cualquier suciedad residual en la superficie tiene un tono más claro y, por lo tanto, presenta un valor en la escala de grises superior al fondo negro. El análisis de imágenes de los paneles de ensayo proporciona posteriormente una distribución de valores en escala de grises relacionados con la suciedad residual. Cada distribución de escala de grises, en forma de un histograma de cuentas comparado con el valor de escala de grises, se puede analizar para la media de la distribución, así como la desviación estándar. El valor medio se refiere a la cantidad de suciedad restante; los valores numéricos superiores a la media de la distribución se refieren a la cantidad de suciedad restante. El valor de la desviación estándar se refiere a la homogeneidad visual de la muestra, los valores más altos de la desviación estándar se refieren a distribuciones menos homogéneas que tienen un aspecto más sucio. Para una mayor precisión, se determinó la desviación estándar combinada, tomada por ejemplo de tres paneles. Cuanto menor sea el valor combinado, más uniforme y aceptable visualmente será el panel. Por el contrario, una desviación estándar combinada grande representa un aspecto visual no uniforme y no homogéneo, que es menos deseable.

20 Se tomaron imágenes digitales (3008 x 2000 píxeles) de la superficie del panel de ensayo con una cámara Nikon D70s (Nikon Corp, Tokio, Japón) equipada con una lente de zoom IF-ED AF-S DX 18-70 mm. La iluminación del escenario se proporcionó con una Polaroid MP-4 Land Camera stage (Polaroid Corp., Norwood, Massachusetts) con brazos de iluminación en ambos lados ajustados en un ángulo de aproximadamente 45°. Cuatro bombillas de luz incandescente de 150 W se elevaron a aproximadamente 15° con respecto al ángulo del brazo, para un ángulo global de incidencia de aproximadamente 60 grados sobre el panel, con una caja de difusión de la luz alrededor del escenario, y la lente de la cámara 20 cm de la plataforma del escenario. El análisis por escala de grises de una sección representativa de 1600 x 1100 píxeles de la imagen fotográfica se analizó mediante un programa informático de dominio público ImageJ (disponible de U.S. National Institute for Health, Bethesda, Maryland). Los valores de escala de grises iban de 0 (más negro) a 255 (más blanco). El elevado valor de "cola" de las distribuciones descritas anteriormente (sumatorio de los valores entre 100 y 255) también se calculó a partir de los datos recogidos y se notifican en la Tabla 3 como los Recuentos 100-255. Cuanto menor sea este valor, menos suciedad permanece después del enjuague. La desviación estándar combinada se notifica en la Tabla 3.

## 2. Del ensayo de retención de polvo

35 De manera similar al ensayo de retención de suciedad húmeda anteriormente descrito, los paneles de ensayo TPI se trataron tal como se describe y después se sometieron a ensayos de polvo seco y se fotografiaron. Se realizó la misma rutina para análisis por escala de grises a partir de las imágenes digitales y la media, los recuentos de 100-255 y la desviación estándar combinada se notifican en la Tabla 4.

## 40 Brillo

El brillo se midió con un reflectómetro modelo 4601 HAZE-GLOSS REFLECTOMETER de Byk Gardner USA, Inc., Columbia, Maryland. Se tomaron tres lecturas por panel y se registró el promedio. El brillo se midió a 20°, 60° y/o 85°. Se midió el brillo de los paneles limpios y se notificó en la tabla 2.

## 45 Transmisividad

La transmisividad de los paneles de TP2 se midió usando un espectrofotómetro digital BPI DUAL COMPUTER-CAL II UV/visible de Brain Power Incorporated, Miami, Florida. Salvo en el Ejemplo 28, se tomaron cuatro lecturas en cada panel, en donde se ensayaron tres paneles para cada Ejemplo, y se promediaron las 12 mediciones resultantes. Con respecto al Ejemplo 12, solo se realizaron dos paneles, lo que dio como resultado un promedio de 8 mediciones.

Rugosidad superficial  $R_a$  y Asimetría  $R_{sk}$ 

55 Las mediciones de perfilometría de la superficie se obtuvieron usando un perfilómetro óptico Wyko NT3300 de Veeco Instruments Inc., Plainview, New Jersey. Los ajustes usados fueron: 1x velocidad de la interferometría de barrido vertical, resolución completa, umbral de modulación 2 %, objetivo 50x con campo visual 0,5 para generar una zona del mapa topográfico de 186 x 244  $\mu\text{m}^2$ . Se realizaron cuatro mediciones por panel y se registró el promedio.

## 60 Ejemplo comparativo A

Se limpió un panel TPI con un champú de automoción, obtenido como 3M CAR WASH SOAP, n.º de pieza 39000 de 3M Company, según las instrucciones del fabricante. A continuación el panel se enjuagó con agua y se secó con un paño. El panel y el abrasivo se pulverizaron con 5 - 10 gramos de agua y después el panel se desgastó durante aproximadamente 60 segundos de forma uniforme con la lijadora DYNORBITAL equipada con una almohadilla de respaldo, y una almohadilla de interfase, utilizando un disco abrasivo P5000. Después del lijado, el panel se limpió con una toallita de papel

## ES 2 690 362 T3

y después se cortó en secciones de 3 por 4 pulgadas (7,62 por 10,16 cm). Cada sección se lavó con el champú de automoción, se enjuagó una vez con agua del grifo, se enjuagó una vez con agua desionizada y se dejó secar a 21 °C.

Ejemplo comparativo B

5 Se repitió el procedimiento general descrito en el Ejemplo Comparativo A, en donde el disco abrasivo P5000 se sustituyó por uno P3000.

Ejemplos comparativos C-F

10 Se repitió el procedimiento general descrito en el Ejemplo Comparativo A, en donde el panel y el abrasivo no se pulverizaron con agua y el disco abrasivo P5000 se sustituyó de la siguiente forma: Ejemplo comparativo C = P1200; Ejemplo comparativo D = P1000; Ejemplo comparativo E = P800; y Ejemplo comparativo F = P600.

15 Ejemplo 1

20 Se repitió el Ejemplo comparativo A, excepto que, después del secado, se trataron tres secciones de 3 por 4 pulgadas (7,62 por 10,16 cm) con solución A de la siguiente forma. Se aplicaron aproximadamente 1-2 ml de Solución A gota a gota a la superficie del panel, y la solución se limpió a continuación de forma uniforme en toda la superficie del panel pero manteniendo una película húmeda utilizando un paño limpiador de microfibra comercializado como 3M DETAILING CLOTH, n.º de pieza 06017 de 3M Company. La película húmeda se secó después de aproximadamente 5 minutos a 21 °C, y después se dejó secar el panel durante 16- 24 horas a 21 °C antes de la prueba.

Ejemplo 2

25 Se repitió el Ejemplo 1, salvo que el panel TP1 se desgastó como en el Ejemplo comparativo B.

Ejemplo 3

30 Se repitió el Ejemplo 1, salvo que el panel TP1 se desgastó como en el Ejemplo comparativo C.

Ejemplo 4

35 Se repitió el Ejemplo 1, salvo que se utilizó la Solución B en lugar de la Solución A.

Ejemplo 5

Se repitió el Ejemplo 1, salvo que se utilizó la Solución C en lugar de la Solución A.

40 Ejemplo 6

Se repitió el Ejemplo 1, salvo que se utilizó la Solución D en lugar de la Solución A.

Ejemplo 7

45 Se repitió el Ejemplo 1, salvo que el panel TP1 se desgastó como en el Ejemplo comparativo D.

Ejemplo 8

50 Se repitió el Ejemplo 1, salvo que el panel TP1 se desgastó como en el Ejemplo comparativo E.

Ejemplo 9

55 Se repitió el Ejemplo 1, salvo que el panel TP1 se desgastó como en el Ejemplo comparativo F.

Ejemplo comparativo G

60 Se preparó un panel TP1 como se describe en el Ejemplo comparativo C, excepto que después del secado a 21 °C, las secciones del panel se trataron con una cera de automoción, obtenida con la designación comercial MEGUIAR'S 21 MIRROR GLAZE de 3M Company, según las instrucciones del fabricante.

Ejemplo comparativo H

65 Se preparó un panel TP1 como se describe de forma general en el Ejemplo comparativo A, excepto que se sustituyó la lijadora con disco abrasivo P5000 de 6 pulgadas (15,24 cm), almohadilla de interfase y almohadilla de respaldo por la lijadora/pulidora DW849 y la almohadilla para la composición de 8 pulgadas (20,32 cm), y el panel se pulió durante

30 segundos con 18 gramos de compuesto de frotación disponible como PERFECT-IT RUBBING COMPOUND, n.º de pieza 06095, de 3M Company. Después, el panel se pulió durante 30 segundos más después de aplicar 15 gramos más de compuesto de frotación al panel, después de lo cual el panel se limpió con un adhesivo para automoción y un limpiador de alquitrán, también obtenido de 3M Company, y se lavó con jabón para el lavado de automóviles 3M.

5 Ejemplo 10

Se preparó un panel como se describe en el Ejemplo comparativo H, excepto que después de la etapa de composición, se trataron tres secciones de 3 por 4 pulgadas (7,62 por 10,16 cm) del panel con la solución A.

10 Ejemplo comparativo I

Un panel TP1 se lavó con el jabón para el lavado de automóviles 3M como en el Ejemplo comparativo A, se enjuagó una vez con agua del grifo, una vez con agua desionizada, se dejó secar a 21 °C, después de lo cual se recortaron del panel tres secciones de 3 por 4 pulgadas (7,62 por 10,16 cm).

15 Ejemplo comparativo J

Se repitió el Ejemplo comparativo 1, excepto que después de la etapa de secado, se trataron tres secciones de 3 por 4 pulgadas (7,62 por 10,16 cm) del panel con Solución A.

Ejemplo comparativo K

25 Se retiró el revestimiento protector de una cara de un panel TP2, y la superficie expuesta del panel se desgastó y se limpió como se describe en el Ejemplo comparativo A, excepto que el disco abrasivo P5000 se sustituyó por uno P1500. Después, el revestimiento protector se retiró del lado opuesto del panel y se recortaron del panel tres secciones de 3 por 4 pulgadas (7,62 por 10,16 cm).

30 Ejemplo 11

Se preparó un panel como en el Ejemplo comparativo K, excepto que durante el paso de abrasión, se reemplazaron aproximadamente 10 ml de agua con la solución A que se aplicó al disco abrasivo y la superficie del panel.

35 Ejemplo 12

Se preparó un panel como se describe generalmente en el Ejemplo comparativo K, excepto que después de la etapa de secado, cada pieza del panel se trató con Solución A.

40 Se recoge en la Tabla 1 (siguiente) un resumen de los diferentes tratamientos usados para preparar los Ejemplos y los Ejemplos comparativos.

Tabla 1

EJEMPLO	PANEL	SUPERFICIE PREPARACIÓN	SUPERFICIE TRATAMIENTO
Ejemplo comparativo A	TP1	P5000	Ninguno
Ejemplo 1	TP1	P5000	Solución A
Ejemplo comparativo B	TP1	P3000	Ninguno
Ejemplo 2	TP1	P3000	Solución A
Ejemplo comparativo C	TP1	P1200	Ninguno
Ejemplo 3	TP1	P1200	Solución A
Ejemplo 4	TP1	P1200	Solución B
Ejemplo 5	TP1	P1200	Solución C
Ejemplo 6	TP1	P1200	Solución D
Ejemplo comparativo D	TP1	P1000	Ninguno
Ejemplo 7	TP1	P1000	Solución A
Ejemplo comparativo E	TP1	P800	Ninguno
Ejemplo 8	TP1	P800	Solución A
Ejemplo comparativo F	TP1	P600	Ninguno
Ejemplo 9	TP1	P600	Solución A
Ejemplo comparativo G	TP1	P1200	Cera de automóvil
Ejemplo comparativo H	TP1	Compuesto pulidor	Ninguno
Ejemplo 10	TP1	Compuesto pulidor	Solución A

ES 2 690 362 T3

Ejemplo comparativo I	TP1	Champú de automoción	Ninguno
Ejemplo comparativo J	TP1	Champú de automoción	Solución A
Ejemplo comparativo K	TP2	P1500	Ninguno
Ejemplo 11	TP2	P1500 + Solución A aplicada durante lijado	
Ejemplo 12	TP2	P1500	Solución A

Los resultados de los ensayos según los procedimientos de ensayo mencionados anteriormente para los Ejemplos 1-12 y los Ejemplos comparativos A-K se notifican en las Tablas 2-5 (siguientes), en donde “NM” significa “no medido”.

5 Tabla 2

EJEMPLO	DESGASTADO - SIN REVESTIR RUGOSIDAD		BRILLO, unidades de brillo		
	$R_a$ , nm	$R_{sk}$	20°	60°	85°
Ejemplo comparativo A	194	-0,74	5,3	36,1	91,5
Ejemplo 1	194	-0,74	6,1	39,2	92,4
Ejemplo comparativo B	221	-1,03	1,5	20,0	86,8
Ejemplo 2	221	-1,03	2,1	24,5	87,5
Ejemplo comparativo C	356	-0,61	0,4	6,8	74,1
Ejemplo 3	356	-0,61	0,4	7,3	75,0
Ejemplo 4	356	-0,61	0,3	7,0	74,3
Ejemplo 5	356	-0,61	0,2	5,5	71,5
Ejemplo 6	356	-0,61	0,4	7,5	71,8
Ejemplo comparativo D	385	-0,56	0,2	4,3	67,0
Ejemplo 7	385	-0,56	0,2	5,4	72,5
Ejemplo comparativo E	534	-0,35	0,1	2,5	53,2
Ejemplo 8	534	-0,35	0,1	3,0	55,8
Ejemplo comparativo F	598	-0,62	0,1	3,0	56,4
Ejemplo 9	598	-0,62	0,1	3,5	58,2
Ejemplo comparativo G	356	356	1,6	19,0	NM
Ejemplo comparativo H	11,7	-0,39	72,3	86,4	96,4
Ejemplo 10	11,7	-0,39	68,0	84,8	98,0
Ejemplo comparativo I	8,0	0,46	89,7	93,8	99,2
Ejemplo comparativo J	8,0	0,46	85,8	92,6	98,7
Ejemplo comparativo K	268	-0,83	4,9	13,7	66,2
Ejemplo 11	274*	-0,33	5,6	14,6	70,8
Ejemplo 12	268	-0,83	6,5	16,5	71,2

\* El Ejemplo 11 se desgasta con la solución de revestimiento presente y, por tanto la  $R_a$  no es una rugosidad de la superficie sin revestir, sino un valor de rugosidad de la superficie revestida.

10 Tabla 3

EJEMPLO	ENSAYO DE RETENCIÓN DE SUCIEDAD HÚMEDA		
	Recuentos 100 - 225	Dev. Est. combinada	% Reducción de brillo 85°
Ejemplo comparativo A	10.200	14,5	32,2
Ejemplo 1	510	4,3	22,6
Ejemplo comparativo B	3.520	9,9	24,2

Ejemplo 2	225	4,2	17,6
Ejemplo comparativo C	3.110	10,5	32,9
Ejemplo 3	240	4,8	19,6
Ejemplo 4	230	6,2	NM
Ejemplo 5	90	4,1	NM
Ejemplo 6	510	5,3	NM
Ejemplo comparativo D	1.250	6,8	19,5
Ejemplo 7	270	5,0	10,2
Ejemplo comparativo E	390	4,7	28,4
Ejemplo 8	170	4,5	21,9
Ejemplo comparativo F	5.660	6,3	27,8
Ejemplo 9	340	4,1	20,5
Ejemplo comparativo G	242.910	32,1	NM
Ejemplo comparativo H	51.820	27,6	50,4
Ejemplo 10	400	5,6	27,0
Ejemplo comparativo I	108.600	30,6	53,4
Ejemplo comparativo J	920	7,4	29,4

Tabla 4

EJEMPLO	ENSAYO DE RETENCIÓN DE POLVO		
	Media	Recuentos 100 - 225	Desv. Est. combinada
Ejemplo comparativo A	23,0	3.380	6,6
Ejemplo I	5,0	13	2,0
Ejemplo comparativo B	19,3	3.400	7,3
Ejemplo 2	6,1	30	2,6
Ejemplo comparativo C	17,8	160	3,5
Ejemplo 3	7,3	245	3,2
Ejemplo comparativo H	22,2	2.420	6,1
Ejemplo 10	1,5	5	1,8
Ejemplo comparativo I	16,1	2.180	7,2
Ejemplo comparativo J	2,3	725	4,0

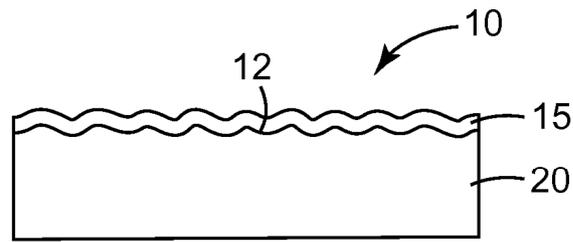
5 Tabla 5

EJEMPLO	TRANSMISIVIDAD					
	CONTROL DE PANEL LIMPIO		ENSAYO DE RETENCIÓN DE POLVO		ENSAYO DE RETENCIÓN DE SUCIEDAD	
	Visible	Envejecimiento	Visible	Envejecimiento	Visible	Envejecimiento
Ejemplo comparativo K	85,3	44,0	54,8	33,1	41,8	22,0
Ejemplo 11	84,5	41,8	71,6	38,7	65,3	33,0
Ejemplo 12	87,5	43,3	85,0	43,9	80,3	41,5

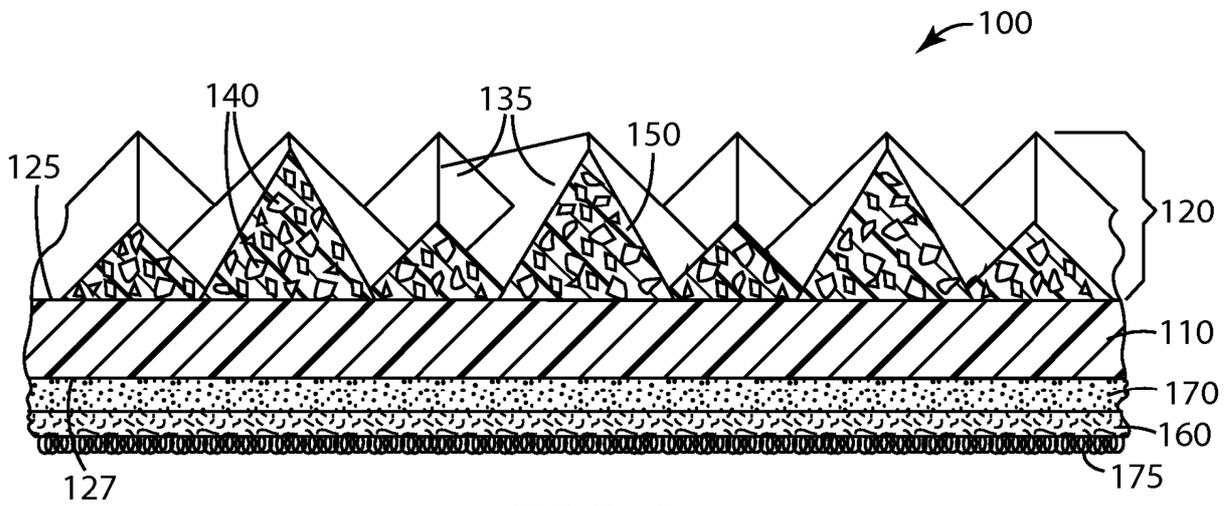
El alcance de la invención se define según las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

- 5
1. Un método para proporcionar un revestimiento de laminado de agua fácil de limpiar sobre un sustrato, comprendiendo el método las etapas de:
- 10
- a) desgastar al menos una parte de una superficie de un sustrato usando un artículo abrasivo para proporcionar una superficie desgastada que tenga una rugosidad superficial  $R_a$  en un intervalo de 10 nanómetros a 3500 nanómetros;
- b) poner en contacto una composición que forma un revestimiento con al menos una parte de la superficie desgastada, en donde la composición que forma un revestimiento comprende partículas de sílice, y en donde las partículas de sílice tienen un tamaño de partículas promedio de 100 nm o menos, en donde las etapas a) y b) se llevan a cabo simultáneamente; y
- 15
- c) eliminar al menos parcialmente agua de la composición que forma un revestimiento para proporcionar el revestimiento de laminado de agua fácil de limpiar sobre el sustrato.
2. El método según la reivindicación 1, en donde la rugosidad superficial  $R_a$  está en un intervalo de 100 a 1000 nanómetros.
- 20
3. El método de la reivindicación 2, en donde la rugosidad superficial  $R_a$  está en un intervalo de 200 nanómetros a 600 nanómetros.



**FIG. 1**



**FIG. 2**