

ADITIVO HIDROFÓBICO Y PROCESOS PARA FABRICAR EL MISMO

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reclama el beneficio de y la prioridad de la Solicitud de EE. UU. No. 63/230,450, presentada el 6 de agosto de 2021, titulada “ADITIVO HIDROFÓBICO Y PROCESOS PARA FABRICAR EL MISMO”, cuya divulgación se incorpora por la presente como referencia en su totalidad.

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

Los presentes sistemas y procesos se refieren generalmente a aditivos hidrofóbicos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 Un método común para mejorar las capacidades de impermeabilización del hormigón es el uso de un aditivo impermeabilizante. Por ejemplo, se puede mezclar un aditivo hidrofóbico con hormigón fresco y, después del vertido, proporcionar resistencia al agua al hormigón. Los aditivos impermeabilizantes generalmente se caracterizan por dos modos de reducción de la penetración del agua, actividad de cristalización y efectos hidrófobos y de bloqueo de poros (HPI por sus siglas en inglés). La actividad de cristalización puede ocurrir cuando los químicos en el aditivo reaccionan con la humedad del hormigón fresco y con los subproductos de la hidratación del cemento para generar una formación cristalina insoluble en los poros y capilares. Los aditivos HPI normalmente producen propiedades repelentes al agua en el hormigón al cambiar la tensión superficial de los hidratos de cemento y las superficies capilares presentes en el material. Cuando el hormigón experimenta presión hidrostática, el aditivo HPI puede obstruir físicamente los capilares, evitando así la intrusión de humedad. Los enfoques anteriores para impermeabilizar materiales de construcción se han basado en polímeros y moléculas orgánicas complejas que pueden ser costosas de obtener y mantener y pueden experimentar una eficacia decreciente con el tiempo (por ejemplo, envejecimiento) debido a la descomposición de uno o más componentes.

Por lo tanto, existe una necesidad sentida desde hace mucho tiempo, pero no resuelta de un aditivo eficaz para impermeabilizar materiales de construcción.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Brevemente descritos, y de acuerdo con una modalidad, los aspectos de la presente

divulgación se relacionan generalmente con aditivos hidrofóbicos y procesos para fabricar y usar los mismos.

De acuerdo con una modalidad, los aditivos hidrofóbicos descritos en el presente documento demuestran propiedades hidrófobas significativas y, por lo tanto, pueden ser útiles para transmitir propiedades impermeables o resistentes al agua a materiales en los que se mezclan los aditivos hidrofóbicos. En diversas modalidades, la presente divulgación proporciona procesos para preparar un aditivo hidrofóbico a partir de los ingredientes descritos en el presente documento. En al menos una modalidad, el proceso modifica la humectabilidad de uno o más ingredientes y, de ese modo, crea un aditivo hidrofóbico que demuestra propiedades hidrófobas significativas. El aditivo hidrofóbico puede estar en cualquier forma adecuada, incluyendo, pero no limitado a, un polvo, un sólido aglomerado o una suspensión líquida.

En una o más modalidades, los procesos descritos en el presente documento transforman las características físicas de uno o más ingredientes, tales como, por ejemplo, rugosidad de la superficie, tamaño de grano, tamaño de cristal, estructura jerárquica y unión. En diversas modalidades, el aditivo hidrofóbico incluye, pero no se limita a, dióxido de titanio, grafito, carbonato de calcio, estearato de calcio, carbonato de magnesio y agua.

Los presentes aditivos hidrofóbicos pueden demostrar propiedades hidrófobas y repeler la absorción capilar. Los presentes aditivos hidrofóbicos pueden incluir nanopartículas, tales como nanopartículas de dióxido de titanio. En una o más modalidades, los procesos de fabricación de aditivos hidrofóbicos descritos en el presente documento aumentan la rugosidad de la superficie de las nanopartículas para aumentar la hidrofobicidad en estructuras jerárquicas que las incorporan. Además de los efectos hidrofóbicos, los presentes aditivos hidrofóbicos pueden reducir la absorción de cloruros mixtos en la humedad. La reducción de la absorción de cloruros mixtos puede reducir la corrosión de estructuras metálicas. Por ejemplo, la fabricación de hormigón suele incluir el vertido de hormigón sobre estructuras de barras de refuerzo metálicas. En este ejemplo, el presente aditivo hidrofóbico se puede introducir en el hormigón durante el mezclado y eventualmente producir una estructura de hormigón con fuertes propiedades hidrófobas, baja absorción capilar y corrosión reducida de la subestructura de barras de refuerzo metálicas. Los aditivos anteriores pueden depender de una reacción química entre sus polvos y el agua para formar cristales dentro de las redes porosas de las estructuras de hormigón; sin embargo, tales enfoques pueden no lograr sellar completamente las redes porosas debido a una cristalización incompleta o

insuficiente (por ejemplo, o disolución posterior de las estructuras cristalinas) y a la falta general de propiedades hidrófobas. Por el contrario, los presentes aditivos hidrofóbicos demuestran propiedades hidrófobas que repelen activamente el agua y se oponen a la absorción capilar de agua y cloro. Además, los presentes aditivos hidrofóbicos pueden producir inmediatamente efectos hidrófobos y anticapilares cuando se introducen en un material de construcción, a diferencia de enfoques anteriores basados en polímeros o cristalización que pueden requerir tiempos de curado sustanciales para infiltrarse y bloquear las redes porosas del material de construcción.

En diversas modalidades, los presentes aditivos hidrofóbicos demuestran estabilidad en el tiempo debido a la fuerza de unión de las partículas cuando se mezclan con materiales de construcción, tales como cemento, agregados y agua. En una o más modalidades, la estabilidad temporal de los presentes aditivos hidrofóbicos puede extender su desempeño más allá de la vida útil típica de otros materiales impermeabilizantes que dependen de polímeros o precursores de cristalización, que pueden degradarse con el tiempo y, por lo tanto, reducir el desempeño de impermeabilización.

Un proceso para crear el aditivo hidrofóbico puede incluir mezclar, en una o más proporciones descritas en el presente documento, grafito, dióxido de titanio y agua. El proceso puede incluir calentar en el microondas la mezcla de grafito, dióxido de titanio y agua durante un período de tiempo predeterminado, tal como, por ejemplo, 18 minutos. El microondas puede sustituirse por cualquier método de calentamiento adecuado, como el calentamiento por convección. En diversas modalidades, el proceso de microondas y mezclado aumenta el tamaño del cristal del grafito, reduce el tamaño del grano del dióxido de titanio y hace que las nanopartículas de dióxido de titanio se unan a los cristales de grafito (por ejemplo, o a una lámina formada a partir de los mismos), produciendo así una estructura jerárquica con propiedades hidrofóbicas. En una o más modalidades, las nanopartículas de dióxido de titanio generan bolsas de aire dentro de la estructura jerárquica que repelen el agua. En al menos una modalidad, las nanopartículas de dióxido de titanio (por ejemplo, y/u otros materiales agregados en pasos posteriores) aumentan la rugosidad de la superficie de la estructura jerárquica, aumentando así las propiedades hidrófobas.

Después de la primera iteración del microondas, el proceso puede incluir la formación de una segunda mezcla mezclando carbonato de calcio y carbonato de magnesio en la mezcla de grafito, dióxido de titanio y agua. El proceso puede incluir calentar en el microondas la segunda mezcla durante un segundo período de tiempo predeterminado, tal como, por

ejemplo, 20 minutos. Durante el enfriamiento de la segunda mezcla, el proceso puede incluir formar el aditivo hidrofóbico final añadiendo estearato de calcio a la segunda mezcla.

En diversas modalidades, los aditivos hidrofóbicos descritos en el presente documento demuestran propiedades retardantes del fuego. En una o más modalidades, el aditivo hidrofóbico se puede introducir en un material (por ejemplo, o una mezcla de ingrediente(s) para producir el material) para reducir la inflamabilidad del material (o un material resultante). En al menos una modalidad, un proceso para producir paneles de yeso ignífugos incluye introducir el aditivo hidrofóbico en materiales precursores de paneles de yeso (por ejemplo, yeso, madera contrachapada, pulpa de madera, papel y/u otros ingredientes). Se realizaron pruebas experimentales en muestras de paneles de yeso tratadas y sin tratar. Las muestras de paneles de yeso tratados incluyen aproximadamente un 90 % en peso de yeso y aproximadamente un 10 % en peso de una modalidad del presente aditivo hidrofóbico. Las pruebas experimentales demostraron que los paneles de yeso tratados con aditivos hidrofóbicos presentan un mayor tiempo para encenderse (por ejemplo, menor inflamabilidad) y una velocidad de combustión más lenta en comparación con los paneles de yeso sin tratar. Las pruebas del ángulo de contacto de las gotas también confirmaron que la superficie del panel de yeso tratado con un aditivo hidrofóbico es más hidrófoba en comparación con la pared de yeso sin tratar.

De acuerdo con un primer aspecto, un aditivo hidrofóbico que comprende: A) dióxido de titanio en aproximadamente 1-15 % en peso del aditivo hidrofóbico; B) grafito en aproximadamente 1-35 % en peso del aditivo hidrofóbico; C) carbonato de calcio en aproximadamente 25-75 en peso del aditivo hidrofóbico; D) estearato de calcio en aproximadamente 15-25 % en peso del aditivo hidrofóbico; E) carbonato de magnesio en aproximadamente 0-10 % en peso del aditivo hidrofóbico; y F) agua en aproximadamente 1-10 % en peso del aditivo hidrofóbico.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el dióxido de titanio y el grafito se sometieron a un proceso de mezcla y microondas.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde un paso de microondas del proceso de mezcla y microondas se realizó en presencia de al menos un elemento absorbente de calor.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o

cualquier otro aspecto, en donde el microondas se realizó en presencia de tres elementos absorbentes de calor.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde los tres elementos absorbentes de calor están dispuestos equidistantes alrededor del dióxido de titanio y el grafito durante el microondas.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde la mezcla reduce el tamaño de grano del dióxido de titanio.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde la mezcla reduce el tamaño de grano del dióxido de titanio en aproximadamente un 18 %.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el microondas aumenta el tamaño del cristal del grafito.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el microondas aumenta el tamaño del cristal del grafito en aproximadamente un 12 %.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el grafito comprende un tamaño de cristal previo al microondas de aproximadamente 27,23 nm y un tamaño de cristal posterior al microondas de aproximadamente 30,45 nm.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde la mezcla disminuye el tamaño de grano del grafito.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde la mezcla disminuye el tamaño de grano del grafito en aproximadamente un 42 %.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el microondas aumenta el tamaño del cristal del dióxido de titanio.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el microondas aumenta el tamaño del cristal de dióxido de

titanio en aproximadamente un 45 %.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde: A) el dióxido de titanio, el grafito, el carbonato de calcio y el carbonato de magnesio se sometieron a un segundo proceso de microondas y mezclado; y
5 B) el segundo proceso de microondas y mezclado aumenta el tamaño del cristal del dióxido de titanio en aproximadamente un 5 %.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el dióxido de titanio comprende un tamaño de cristal previo al microondas de aproximadamente 20,46 nm y un tamaño de cristal posterior al microondas
10 de aproximadamente 29,72 nm.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el grafito comprende un tamaño de grano de aproximadamente 134 pm.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el dióxido de titanio comprende un tamaño de grano de
15 aproximadamente 93 nm.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde: A) el dióxido de titanio comprende nanocristales aglomerados; y B) al menos una porción de los nanocristales aglomerados están unidos al
20 grafito.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del primer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el aditivo hidrofóbico comprende: A) el dióxido de titanio al 10 % en peso del aditivo hidrofóbico; B) el grafito en un porcentaje en peso de aproximadamente 30 % en peso del aditivo hidrofóbico; C) el carbonato de calcio en un
25 porcentaje en peso de aproximadamente 30 en peso del aditivo hidrofóbico; D) el estearato de calcio en un porcentaje en peso de aproximadamente 20 en peso del aditivo hidrofóbico; E) el carbonato de magnesio en un porcentaje en peso de aproximadamente 5 % en peso del aditivo hidrofóbico; y F) el agua en un porcentaje en peso de aproximadamente 5 % en peso del aditivo hidrofóbico

30 De acuerdo con un segundo aspecto, un aditivo hidrofóbico, que comprende: A) dióxido de titanio; B) grafito; C) una sal de calcio; D) estearato de calcio; E) carbonato de

magnesio; y F) agua, en donde la proporción entre el óxido de titanio y el grafito está entre aproximadamente 1:2 y 1:10.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del segundo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde la proporción de dióxido de titanio a grafito es
5 aproximadamente 1:3.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del segundo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde una proporción de dióxido de titanio a sal de calcio está entre aproximadamente 1:3 y 1:1000.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del segundo aspecto o
10 cualquier otro aspecto, en donde la proporción entre dióxido de titanio y estearato de calcio está entre aproximadamente 1:2 y 1:300.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del segundo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde la sal de calcio se selecciona del grupo que comprende o consiste en: carbonato de calcio, fosfato de calcio y oxalato de calcio.

15 De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del segundo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde la sal de calcio es carbonato de calcio.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del segundo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde una proporción de óxido de titanio a carbonato de magnesio está entre aproximadamente 1:1 y 10:1.

20 De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del segundo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde la proporción de dióxido de titanio a carbonato de magnesio es aproximadamente 2:1.

De acuerdo con un tercer aspecto, una mezcla de hormigón, que comprende: A) hormigón; y B) un aditivo hidrofóbico, que comprende: 1) dióxido de titanio; 2) grafito; 3)
25 carbonato de calcio; 4) estearato de calcio; 5) carbonato de magnesio; y C) agua, en donde la proporción entre el óxido de titanio y el grafito está entre aproximadamente 1:2 y 1:10.

De acuerdo con un cuarto aspecto, una mezcla para paneles de yeso, que comprende: A) material de panel de yeso seleccionado del grupo que comprende o consiste en: sulfato de calcio dihidratado, mica y arcilla; y B) un aditivo hidrofóbico, que comprende: 1) dióxido de
30 titanio; 2) grafito; 3) carbonato de calcio; 4) estearato de calcio; 5) carbonato de magnesio; y

C) agua, en donde la proporción entre el óxido de titanio y el grafito está entre aproximadamente 1:2 y 1:10.

De acuerdo con un quinto aspecto, una mezcla precursora para fabricar ladrillos, que comprende: A) un precursor de ladrillo seleccionado del grupo que comprende o consiste en: 5 sílice, alúmina y cal; y B) un aditivo hidrofóbico, que comprende: 1) dióxido de titanio; 2) grafito; 3) carbonato de calcio; 4) estearato de calcio; y 5) carbonato de magnesio; y C) agua, en donde la proporción entre el óxido de titanio y el grafito está entre aproximadamente 1:2 y 1:10.

De acuerdo con un sexto aspecto, una mezcla de hormigón, que comprende: A) al 10 menos un ingrediente de cemento seleccionado del grupo que comprende o consiste en: arena, agregado grueso y cemento; B) un aditivo hidrofóbico, que comprende: 1) dióxido de titanio; 2) grafito; 3) carbonato de calcio; 4) estearato de calcio; y 5) carbonato de magnesio; y C) agua, en donde la proporción entre el óxido de titanio y el grafito está entre aproximadamente 1:2 y 1:10.

De acuerdo con un séptimo aspecto, un material de construcción de mortero, que 15 comprende: A) arena; B) cemento; C) una primera porción de agua; y D) un aditivo hidrofóbico, que comprende: 1) dióxido de titanio; 2) grafito; 3) carbonato de calcio; 4) estearato de calcio; 5) carbonato de magnesio; y 6) una segunda porción de agua, en donde la proporción entre el óxido de titanio y el grafito está entre aproximadamente 1:2 y 1:10.

De acuerdo con un octavo aspecto, un proceso para formar un aditivo hidrofóbico, que 20 comprende: A) formar una primera mezcla que comprende dióxido de titanio y grafito; B) mezclar la primera mezcla para formar una primera mezcla; C) calentar la primera mezcla; D) formar una segunda mezcla que comprende la primera mezcla, carbonato de calcio y carbonato de magnesio; E) mezclar la segunda mezcla para formar una segunda mezcla; F) 25 calentar la segunda mezcla; y G) mezclar la segunda mezcla y estearato de calcio para formar el aditivo hidrofóbico.

De acuerdo con un aspecto adicional, el proceso del octavo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde calentar la primera mezcla comprende calentar la primera mezcla hasta una temperatura superficial de aproximadamente 140 °C.

De acuerdo con un aspecto adicional, el proceso del octavo aspecto o cualquier otro 30 aspecto, en donde calentar la segunda mezcla comprende calentar la segunda mezcla hasta

una temperatura superficial de aproximadamente 175 °C.

De acuerdo con un aspecto adicional, el proceso del octavo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde calentar la segunda mezcla comprende calentar la segunda mezcla hasta una temperatura interna de aproximadamente 180 °C.

5 De acuerdo con un aspecto adicional, el proceso del octavo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde calentar la primera mezcla comprende calentar por microondas la primera mezcla a través de una fuente de microondas de 1250 W.

10 De acuerdo con un aspecto adicional, el proceso del octavo aspecto o cualquier otro aspecto, que comprende además humedecer la primera mezcla antes de calentar la primera mezcla.

De acuerdo con un aspecto adicional, el proceso del octavo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde calentar la primera mezcla comprende: A) calentar la primera mezcla durante aproximadamente 10 minutos; B) enfriar la primera mezcla a temperatura ambiente durante un período de enfriamiento de aproximadamente 1 minuto; C) mezclar la primera
15 mezcla durante el período de enfriamiento; y D) después del período de enfriamiento, calentar la primera mezcla durante aproximadamente 8 minutos.

De acuerdo con un aspecto adicional, el proceso del octavo aspecto o cualquier otro aspecto, que comprende además disponer tres elementos magnéticos equidistantes alrededor de la primera mezcla antes de calentar la primera mezcla y antes de calentar la segunda
20 mezcla.

De acuerdo con un aspecto adicional, el proceso del octavo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde los tres elementos magnéticos están dispuestos en un triángulo.

De acuerdo con un aspecto adicional, el proceso del octavo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde calentar la segunda mezcla comprende: A) calentar la segunda mezcla
25 durante un primer período de aproximadamente 10 minutos; B) enfriar la segunda mezcla a temperatura ambiente durante un período de enfriamiento de aproximadamente 1 minuto; C) mezclar la primera mezcla durante el período de enfriamiento, en donde la mezcla comprende añadir estearato de calcio a la segunda mezcla; y D) después del período de enfriamiento, calentar la segunda mezcla durante un segundo período de aproximadamente 10 minutos.

30 De acuerdo con un aspecto adicional, el proceso del octavo aspecto o cualquier otro

aspecto, en donde la segunda mezcla y el estearato de calcio se mezclan en aproximadamente 1 minuto después del segundo período.

De acuerdo con un aspecto adicional, el proceso del octavo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde la primera mezcla se mezcla durante aproximadamente 1 minuto y la primera mezcla, carbonato de calcio y carbonato de magnesio se mezclan durante aproximadamente 1 minuto.

De acuerdo con un noveno aspecto, un proceso para formar un aditivo hidrofóbico, que comprende: A) formar una primera mezcla que comprende dióxido de titanio y un alótropo de carbono; B) mezclar la primera mezcla para formar una primera mezcla; C) calentar la primera mezcla; D) formar una segunda mezcla que comprende la primera mezcla, una sal de calcio y carbonato de magnesio; E) mezclar la segunda mezcla para formar una segunda mezcla; F) calentar la segunda mezcla; y G) mezclar la segunda mezcla y estearato de calcio para formar el aditivo hidrofóbico.

De acuerdo con un aspecto adicional, el proceso del noveno aspecto o cualquier otro aspecto, en donde la sal de calcio se selecciona del grupo que comprende o consiste en: carbonato de calcio, fosfato de calcio, sulfato de calcio, carbonato de calcio-magnesio y oxalato de calcio.

De acuerdo con un aspecto adicional, el proceso del noveno aspecto o cualquier otro aspecto, en donde la sal de calcio es carbonato de calcio.

De acuerdo con un aspecto adicional, el proceso del noveno aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el alótropo de carbono se selecciona del grupo que comprende o consiste en: grafito, grafenileno, grafito AA' y carbono amorfo.

De acuerdo con un aspecto adicional, el proceso del noveno aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el alótropo de carbono es grafito.

De acuerdo con un décimo aspecto, un proceso para formar un aditivo hidrofóbico, que comprende: A) formar una primera mezcla que comprende dióxido de titanio y un alótropo de carbono; B) mezclar la primera mezcla para formar una primera mezcla; C) calentar la primera mezcla; D) formar una segunda mezcla que comprende la primera mezcla, carbonato de calcio y carbonato de magnesio; E) mezclar la segunda mezcla para formar una segunda mezcla; F) calentar la segunda mezcla; y G) formar el aditivo hidrofóbico mezclando la segunda mezcla y una sal hidrofóbica seleccionada del grupo que comprende o consiste en: estearato de

calcio, estearato de magnesio y estearato de zinc.

De acuerdo con un undécimo aspecto, un material de construcción de estuco, que comprende: A) agregado; B) aglutinante; C) una primera porción de agua; y D) un aditivo hidrofóbico, que comprende: 1) dióxido de titanio; 2) grafito; 3) carbonato de calcio; 4) estearato de calcio; 5) carbonato de magnesio; y 6) una segunda porción de agua, en donde la proporción entre el óxido de titanio y el grafito está entre aproximadamente 1:2 y 1:10.

De acuerdo con un duodécimo aspecto, un aditivo hidrofóbico, que comprende: A) dióxido de titanio en aproximadamente 1-16,5 % en peso (% en peso) del aditivo hidrofóbico; B) alótropo de carbono en aproximadamente 1-38,5 % en peso del aditivo hidrofóbico; C) sal de calcio en aproximadamente 25-82,5 % en peso del aditivo hidrofóbico; D) estearato de calcio en aproximadamente 15-27,5 % en peso del aditivo hidrofóbico; y E) carbonato de magnesio en aproximadamente 0-11 % en peso del aditivo hidrofóbico.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del duodécimo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el dióxido de titanio está en aproximadamente 1-15 % en peso del aditivo hidrofóbico; el alótropo de carbono en aproximadamente 1-35 % en peso del aditivo hidrofóbico; la sal de calcio en aproximadamente 25-75 % en peso del aditivo hidrofóbico; el estearato de calcio en aproximadamente 15-25 % en peso del aditivo hidrofóbico; y el carbonato de magnesio en aproximadamente 0-10 % en peso del aditivo hidrofóbico.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del duodécimo aspecto o cualquier otro aspecto, que comprende además: A) el dióxido de titanio al 10,5 % en peso del aditivo hidrofóbico; B) el alótropo de carbono en aproximadamente 31,6 % en peso del aditivo hidrofóbico; C) la sal de calcio en aproximadamente 31,6 % en peso del aditivo hidrofóbico; D) el estearato de calcio en aproximadamente 21,1 % en peso del aditivo hidrofóbico; y E) el carbonato de magnesio en aproximadamente 5,2 % en peso del aditivo hidrofóbico.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del duodécimo aspecto o cualquier otro aspecto, que comprende además: A) el dióxido de titanio al 10 % en peso del aditivo hidrofóbico; B) el alótropo de carbono en un porcentaje en peso de aproximadamente 30 % en peso del aditivo hidrofóbico; C) la sal de calcio en un porcentaje en peso de aproximadamente 30 % en peso del aditivo hidrofóbico; D) el estearato de calcio en un porcentaje en peso de aproximadamente 20 % en peso del aditivo hidrofóbico; E) el carbonato de magnesio en un porcentaje en peso de aproximadamente 5 % en peso del aditivo

hidrofóbico; y F) agua en un porcentaje en peso de aproximadamente 5 % en peso del aditivo hidrofóbico

5 De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del duodécimo aspecto o cualquier otro aspecto, que comprende además agua en aproximadamente 1-10 % en peso del aditivo hidrofóbico.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del duodécimo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde la sal de calcio se selecciona del grupo que comprende o consiste en: carbonato de calcio, fosfato de calcio, sulfato de calcio, carbonato de calcio-magnesio y oxalato de calcio.

10 De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del duodécimo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde la sal de calcio es carbonato de calcio.

De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del duodécimo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el alótropo de carbono se selecciona del grupo que comprende o consiste en: grafito, grafenileno, grafito AA' y carbono amorfo.

15 De acuerdo con un aspecto adicional, el aditivo hidrofóbico del duodécimo aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el alótropo de carbono es grafito.

De acuerdo con un decimotercer aspecto, un método que comprende: A) formar una primera mezcla que comprende dióxido de titanio y grafito; B) mezclar la primera mezcla para formar una primera mezcla; C) calentar la primera mezcla; D) formar una segunda mezcla que
20 comprende la primera mezcla, carbonato de calcio y carbonato de magnesio; E) mezclar la segunda mezcla para formar una segunda mezcla; F) calentar la segunda mezcla; y G) mezclar la segunda mezcla y estearato de calcio para formar un aditivo hidrofóbico.

De acuerdo con un aspecto adicional, el método del decimotercer aspecto o cualquier otro aspecto, que comprende además mezclar un agregado, un aglutinante, una porción de
25 agua y el aditivo hidrofóbico.

De acuerdo con un aspecto adicional, el método del decimotercer aspecto o cualquier otro aspecto, en donde mezclar la primera mezcla comprende reducir el tamaño de grano del dióxido de titanio en aproximadamente un 18 %.

De acuerdo con un aspecto adicional, el método del decimotercer aspecto o cualquier
30 otro aspecto, en donde calentar la segunda mezcla comprende: A) calentar la primera mezcla

durante un primer periodo de tiempo; B) enfriar la primera mezcla durante un segundo período de tiempo; y C) mezclar la primera mezcla durante el segundo período de tiempo.

De acuerdo con un aspecto adicional, el método del decimotercer aspecto o cualquier otro aspecto, que comprende además calentar por microondas la primera mezcla para calentar la primera mezcla.

De acuerdo con un aspecto adicional, el método del decimotercer aspecto o cualquier otro aspecto, que comprende además absorber calor de la primera mezcla a través de al menos un elemento absorbente de calor.

De acuerdo con un decimocuarto aspecto, un material de construcción hidrófobo, que comprende: A) un aglutinante; B) un agregado; C) una porción de agua; y D) un aditivo hidrofóbico, que comprende: 1) dióxido de titanio en aproximadamente 1-16,5 % en peso del aditivo hidrofóbico; 2) grafito en aproximadamente 1-38,5 % en peso del aditivo hidrofóbico; 3) carbonato de calcio en aproximadamente 25-82,5 % en peso del aditivo hidrofóbico; 4) estearato de calcio en aproximadamente 15-27,5 % en peso del aditivo hidrofóbico; y 5) carbonato de magnesio en aproximadamente 0-11 % en peso del aditivo hidrofóbico.

De acuerdo con un aspecto adicional, el material de construcción hidrófobo del decimocuarto aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el grafito comprende un tamaño de grano de aproximadamente 134 pm y el dióxido de titanio comprende un tamaño de grano de aproximadamente 93 nm.

De acuerdo con un aspecto adicional, el material de construcción hidrófobo del decimocuarto aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el aglutinante comprende cemento.

De acuerdo con un aspecto adicional, el material de construcción hidrófobo del decimocuarto aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el agregado comprende al menos uno de: arena y piedra.

De acuerdo con un aspecto adicional, el material de construcción hidrófobo del decimocuarto aspecto o cualquier otro aspecto, en donde el material de construcción hidrófobo comprende al menos uno de: hormigón, mortero, estuco y panel de yeso.

Estos y otros aspectos, características y beneficios de las modalidades reivindicadas resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción escrita detallada de las modalidades y aspectos preferidos tomados en conjunto con los siguientes dibujos, aunque se pueden

efectuar variaciones y modificaciones sin apartarse del espíritu y alcance de los conceptos novedosos de la divulgación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

5 Los dibujos adjuntos ilustran una o más modalidades y/o aspectos de la divulgación y, junto con la descripción escrita, sirven para explicar los principios de la divulgación. Siempre que sea posible, se utilizan los mismos números de referencia en todos los dibujos para hacer referencia a elementos iguales o similares de una modalidad, y en donde:

La FIGURA 1A muestra un proceso de fabricación de un aditivo hidrofóbico ejemplar de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

10 La FIGURA 1B muestra un aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 2A muestra una imagen de microscopio electrónico de barrido (SEM por sus siglas en inglés) de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

15 La FIGURA 2B muestra una imagen SEM de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 3A muestra una imagen SEM de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

20 La FIGURA 3B muestra una imagen SEM de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 4A muestra una imagen SEM de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 4B muestra una imagen SEM de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

25 La FIGURA 5 muestra un gráfico de espectroscopía de rayos X de energía de dispersión (EDS por sus siglas en inglés) ejemplar, resultados obtenidos del análisis XRD de una composición precursora de aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 6 muestra un gráfico de resultados de EDS ejemplares obtenidos del análisis EDS de una composición precursora de aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

5 La FIGURA 7A muestra una imagen SEM de un aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 7B muestra una imagen SEM de un aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 8A muestra una imagen SEM de un aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

10 La FIGURA 8B muestra una imagen SEM de un aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 9A muestra una imagen SEM 900A de un aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

15 La FIGURA 9B muestra una imagen SEM 900B de un aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 10 muestra un gráfico de resultados de EDS ejemplares obtenidos del análisis EDS de una composición de aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

20 La FIGURA 11 muestra un gráfico de resultados de EDS ejemplares obtenidos del análisis EDS de una composición de aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 12 muestra un gráfico de resultados ejemplares de difracción de rayos X (XRD por sus siglas en inglés) obtenidos del análisis XRD de un aditivo hidrofóbico, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

25 La FIGURA 13 muestra un gráfico de resultados ejemplares de difracción de rayos X (XRD) obtenidos del análisis XRD de un aditivo hidrofóbico, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 14 muestra un gráfico de resultados ejemplares de difracción de rayos X

(XRD) obtenidos del análisis XRD de un aditivo hidrofóbico, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

5 La FIGURA 15 muestra un gráfico de resultados ejemplares de difracción de rayos X (XRD) obtenidos del análisis XRD de un aditivo hidrofóbico, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 16 muestra un espectro ejemplar de espectroscopía FTIR realizada en un precursor de aditivo hidrofóbico, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 17 muestra un espectro ejemplar de espectroscopía FTIR realizada en un precursor de aditivo hidrofóbico, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

10 La FIGURA 18 muestra una superposición de espectros FTIR ejemplares de dos precursores de aditivos hidrofóbicos, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

15 La FIGURA 19 muestra una superposición de espectros FTIR ejemplares de dos precursores de aditivos hidrofóbicos, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 20 muestra un espectro ejemplar de espectroscopía FTIR realizada en un precursor de aditivo hidrofóbico, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 21 muestra un espectro ejemplar de espectroscopía FTIR realizada en un precursor de aditivo hidrofóbico, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

20 La FIGURA 22 muestra resultados ejemplares de espectroscopía FTIR de estearato de calcio, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 23 muestra un diagrama de flujo de un proceso de fabricación de material de construcción ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

25 La FIGURA 24 muestra un diagrama de flujo de un proceso de fabricación de hormigón ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 25 muestra un diagrama de flujo de un proceso de fabricación de paneles de yeso ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 26A muestra una imagen de un resultado de prueba de inflamabilidad de

panel de yeso ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 26B muestra una imagen de un resultado de prueba de inflamabilidad de panel de yeso ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 27A muestra una imagen de un resultado de prueba de inflamabilidad de panel de yeso ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 27B muestra una imagen de un resultado de prueba de inflamabilidad de panel de yeso ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 28A muestra una imagen de un resultado de prueba de impermeabilización de panel de yeso ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 28B muestra una imagen de un resultado de prueba de impermeabilización de panel de yeso ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 29 muestra un gráfico de resultados de EDS ejemplares obtenidos del análisis EDS de una composición de aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 30 muestra un gráfico de resultados de EDS ejemplares obtenidos del análisis EDS de una composición de aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 31 muestra un espectro ejemplar de espectroscopía FTIR realizada en un aditivo hidrofóbico, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 32 muestra un espectro corregido por reflectancia total atenuada (AFTR por sus siglas en inglés) de espectroscopía FTIR ejemplar realizada en un aditivo hidrofóbico, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

La FIGURA 33 muestra un gráfico de resultados de difracción de rayos X (XRD) ejemplares obtenidos del análisis XRD de un aditivo hidrofóbico, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación; y

La FIGURA 34 muestra un gráfico de resultados ejemplares de difracción de rayos X (XRD) obtenidos del análisis XRD de un aditivo hidrofóbico, de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Con el fin de promover una comprensión de los principios de la presente divulgación, ahora se hará referencia a las modalidades ilustradas en los dibujos y se utilizará un lenguaje específico para describir las mismas. Sin embargo, se entenderá que con ello no se pretende
5 limitar el alcance de la divulgación; cualquier alteración y modificación adicional de las modalidades descritas o ilustradas, y cualquier aplicación adicional de los principios de la divulgación tal como se ilustran en la misma se contemplan como normalmente se le ocurriría a un experto en la técnica a la que se refiere la divulgación. Todas las limitaciones de alcance deben determinarse de acuerdo con y tal como se expresan las reivindicaciones.

10 El hecho de que un término esté en mayúscula no se considera definitivo ni limitativo del significado de un término. Tal como se utiliza en este documento, un término en mayúscula tendrá el mismo significado que un término sin mayúscula, a menos que el contexto del uso indique específicamente que se pretende darle un significado más restrictivo al término en mayúscula. Sin embargo, las mayúsculas o la falta de ellas en el resto de este documento no
15 pretenden ser necesariamente limitantes a menos que el contexto indique claramente que se pretende dicha limitación.

Cuando se usan aquí en referencia a un porcentaje, los términos "alrededor de" o "aproximadamente" pueden referirse a la cantidad indicada +/- 2 unidades. Por ejemplo, "aproximadamente 15 %" se refiere a un intervalo del 13 al 17 %. Como se usa en este
20 documento, "hormigón" se refiere a una mezcla de cemento, uno o más agregados, una porción acuosa y potencialmente otros materiales o aditivos. Como se utiliza en el presente documento, "tamaño de grano" puede incluir un tamaño promedio de todos los granos de una muestra o un tamaño máximo de granos de la muestra. Como se usa en el presente documento, "tamaño de cristal" puede incluir un tamaño promedio de todos los cristales de
25 una muestra o un tamaño máximo de granos de la muestra.

Como se usa en el presente documento, el término "aditivo hidrofóbico" puede incluir cualquier formulación de aditivo hidrofóbico mostrada o descrita en el presente documento, tal como el resultado de una modalidad del proceso 100 (FIGURA 1A) o el aditivo hidrofóbico 130 (FIGURA 1B).

30 Descripción general

Los aspectos de la presente divulgación generalmente se relacionan con aditivos

hidrofóbicos y procesos para fabricar y usar los mismos.

La migración de humedad al hormigón puede ser una de las principales causas de degradación del hormigón en todo el mundo. Hay dos mecanismos principales de transporte de agua en el hormigón: absorción capilar y permeabilidad. La absorción capilar es el principal mecanismo de transporte de agua en estructuras de hormigón. La red capilar se crea por el exceso de agua utilizada durante el mezclado del hormigón. A medida que esta agua sale del hormigón, deja una red porosa. La absorción de agua a través de la red capilar no requiere presión para funcionar. La velocidad de absorción capilar es aproximadamente un millón de veces más rápida que la permeabilidad a la presión, del orden de 10^{-6} m/s (1 pm/s). No sólo entra agua en el hormigón, sino que también se produce una infiltración de cloruro. Esto puede alcanzar el refuerzo de acero y provocar corrosión. El otro mecanismo de transporte de agua en el hormigón, la permeabilidad, es generalmente menos amenazadora. La permeabilidad del agua ocurre cuando hay un gradiente de presión, como la presión hidrostática debida al agua. Para reducir la permeabilidad, los ingenieros generalmente aumentan la densidad del hormigón agregando más cemento a la mezcla. Normalmente, el agua sólo podrá penetrar hasta una determinada profundidad debido a la presión hidrostática, que es neutralizada por la densidad del hormigón. Sin embargo, una vez dentro, el agua continúa siendo absorbida a través de la red capilar como se explicó anteriormente.

Un método común para mejorar las capacidades de impermeabilización del hormigón es el uso de aditivos. Estos se pueden mezclar con el hormigón fresco antes de verterlo y proporcionan resistencia al agua en todo el material y en la superficie. Los aditivos impermeabilizantes han sido desarrollados y comercializados durante los últimos 60 años aproximadamente por empresas como Hycrete, Inc., Xypex Chemical Company, Cement Aid Inc. y Sika AG. La mayoría de los aditivos impermeabilizantes se caracterizan generalmente por dos métodos de reducción de la penetración del agua: actividad de cristalización; o efectos hidrofóbicos y bloqueadores de poros (HPI). La actividad de cristalización ocurre cuando los químicos en el aditivo hidrofóbico reaccionan con la humedad del hormigón fresco y con los subproductos de la hidratación del cemento para generar una formación cristalina insoluble en los poros y capilares. Mientras tanto, la hidrofobicidad de los aditivos HPI cambia la tensión superficial de los hidratos de cemento y las superficies capilares, haciéndolos repelentes al agua. Mientras están bajo presión hidrostática, los componentes que bloquean los poros tapan físicamente los capilares. Los aditivos HPI mejoran significativamente la durabilidad del hormigón con respecto a la corrosión inducida por cloruro, en comparación con los aditivos cristalinos.

En una o más modalidades, los presentes aditivos hidrofóbicos están compuestos de minerales inertes y nanopartículas formadas en un polvo redispersable. En diversas modalidades, los presentes aditivos hidrofóbicos mejoran la impermeabilización de materiales de hormigón y mortero, u otros materiales de construcción (por ejemplo, mediante la introducción del aditivo hidrofóbico en el hormigón o mortero). En diversas modalidades, los ingredientes minerales del aditivo hidrofóbico se modifican mediante uno o más procesos de temperatura ultraalta (UHT por sus siglas en inglés). Los minerales modificados y activos pueden reaccionar con la humedad del hormigón o mortero fresco y con las sustancias de hidratación del cemento, para formar una estructura hidrofóbica insoluble en los poros y capilares del hormigón o mortero. De esta forma, el hormigón o mortero queda permanentemente protegido contra la penetración de agua u otros líquidos en cualquier dirección. Además, el hormigón o mortero queda protegido del deterioro debido a agentes agresivos de la atmósfera, tales como el cloro. Los presentes aditivos hidrofóbicos son compatibles con las condiciones de temperatura del proyecto de construcción y otros criterios, tales como tiempos de endurecimiento y resistencia general y/o límite de resistencia de los materiales de construcción modificados mediante el aditivo hidrofóbico.

En una o más modalidades, los aditivos hidrofóbicos descritos en el presente documento (por ejemplo, o los materiales de construcción producidos a partir de los mismos) pueden ser especialmente adecuados para su uso en la construcción de depósitos, plantas de tratamiento de agua y aguas residuales, estructuras de contención secundaria, túneles, losas, losas de subsuelo, cimientos, estacionamientos subterráneos y piscinas. En diversas modalidades, cuando se integra en una estructura, el presente aditivo hidrofóbico es capaz de soportar presiones hidrostáticas extremas tanto en el lado positivo como en el negativo de la estructura. de acuerdo con una modalidad, el aditivo hidrofóbico se convierte en parte integral del material o materiales de construcción, lo que da como resultado una estructura resistente y duradera. Los presentes aditivos hidrofóbicos son altamente resistentes a productos químicos agresivos, tales como los agentes a base de cloro. En al menos una modalidad, dentro del hormigón o mortero, el aditivo hidrofóbico puede sellar grietas tan pequeñas como 200 micras mientras permite que el material de construcción expulse el exceso de humedad mediante evaporación durante el curado.

En diversas modalidades, el aditivo hidrofóbico no es tóxico y no contiene compuestos orgánicos volátiles, lo que garantiza la seguridad de uso en espacios confinados en interiores y exteriores. Los presentes aditivos hidrofóbicos causan cambios permanentes en la hidrofobicidad y la absorción capilar al mezclarse con un material de construcción y, por lo

tanto, están sujetos a restricciones de producción basadas en el clima (por ejemplo, potencialmente aumentando la flexibilidad y/o truncando los cronogramas de construcción). Como se muestra en la Tabla 2 y se describe en el presente documento, los presentes aditivos hidrofóbicos pueden mejorar la durabilidad del hormigón y/o mortero. Como se muestra en las

5 Tablas 3 a 5 y se describe en el presente documento, los presentes aditivos hidrofóbicos pueden actuar como aditivo reductor de la permeabilidad para condiciones hidrostáticas.

En al menos una modalidad, el hormigón fabricado con el presente aditivo hidrofóbico cumple con los estándares de desempeño que incluyen, pero no se limitan a, la Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 10787 de 09/2011 (Hormigón endurecido - Determinación

10 de la penetración de agua bajo presión (Informe No. 5157)), NBR 9204 de 12/2012 (Hormigón endurecido - Determinación de la resistividad eléctrico-volumétrica (Informe No. 136 922)), NBR 9778 de 07/2005 (Mortero y hormigón endurecido - Determinación de la absorción de agua, la relación de huecos y la masa específica (Registro General No. 5167/43517)), NBR 9779 de 12/2012 (Mortero y hormigón endurecido - Determinación de la absorción de agua

15 por capilaridad (Registro General No. 51167/43517)), NBR 5739 de 05/2018 (Ensayo de compresión del hormigón de especímenes cilíndricos (Informe No. AGR/5169)), Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) C642/97 (Densidad, absorción y huecos en hormigón endurecido (Informe No. 21052 TEC)), y ASTM C494/19 (Especificación estándar para aditivos químicos para hormigón (Informe TEC No. 21052)).

En diversas modalidades, un aditivo hidrofóbico incluye, pero no se limita a, dióxido de titanio, grafito, carbonato de calcio, estearato de calcio, carbonato de magnesio y agua. En un ejemplo, se forma una muestra de 1 kg del aditivo hidrofóbico a partir de 100 gramos (g) de dióxido de titanio, 300 g de grafito, 300 g de carbonato de calcio, 200 g de estearato de calcio, 50 g de carbonato de magnesio y 50 mL de agua. En algunas modalidades, se omite la porción

20 de agua y se pueden aumentar las masas requeridas de otros ingredientes en el aditivo hidrofóbico mientras se mantienen sus proporciones originales.

El dióxido de titanio es intrínsecamente hidrófilo. Se ha informado que la hidrofobicidad del dióxido de titanio aumenta con el aumento de la rugosidad de la superficie debido a la intrusión de aire entre las gotas de agua y las superficies de las nanopartículas de dióxido de titanio. El dióxido de titanio se presenta en la naturaleza en formas minerales conocidas como rutilo y anatasa. El grafito puede ser intrínsecamente hidrófobo y puede ser el alótropo de carbono natural más estable en condiciones estándar. El carbonato de calcio puede ser

30 insoluble en agua (p. ej., la solubilidad en agua es de aproximadamente 0,013 g/L a 25 °C).

El carbonato de calcio se presenta en la naturaleza en forma mineral cristalino de calcita (hexagonal) y aragonita (ortorrómbica). El estearato de calcio puede ser insoluble en agua (p. ej., la solubilidad en agua es de aproximadamente 0,04 g/L a 15 °C). El carbonato de magnesio puede ser una sal anhidra inorgánica. El carbonato de magnesio puede ser insoluble en agua, acetona y amoníaco (p. ej., la solubilidad en agua es de aproximadamente 0,139 g/L a 25 °C). El carbonato de magnesio se puede encontrar en forma cristalina trigonal (romboédrica) y se puede utilizar como tiza en gimnasia, escalada en roca, levantamiento de pesas, etc.

El dióxido de titanio puede ser intrínsecamente hidrófilo (por ejemplo, el compuesto atrae y se une a las moléculas de agua), como se observó durante las pruebas de solubilidad en agua durante las cuales el dióxido de titanio se disolvió y mezcló fácilmente en agua. Sin embargo, el dióxido de titanio puede demostrar un fenómeno de cambio reversible de la humectabilidad de la superficie entre superhidrófobo (ángulo de contacto con el agua > 150°) y superhidrófilo (ángulo de contacto con el agua < 10°) y, por lo tanto, se pueden modificar las propiedades de unión al agua del dióxido de titanio. Las propiedades repelentes del agua del dióxido de titanio pueden aumentar al aumentar la rugosidad de la superficie debido a la intrusión de aire entre las gotas de agua y la superficie del dióxido de titanio. Por ejemplo, un material compuesto formado a partir de dióxido de titanio depositado sobre el hollín de una vela (por ejemplo, un alótropo de carbono) muestra un comportamiento superhidrófobo con un ángulo de contacto con el agua de 160°. El modelo de Cassie-Baxter afirma que las superficies rugosas con estructuras jerárquicas pueden atrapar aire entre el agua y la superficie sólida, proporcionando así una posible explicación para el comportamiento hidrofóbico de la mezcla de dióxido de titanio y polvo de carbono. Por ejemplo, el aire atrapado en el compuesto evita que el agua se una a las moléculas de la superficie o entre en las interfaces entre las microestructuras.

El grafeno y el grafito frescos pueden ser ligeramente hidrófilos (por ejemplo, un ángulo de contacto con el agua de aproximadamente 70°); sin embargo, al exponerse al aire ambiente, las sustancias pueden volverse ligeramente hidrófobas (por ejemplo, un ángulo de contacto de aproximadamente 90-100°) debido a la adsorción superficial de hidrocarburos en el aire. Por ejemplo, una porción de polvo de grafito en bruto puede disolverse parcialmente en agua, dejando una porción del polvo en aglomerados sin disolver. Se puede esperar que la simple mezcla en seco de dióxido de titanio y grafito muestre un comportamiento ligeramente hidrófilo, debido a las propiedades de cada componente individual. Sin embargo, la simple mezcla seca de dióxido de titanio y grafito se mezcló fácilmente y en su mayor parte se disolvió en agua, como se verificó en experimentos de solubilidad. Por lo tanto, el

comportamiento hidrofóbico de un compuesto de dióxido de titanio/grafito puede considerarse contrario a la intuición, a menos que se produzcan cambios físicos que también causen un cambio en las propiedades de humectabilidad.

El proceso de fabricación de aditivos hidrofóbicos 100 mostrado en la FIGURA 1A y descrito en el presente documento provoca cambios físicos en una o más de las materias primas (por ejemplo, dióxido de titanio, carbono y/o sales). Por ejemplo, la mezcla de polvos de dióxido de titanio y grafito hace que el tamaño de grano o partícula tanto del grafito como del dióxido de titanio disminuya (por ejemplo, aunque el cambio en el tamaño del grano de grafito puede ser más significativo). Además, la mezcla de polvos de dióxido de titanio y grafito puede mejorar la distribución del dióxido de titanio sobre la superficie del grafito. El análisis de difracción de rayos X (XRD por sus siglas en inglés) puede mostrar que la exposición al calentamiento por microondas aumentó el tamaño del cristal del dióxido de titanio (fase rutilo). El análisis XRD puede mostrar que el espaciado entre capas del grafito no cambia significativamente durante el proceso de fabricación de la mezcla. El análisis de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR por sus siglas en inglés) puede mostrar que, durante el proceso de fabricación del aditivo hidrofóbico, las nanopartículas de dióxido de titanio pueden crear enlaces con átomos de carbono en la superficie del grafito. La unión del dióxido de titanio a estructuras de carbono puede permitir el crecimiento selectivo del dióxido de titanio sobre el carbono debido al calentamiento. El crecimiento del dióxido de titanio puede atribuirse a la capacidad de absorción de microondas del carbono, que favorece la unión del dióxido de titanio a su superficie.

Se han investigado estructuras de carbono unidas por dióxido de titanio para su uso como aditivos fotocatalíticos; sin embargo, su aplicación en la formación de aditivos hidrofóbicos no se estudió en gran medida hasta el descubrimiento de su eficacia por parte de los presentes inventores. Trabajos anteriores utilizaron óxido de grafito como precursor colocado en un disolvente durante un intento de síntesis asistida por microondas de un material con propiedades fotocatalíticas. El enfoque anterior difiere del utilizado en reacciones ejemplares de la presente divulgación. Por ejemplo, las reacciones realizadas en estudios anteriores exfolian el óxido de grafito y forman capas de grafeno, que están cubiertas por nanopartículas de dióxido de titanio. Estas reacciones ocurren en una suspensión líquida, después de lo cual el solvente se evapora para obtener un compuesto seco. Por el contrario, las reacciones de la presente divulgación utilizaron polvo de grafito pristino seco (por ejemplo, en lugar de óxido de grafito) como precursor para reaccionar con dióxido de titanio. Por ejemplo, una modalidad del presente proceso para formar un aditivo hidrofóbico utiliza solo

ingredientes secos como precursores (por ejemplo, aparte de una ligera amortiguación de los ingredientes en polvo, tal como humedecer una mezcla de polvo de dióxido de titanio/grafito antes del calentamiento con microondas). La reacción ejemplar no crea láminas de grafeno como en trabajos anteriores y, en cambio, mantiene la estructura molecular del grafito mientras se une con nanopartículas de dióxido de titanio. Con base en los experimentos descritos en el presente documento, los procesos de microondas y mezcla aplicados a mezclas de dióxido de titanio, grafito y agua (por ejemplo, mezclas de polvo humedecido) pueden dar como resultado una reducción de la solubilidad y un aumento de la hidrofobicidad.

Después del microondas y mezclar, la mezcla de dióxido de titanio y grafito se puede mezclar y mezclar con carbonato de calcio y carbonato de magnesio, dando como resultado cambios adicionales en diversas propiedades. El análisis de XRD puede mostrar que el carbonato de calcio utilizado está en la fase de calcita, que puede considerarse insoluble en agua, y se determinó que así era durante los experimentos de solubilidad. El análisis de XRD muestra que el carbonato de magnesio utilizado se encuentra en la fase de dolomita, que contiene calcio y magnesio juntos ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). La dolomita estaba presente en la mezcla de muestra que existe antes de que se realice la mezcla y el calentamiento por microondas. La presencia de dolomita en la mezcla de muestra descarta que la dolomita pueda haberse creado debido a la interacción de carbonatos de calcio y magnesio causada por el calentamiento por microondas. Se puede considerar que el carbonato de magnesio es 10 veces más soluble en agua que el carbonato de calcio. Los experimentos de solubilidad demostraron que el carbonato de magnesio se mezclaba y disolvía fácilmente en agua.

Mezclar y calentar por microondas la mezcla de dióxido de titanio, grafito, carbonato de calcio y carbonato de magnesio induce cambios físicos adicionales en los diversos componentes. Por ejemplo, las imágenes de microscopía electrónica de barrido (SEM) de una muestra de mezcla mostraron que la superficie del polvo exhibía una apariencia más borrosa en comparación con la mezcla previa al mezclado y al calentamiento por microondas. La apariencia más borrosa puede deberse a una interacción entre el carbonato de calcio, el carbonato de magnesio y el dióxido de titanio. El análisis de XRD muestra que el segundo proceso de calentamiento aplicado al dióxido de titanio indujo un crecimiento adicional del 5 % en el tamaño del cristal de dióxido de titanio y no afectó significativamente el tamaño del cristal de grafito (por ejemplo, menos del 5 % de cambio) o el espaciado entre capas. Las pequeñas magnitudes de cambio observadas indican que las modificaciones físicas del dióxido de titanio y el grafito pueden ocurrir principalmente durante la primera mezcla y calentamiento de los materiales por microondas (por ejemplo, antes de la adición de carbonato

de calcio y carbonato de magnesio u otros ingredientes similares). De acuerdo con diversas modalidades, después de mezclar y calentar por microondas, el espaciado interplanar del carbonato de calcio no cambió, el espaciado interplanar del carbonato de magnesio no cambió, el tamaño del cristal del carbonato de calcio no cambió y el tamaño del cristal del carbonato de magnesio cambió en menos de 5 %. El análisis de FTIR muestra que pueden producirse algunos enlaces entre el carbonato de calcio y el carbonato de magnesio durante el calentamiento por microondas. Además, la unión entre el dióxido de titanio y el grafito puede continuar produciéndose en la segunda iteración del microondas. En general, los cambios físicos inducidos proporcionan al material propiedades hidrófobas mejoradas.

10 **Modalidades ejemplares**

Con referencia ahora a las figuras, con fines de ejemplo y explicación de los procesos y componentes fundamentales de los sistemas y procesos divulgados, se hace referencia a las FIGURAS 1A a 1B, que ilustra un proceso de fabricación de aditivos hidrofóbicos 100 ejemplar de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación. Como entenderá alguien con conocimientos ordinarios en la técnica, los pasos y procesos mostrados en la FIGURA 1A (y los de todos los demás diagramas de flujo y diagramas de secuencia mostrados y descritos en el presente documento) pueden funcionar de forma concurrente y continua, son generalmente asíncronos e independientes y no necesariamente se realizan en el orden mostrado.

20 La FIGURA 1A muestra un proceso ejemplar 100 para fabricar un aditivo hidrofóbico de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación. En diversas modalidades, el proceso 100 se puede realizar en condiciones atmosféricas normales, condiciones atmosféricas inertes (por ejemplo, una mezcla de gases nitrógeno y/o argón), condiciones anaeróbicas o condiciones de vacío (por ejemplo, sin atmósfera).

25 En el paso 103, el proceso 100 incluye formar una primera mezcla. Formar la primera mezcla puede incluir combinar cantidades de polvo de dióxido de titanio y un alótropo de carbono, tal como, por ejemplo, grafito, grafeno, grafenileno, nanotubos de carbono, grafito AA' y carbono amorfo. En algunas modalidades, se usan preferiblemente alótropos de carbono que tienen estructura cristalina porque la disposición repetida del carbono proporciona sitios de unión para las moléculas de dióxido de titanio y promueve la conducción de calor, lo que puede mejorar la reacción del dióxido de titanio y el carbono. En diversas modalidades, formar la primera mezcla incluye combinar polvo de dióxido de titanio y polvo de grafito. La proporción de polvo de dióxido de titanio y alótropo de carbono puede ser al menos aproximadamente

30

1:1, o entre aproximadamente 1:1 y 1:10, aproximadamente 1:2, aproximadamente 1:3, aproximadamente 1:4, aproximadamente 1:5, aproximadamente 1:6, aproximadamente 1:7, aproximadamente 1:8, aproximadamente 1:9, o aproximadamente 1:10, o menos de aproximadamente 1:10. En un ejemplo, se mezclan 100 g de polvo de dióxido de titanio con
5 300 g de polvo de grafito. En un ejemplo similar, los 400 g de la primera mezcla en polvo se pueden procesar adicionalmente como se describe en el presente documento para generar un aditivo hidrofóbico final de aproximadamente 1 kg (por ejemplo, que se puede introducir en un material de construcción, tal como 50 kg de cemento). De acuerdo con una modalidad, se añade una cantidad suficiente de polvo de dióxido de titanio de modo que, durante los pasos
10 de calentamiento posteriores, la superficie del polvo de grafito esté casi o completamente cubierta por dióxido de titanio unido.

En el paso 106, el proceso 100 incluye mezclar la primera mezcla para formar una primera mezcla. En diversas modalidades, mezclar la primera mezcla distribuye el polvo de dióxido de titanio a través de las superficies del polvo de grafito. Mezclar la primera mezcla se
15 puede realizar en una licuadora o mezcladora comercial durante un período de tiempo predeterminado de aproximadamente 1 minuto, aproximadamente 2 minutos u otro intervalo suficiente para mezclar la primera mezcla. En algunas modalidades, mezclar la primera mezcla incluye confirmar que el tamaño de grano del grafito ha disminuido en comparación con un tamaño de grano previo a la mezcla. En un ejemplo, mezclar la primera mezcla
20 disminuye el tamaño del grano del grafito en aproximadamente un 42 %. En otro ejemplo, antes de mezclar, el grafito demuestra un tamaño de grano máximo antes de la mezcla de aproximadamente 228 pm y un tamaño de grano máximo después de la mezcla de aproximadamente 134 pm. En al menos una modalidad, mezclar la primera mezcla incluye confirmar que el tamaño de grano del dióxido de titanio ha disminuido en comparación con un
25 tamaño de grano antes de la mezcla. En un ejemplo, mezclar la primera mezcla disminuye el tamaño del grano del dióxido de titanio en aproximadamente un 18 %. En otro ejemplo, el dióxido de titanio demuestra un tamaño de grano mínimo antes a la mezcla de aproximadamente 113 nm y un tamaño de grano mínimo después de la mezcla de aproximadamente 93 nm. El dióxido de titanio puede incluir nanopartículas de dióxido de
30 titanio aglomeradas.

En el paso 109, el proceso 100 incluye calentar la primera mezcla. La primera mezcla se puede calentar hasta una temperatura superficial de al menos aproximadamente 100 °C, aproximadamente 120-400 °C, o menos de aproximadamente 400 °C. En un ejemplo, la primera mezcla se calienta hasta una temperatura superficial de 140 °C. El calor se puede

aplicar mediante cualquier método adecuado, tal como, por ejemplo, horno de convección, microondas (por ejemplo, u otra técnica de calentamiento basada en radiación) o inducción. En algunas modalidades, se puede utilizar microondas para garantizar un calentamiento constante en toda la primera mezcla. Calentar la primera mezcla puede incluir colocar la primera mezcla en un microondas y calentar por microondas la primera mezcla durante un período de tiempo predeterminado. La primera mezcla se puede colocar en un plato de cerámica durante el calentamiento por microondas. La fuente de microondas puede demostrar una potencia de al menos aproximadamente 600 W, o aproximadamente 600-1500 W, 600-700 W, 700-800 W, 800-900 W, 900-1000 W, 1000-1100 W, 1100-1200 W, 1250 W, 1200-1300 W, 1300-1400 W, 1400-1500 W, menos de aproximadamente 1500 W, o cualquier potencia suficiente para inducir la unión de dióxido de titanio (por ejemplo, sin quemar los materiales). En al menos una modalidad, la fuente de microondas presenta una longitud de onda de aproximadamente 12,24 cm y una frecuencia de aproximadamente 2450 MHz. En algunas modalidades, la fuente de microondas está orientada por encima o por debajo de la primera mezcla (por ejemplo, emitiendo radiación de microondas hacia abajo en la primera mezcla) para asegurar un calentamiento constante y uniforme.

Se pueden utilizar múltiples fuentes de microondas para promover aún más un calentamiento constante y uniforme. En diversas modalidades, se utiliza un sistema de microondas continuo. El sistema de microondas continuo puede incluir, por ejemplo, una serie de elementos emisores de microondas (por ejemplo, y/o un microondas industrial grande) y un mecanismo alimentado por cinta para transportar mezclas de polvo más allá de cada elemento. En al menos una modalidad se utiliza una combinación de fuentes de calor basadas en radiación y convección.

El periodo de tiempo predeterminado puede ser al menos aproximadamente 1 minuto, aproximadamente 1-30 minutos, 1-5 minutos, 5-10 minutos, 10-15 minutos, 15-20 minutos, 18 minutos, 20-25 minutos, 25-30 minutos, o menos de aproximadamente 30 minutos. El período de tiempo predeterminado puede incluir un período de enfriamiento intermedio de menos de aproximadamente 5 minutos, entre aproximadamente 30 segundos a 5 minutos, aproximadamente 30 segundos a 1 minuto, aproximadamente 1 minuto, aproximadamente 1-2 minutos, aproximadamente 2-3 minutos, aproximadamente 3-4 minutos, o menos de aproximadamente 5 minutos. En un ejemplo, se realiza un calentamiento por microondas durante aproximadamente 10 minutos seguido de un período de enfriamiento de 1 minuto durante el cual la primera mezcla se mezcla completamente, y seguido de una segunda ronda de microondas durante aproximadamente 8 minutos. El período de enfriamiento puede ocurrir

a temperatura ambiente (por ejemplo, aproximadamente 25 °C).

El calentamiento se puede realizar en presencia de uno o más elementos absorbentes de calor, tales como, por ejemplo, un elemento magnético, espumas u otros plásticos, tejidos aislantes o elementos cerámicos. Uno o más elementos absorbentes de calor (por ejemplo, 3, 4, 5 o cualquier número adecuado) pueden disponerse equidistantes alrededor de la primera mezcla durante el calentamiento por microondas. En un ejemplo, tres imanes están dispuestos equidistantes alrededor de la primera mezcla en forma triangular. En otro ejemplo, se colocan cuatro imanes equidistantes alrededor de la primera mezcla en forma cuadrada. En otro ejemplo, se colocan diez imanes equidistantes alrededor de la primera mezcla en forma circular. En algunas modalidades, no se utilizan elementos absorbentes de calor en el paso 109. En algunas modalidades, se omiten los elementos absorbentes de calor.

En al menos una modalidad, calentar la primera mezcla incluye confirmar que el tamaño de cristal del dióxido de titanio y el tamaño de cristal del grafito han aumentado en comparación con los tamaños de antes del calentamiento (por ejemplo, indicar que los cristales de los ingredientes respectivos crecieron en respuesta al calentamiento). En un ejemplo, calentar la primera mezcla aumenta el tamaño del cristal de grafito en aproximadamente un 12 %. En otro ejemplo, el grafito demuestra un tamaño de cristal antes del calentamiento de aproximadamente 27,23 nm y un tamaño de cristal después del calentamiento de aproximadamente 30,45 nm. En otro ejemplo, calentar la primera mezcla aumenta el tamaño del cristal de dióxido de titanio aproximadamente un 45 %. En otro ejemplo, el dióxido de titanio presenta un tamaño de cristal antes del calentamiento de aproximadamente 20,46 nm y un tamaño de cristal después del calentamiento de aproximadamente 29,72 nm. de acuerdo con una modalidad, calentar la primera mezcla une los nanocristales de titanio a los cristales alótopos de carbono. Por ejemplo, el calentamiento hace que los nanocristales de titanio se unan a las superficies de los cristales de grafito. En diversas modalidades, los nanocristales de titanio se unen dentro y/o a lo largo de las superficies del carbono, generando así una estructura jerárquica de tamaños de partículas mixtos que producen efectos hidrófobos. En una o más modalidades, las partículas de carbono forman una estructura en forma de lámina y los nanocristales de dióxido de titanio se unen a la estructura en forma de lámina, generando bolsas de aire en su interior. En diversas modalidades, las bolsas de aire evitan la intrusión de agua en la estructura jerárquica de carbono-dióxido de titanio. En una o más modalidades, el dióxido de titanio también puede oponerse a la intrusión de sales en la estructura jerárquica carbono-dióxido de titanio.

En al menos una modalidad, antes del calentamiento, la primera mezcla se humedece con una cantidad de solución acuosa en una proporción de dióxido de titanio:agua de al menos aproximadamente 1:1, o entre aproximadamente 1:1 y 10:1, o aproximadamente 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 6:1, 7:1, 8:1, 9:1 o menos de aproximadamente 10:1. En un ejemplo, se humedece una muestra de 400 g de la primera mezcla con 50 mL (por ejemplo, 50 g) de agua. En algunas modalidades, no se realiza la humectación de la mezcla. Por ejemplo, cuando se usa calentamiento por convección en lugar de microondas, se puede omitir el paso de humectación.

En el paso 112, el proceso 100 incluye formar, a partir de la primera mezcla y uno o más ingredientes, una segunda mezcla. Formar la segunda mezcla puede incluir combinar la primera mezcla, una sal de calcio y carbonato de magnesio. La sal de calcio puede incluir, pero no limitarse a, carbonato de calcio, fosfato de calcio y oxalato de calcio. De acuerdo con una modalidad, la sal de calcio se proporciona como un polvo muy fino que ayuda a densificar los materiales de construcción a los que se añade el aditivo hidrofóbico. La densificación puede reducir la porosidad y, por lo tanto, mejorar la capacidad del material de construcción para repeler la intrusión de agua. La proporción de dióxido de titanio y sal de calcio puede ser al menos aproximadamente 1:1, o entre aproximadamente 1:1 y 1:1000, entre aproximadamente 1:3 y 1:10, aproximadamente 1:3, entre aproximadamente 1:100 y 1:1000, aproximadamente 1:1000 o menos de aproximadamente 1:1000. En un ejemplo, se combinan 300 g de carbonato de calcio con 400 g de la primera mezcla (por ejemplo, incluyendo 100 g de dióxido de titanio). La proporción de dióxido de titanio y carbonato de magnesio puede ser al menos aproximadamente 1:1, o entre aproximadamente 1:1 y 10:1, o aproximadamente 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 6:1, 7:1, 8:1, 9:1 o menos de aproximadamente 10:1. En un ejemplo, se combinan 50 g de carbonato de magnesio con 400 g de la primera mezcla (por ejemplo, incluyendo 100 g de dióxido de titanio).

El carbonato de magnesio puede unirse a otros minerales en los precursores del aditivo hidrofóbico o en la mezcla final, reduciendo así la degradación del aditivo hidrofóbico con el tiempo. En algunas modalidades, se usa una porción adicional de sal de calcio (por ejemplo, carbonato de calcio) en lugar de carbonato de magnesio. En una o más modalidades, el carbonato de magnesio se omite del aditivo hidrofóbico. En al menos una modalidad, el paso 112 ocurre dentro de 1 minuto del paso 109 (por ejemplo, durante el enfriamiento de la primera mezcla) o antes de que la primera mezcla se enfríe a temperatura ambiente.

En el paso 115, el proceso 100 incluye mezclar la segunda mezcla para formar una

segunda mezcla. Mezclar la primera mezcla, la sal de calcio y el carbonato de magnesio se puede realizar en una mezcladora comercial durante un período de tiempo predeterminado de aproximadamente 1 minuto, aproximadamente 2 minutos u otro intervalo suficiente.

En el paso 118, el proceso 100 incluye calentar la segunda mezcla. La segunda mezcla se puede calentar hasta una temperatura superficial de al menos aproximadamente 100 °C, o a aproximadamente 100-400 °C, o menos de aproximadamente 400 °C. Por ejemplo, la segunda mezcla se puede calentar hasta una temperatura superficial de aproximadamente 175 °C. La segunda mezcla se puede calentar hasta una temperatura interna de al menos aproximadamente 100 °C, o aproximadamente 100-400 °C, 400 °C. Por ejemplo, la segunda mezcla se puede calentar hasta una temperatura de la superficie interna de 180 °C. El calor se puede aplicar mediante cualquier método adecuado, tal como, por ejemplo, horno de convección, microondas (por ejemplo, u otra técnica de calentamiento basada en radiación) o inducción. En al menos una modalidad, en comparación con otros modos de calentamiento, el calentamiento basado en microondas puede generar un calentamiento más consistente en toda la mezcla y de una manera más dirigida y controlable.

Calentar la segunda mezcla puede incluir colocar la segunda mezcla en un microondas y calentar por microondas la segunda mezcla durante un período de tiempo predeterminado. La segunda mezcla se puede colocar en un plato de cerámica durante el calentado por microondas. La fuente de microondas puede demostrar una potencia de al menos aproximadamente 600 vatios (W), o aproximadamente 600-1500 W, 600-700 W, 700-800 W, 800-900 W, 900-1000 W, 1000-1100 W, 1100- 1200 W, 1250 W, 1200-1300 W, 1300-1400 W, 1400-1500 W, o menos de aproximadamente 1500 W. El período de tiempo predeterminado puede ser al menos aproximadamente 1 minuto, aproximadamente 1-30 minutos, 1-5 minutos, 5-10 minutos, 10-15 minutos, 15-20 minutos, 20 minutos, 20-25 minutos, 25-30 minutos o menos de aproximadamente 30 minutos. El período de tiempo predeterminado puede incluir un período de enfriamiento intermedio de menos de aproximadamente 5 minutos, entre aproximadamente 30 segundos a 5 minutos, aproximadamente 30 segundos a 1 minuto, aproximadamente 1 minuto, aproximadamente 1-2 minutos, aproximadamente 2-3 minutos, aproximadamente 3-4 minutos, o menos de aproximadamente 5 minutos. En un ejemplo, se realiza un calentamiento por microondas durante aproximadamente 10 minutos seguido de un período de enfriamiento de 1 minuto durante el cual la segunda mezcla se mezcla completamente, y seguido de una segunda iteración de microondas durante aproximadamente 10 minutos. El período de enfriamiento puede ocurrir a temperatura ambiente (por ejemplo, aproximadamente 25 °C).

El calentamiento se puede realizar en presencia de uno o más elementos absorbentes de calor, tales como, por ejemplo, un elemento magnético, espumas u otros plásticos, tejidos aislantes o elementos cerámicos. Uno o más elementos absorbentes de calor (por ejemplo, 3, 4, 5 o cualquier número adecuado) pueden disponerse equidistantes alrededor de la segunda mezcla durante el calentamiento por microondas. En un ejemplo, tres imanes están dispuestos equidistantes alrededor de la segunda mezcla en forma triangular. En otro ejemplo, se colocan cuatro imanes equidistantes alrededor de la segunda mezcla en forma cuadrada. En otro ejemplo, diez imanes se colocan equidistantes alrededor de la segunda mezcla en forma circular. En algunas modalidades, no se utilizan elementos absorbentes de calor en el paso 118.

En al menos una modalidad, calentar la segunda mezcla incluye confirmar que el tamaño de cristal del dióxido de titanio aumentó en comparación con el tamaño de cristal del dióxido de titanio en la segunda mezcla antes de los tamaños calentados por microondas (por ejemplo, indicando que los cristales de dióxido de titanio crecieron en respuesta al calentamiento). En un ejemplo, calentar la segunda mezcla aumenta el tamaño del cristal de dióxido de titanio en aproximadamente un 5 %. De acuerdo con una modalidad, calentar la segunda mezcla no provoca un cambio significativo en los tamaños de los cristales del alótropo de carbono, la sal de calcio o el carbonato de magnesio.

En el paso 121, el proceso 100 incluye formar, a partir de la segunda mezcla y una o más sales hidrófobas, un aditivo hidrofóbico. La formación del aditivo hidrofóbico puede incluir combinar la segunda mezcla y una cantidad de una sal hidrofóbica. La sal hidrofóbica puede incluir, pero no limitarse a, estearato de calcio, estearato de magnesio o estearato de zinc. En un ejemplo, se mezcla una cantidad de estearato de calcio en la segunda mezcla. La proporción de dióxido de titanio y la sal hidrofóbica puede ser al menos aproximadamente 1:1, o entre aproximadamente 1:1 y 1:300, entre aproximadamente 1:2 y 1:10, aproximadamente 1:2, entre aproximadamente 1:2 y 1:300, aproximadamente 1:300 o menos de aproximadamente 1:300. En un ejemplo, se añaden 200 g de estearato de calcio a 800 g de la segunda mezcla (por ejemplo, incluyendo 100 g de dióxido de titanio).

El aditivo hidrofóbico puede incluir una composición descrita en la Tabla 1 o cualquier otra composición mostrada o descrita en el presente documento. En un ejemplo, el aditivo hidrofóbico incluye dióxido de titanio en aproximadamente 10 % en peso (p. ej., % en peso del aditivo hidrofóbico), grafito en aproximadamente 30 % en peso, carbonato de calcio en aproximadamente 30 % en peso, carbonato de magnesio en aproximadamente 5 % en peso,

estearato de calcio en aproximadamente 20 % en peso, y agua en aproximadamente 5 % en peso. En otro ejemplo, el % en peso. de dióxido de titanio es del 3,6 %. En otro ejemplo, el % en peso. de dióxido de titanio es del 3,9 %. En algunas modalidades, la composición final del aditivo hidrofóbico excluye el agua. En al menos una modalidad, el paso 121 incluye eliminar la humedad del aditivo hidrofóbico, por ejemplo, permitiendo que el aditivo hidrofóbico se seque completamente. En algunas modalidades, la formulación de aditivo hidrofóbico excluye el carbonato de magnesio. En una o más modalidades, la formulación de aditivo hidrofóbico excluye la sal de calcio o al menos una porción del carbonato de calcio se complementa con carbonato de magnesio adicional.

10 La formulación del aditivo hidrofóbico puede basarse en un material de construcción particular (por ejemplo, o una clase del mismo) con el que se mezclará el aditivo hidrofóbico. Por ejemplo, se sabe que los cementos producidos en los Estados Unidos de América incluyen niveles más altos de calcio en comparación con los cementos producidos en Brasil. En este ejemplo, para el caso de uso del cemento estadounidense, la formulación del aditivo hidrofóbico puede incluir un % en peso más bajo de carbonato de calcio (por ejemplo, o sin carbonato de calcio) y un mayor % en peso de una sal no cálcica, tal como carbonato de magnesio. En otro ejemplo, para el caso de uso del cemento estadounidense, la formulación del aditivo hidrofóbico puede incluir una sal hidrófoba no basada en calcio (por ejemplo, estearato de zinc) en lugar de estearato de calcio u otra sal hidrófoba basada en calcio.

20 En el paso 123, el proceso 100 incluye realizar una o más acciones apropiadas que incluyen, pero no se limitan a, almacenar el aditivo hidrofóbico en un recipiente, formar un material de construcción hidrofóbico mezclando el aditivo hidrofóbico con uno o más materiales de construcción o agregar ingredientes adicionales al aditivo hidrofóbico. En un ejemplo, se sella una cantidad predeterminada del aditivo hidrofóbico en un recipiente.

25 Ejemplos no limitantes de materiales de construcción incluyen cemento y otras mezclas de mortero, mezclas de hormigón, mezclas para paneles de yeso, mezclas de estuco, mezclas de lechada, mezclas de precursores para placas de cemento, precursores para la fabricación de bloques de hormigón, mezclas de precursores para la fabricación de ladrillos, poliestireno, poliuretano y látex. El material de construcción puede incluir uno o más ingredientes

30 precursores de un material de construcción.

En un ejemplo, el paso 123 incluye combinar una mezcladora de hormigón (por ejemplo, cemento, arena, grava, agua, etc.) y el aditivo hidrofóbico en una proporción predeterminada para producir una mezcla de hormigón hidrofóbica. En este ejemplo, la

proporción predeterminada de cemento:aditivo puede ser al menos aproximadamente 2:1, o entre aproximadamente 2:1 y 100:1, entre aproximadamente 10:1 y 50:1, aproximadamente 10:1, aproximadamente 20:1, aproximadamente 50:1, menos de aproximadamente 50:1 o menos de aproximadamente 100:1. En otro ejemplo, el paso 123 incluye combinar material de panel de yeso (por ejemplo, sulfato de calcio dihidratado, yeso, mica y/o arcilla) y el aditivo hidrofóbico en una proporción predeterminada (por ejemplo, una proporción de yeso:aditivo de aproximadamente 3:1, 10:1, 20:1, 50:1, 100:1 u otra proporción adecuada) para producir un aditivo hidrofóbico para paneles de yeso. En otro ejemplo, el paso 123 incluye combinar el mezclador precursor de ladrillo (por ejemplo, sílice, alúmina, arena, cal, etc.) y el aditivo hidrofóbico en una proporción predeterminada (por ejemplo, una proporción de alúmina:aditivo de aproximadamente 3:1, 10:1, 20:1, 50:1, 100:1 u otra proporción adecuada) para producir un aditivo hidrofóbico para fabricar ladrillos impermeables. En otro ejemplo, el paso 123 incluye combinar uno o más ingredientes de cemento (por ejemplo, arena, agregado grueso, cemento, agua, etc.) y el aditivo hidrofóbico en una proporción predeterminada (por ejemplo, 3:1, 10:1, 50:1, 100:1 u otra proporción adecuada) para producir una mezcla de cemento hidrofóbica. En al menos una modalidad, se añaden una o más sales hidrófobas adicionales al aditivo hidrofóbico. Las sales hidrófobas adicionales pueden incluir, pero no limitarse a, estearato de calcio, estearato de magnesio y estearato de zinc.

La FIGURA 1B muestra un aditivo hidrofóbico ejemplar 130, al que se puede hacer referencia en el presente documento como un aditivo hidrofóbico. El aditivo hidrofóbico 130 puede formarse de acuerdo con y como resultado del proceso 100 (FIGURA 1). Como se muestra en la FIGURA 1B, el aditivo hidrofóbico 130 puede incluir uno o más de, pero no se limita a, dióxido de titanio 131, uno o más alótropos de carbono 133, una o más sales de calcio 135, carbonato de magnesio 137, sal(es) hidrófoba(s) adicional(es) 139, y un componente acuoso 141 (por ejemplo, agua). En algunas modalidades, se omite el componente acuoso 141. El alótropo de carbono 133 puede incluir uno o más de, pero no se limita a, grafito, grafeno, grafenileno, nanotubos de carbono, grafito AA' y carbono amorfo. La sal de calcio 135 puede incluir uno o más de, pero no se limita a, carbonato de calcio, fosfato de calcio y oxalato de calcio. La sal hidrofóbica adicional 139 puede incluir uno o más de, pero no se limita a, estearato de calcio, estearato de magnesio o estearato de zinc.

El aditivo hidrofóbico 130 puede incluir cualquier formulación adecuada mostrada o descrita en el presente documento, tal como, por ejemplo, una formulación mostrada en la Tabla 1. En algunas modalidades, el aditivo hidrofóbico 130 omite uno o más componentes mostrados en la FIGURA 1B, tal como, por ejemplo, el carbonato de magnesio 137, la(s)

sal(es) hidrófoba(s) adicional(es) 139 o el componente acuoso 141.

Ingrediente	% en peso del aditivo hidrofóbico
Dióxido de titanio	1-16,5
Alótropo de carbono (por ejemplo, grafito)	1-38,5
Sal de calcio (por ejemplo, carbonato de calcio)	25-82,5
Carbonato de magnesio	0-11
Sal hidrófoba (por ejemplo, estearato de calcio)	15-27,5
Agua	0-10

Tabla 1 Composición de aditivo hidrofóbico ejemplar

Resultados experimentales ejemplares

La siguiente sección describe una o más pruebas experimentales y los resultados de las mismas, realizadas en una o más modalidades de los sistemas y métodos descritos en el presente documento. Las descripciones allí contenidas se proporcionan con el fin de ilustrar diversos elementos de los sistemas y métodos (por ejemplo, como se observa en una o más modalidades). Todas las descripciones, modalidades y similares son de naturaleza ejemplar y no imponen limitaciones a ninguna de las modalidades descritas o anticipadas en el presente documento.

Se analizaron muestras de un aditivo hidrofóbico y varios precursores de aditivos hidrofóbicos para identificar sus componentes moleculares y documentar los cambios químicos y físicos que ocurren durante la fabricación del aditivo hidrofóbico (por ejemplo, durante varios pasos del proceso 100). El aditivo hidrofóbico analizado puede corresponder al aditivo hidrofóbico 130 mostrado en la FIGURA 1B y se describe en este documento. El aditivo hidrofóbico se caracterizó mediante microscopio electrónico de barrido (SEM), espectroscopia de rayos X de energía de dispersión (EDS), difracción de rayos X (XRD) y espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Además, se tomaron muestras del aditivo en diferentes fases del proceso de preparación para identificar los cambios químicos y físicos que ocurren en el mismo. La primera muestra (denominada en el presente documento DP-01) correspondió a los pasos 103-106 del proceso 100 y se describe en las FIGURAS 2A, 3A, 4A, 5, 12, 16, y 18-19. La segunda muestra (denominada en el presente documento DP-02) corresponde al paso 109 del proceso 100 y se describe en las FIGURAS

2B, 3B, 4B, 6, 13, y 17-19. La tercera muestra (denominada en el presente documento DP-03) corresponde a los pasos 112-115 y se describe en las FIGURAS 7A, 8A, 9A, 10, 14, y 20-21. La cuarta muestra (denominada en el presente documento DP-04) corresponde al paso 118 del proceso 100 (por ejemplo, después del calentamiento por microondas) y se describe en las FIGURAS 7B, 8B, 9B, 11, 15, y 20-21.

Se realizó microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopia de rayos X de energía de dispersión (EDS) en el aditivo hidrofóbico para observar la morfología de la superficie y obtener el análisis químico elemental del polvo en diferentes pasos del proceso.

La FIGURA 2A muestra una imagen SEM 200A de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar de acuerdo con diversas modalidades de la presente divulgación. El precursor del aditivo hidrofóbico que se muestra en la imagen SEM 200A puede corresponder a antes de que el precursor del aditivo hidrofóbico se someta a procesos de mezclado y calentamiento por microondas.

La FIGURA 2B muestra una imagen SEM 200B de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con varias modalidades de la presente divulgación; El precursor del aditivo hidrofóbico que se muestra en la imagen SEM 200B puede corresponder a después de que el precursor del aditivo hidrofóbico se somete a procesos de mezcla y calentamiento por microondas.

En particular, las FIGURAS 2A a 2B muestran imágenes SEM con un aumento de 100x de una mezcla de grafito y dióxido de titanio antes (200A, FIGURA 2A) y después (200B, FIGURA 2B) de los procesos de mezclado y calentamiento por microondas. Los granos de grafito se midieron utilizando ImageJ. Los tamaños resultantes medidos fueron tan grandes como 228 pm antes de los procesos de mezclar y calentar por microondas y tan grandes como 134 pm (medidos usando ImageJ) después de los procesos de mezclar y de calentar por microondas, lo que corresponde a una reducción de aproximadamente el 42 %. Esto muestra que mezclar el material es eficaz para reducir el tamaño del grano de grafito.

La FIGURA 3A muestra una imagen SEM 300A de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar de acuerdo con diversas modalidades de la presente divulgación. El precursor del aditivo hidrofóbico que se muestra en la imagen SEM 300A puede corresponder a antes de que el precursor del aditivo hidrofóbico sea sometido a procesos de mezclado y calentamiento por microondas.

La FIGURA 3B muestra una imagen SEM 300B de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con varias modalidades de la presente divulgación; El precursor del aditivo hidrofóbico que se muestra en la imagen SEM 300B puede corresponder a después de que el precursor del aditivo hidrofóbico se somete a procesos de mezclado y calentamiento por microondas.

En particular, las FIGURAS 3A a 3B muestran imágenes SEM con aumentos de 2000x y 7500x, de la mezcla de grafito y dióxido de titanio antes (300A, FIGURA 3A) y después (300B, FIGURA 3B) los procesos de mezclado y calentamiento por microondas. A mayores aumentos (por ejemplo, 2000x y 7500x), las nanopartículas de dióxido de titanio son visibles. A 2000x (300A, FIGURA 3A), se observa aglomeración del titanio sobre la superficie del grafito antes de mezclar y calentar por microondas. La imagen 300B muestra claramente una mejor distribución del dióxido de titanio después de mezclar y calentar por microondas.

La FIGURA 4A muestra una imagen SEM 400A de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar de acuerdo con diversas modalidades de la presente divulgación. El precursor del aditivo hidrofóbico que se muestra en la imagen SEM 400A puede corresponder a antes de que el precursor del aditivo hidrofóbico sea sometido a procesos de mezclado y calentamiento por microondas.

La FIGURA 4B muestra una imagen SEM 400B de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con varias modalidades de la presente divulgación; El precursor del aditivo hidrofóbico que se muestra en la imagen SEM 400B puede corresponder a después de que el precursor del aditivo hidrofóbico se somete a procesos de mezclado y calentamiento por microondas.

El tamaño de grano del dióxido de titanio también se midió usando el software ImageJ y se encontró que variaba ligeramente en tamaño (imagen 400A, FIGURA 4A). La nanopartícula de dióxido de titanio más pequeña observada antes de mezclar y calentar por microondas se midió a aproximadamente 113 nm (imagen 400A, FIGURA 4A). Después del proceso de mezclar y calentar por microondas, la partícula más pequeña se midió a 93 nm (imagen 400B, FIGURA 4B), lo cual es una reducción de aproximadamente el 18 %. Los granos de dióxido de titanio parecen una aglomeración de varios granos más pequeños. Esto indica que el dióxido de titanio incluye nanopartículas aglomeradas (también denominadas "nanocristales"), cuyo tamaño puede reducirse ligeramente mediante el proceso de mezclado.

La FIGURA 5 muestra un gráfico 500 de resultados obtenidos del análisis EDS de una

composición precursora de aditivo hidrofóbico ejemplar de acuerdo con diversas modalidades de la presente divulgación. La composición precursora del aditivo hidrofóbico que se muestra en el gráfico 500 puede corresponder a antes de que el precursor del aditivo hidrofóbico se someta a procesos de mezclado y calentamiento por microondas. El gráfico 500, gráfico 600 (FIGURA 6), gráfico 1000 (FIGURA 10), y el gráfico 1100 (FIGURA 11) incluyen las siguientes columnas: 1) Elemento (Elt.) de acuerdo con la tabla periódica; 2) Línea de emisión mostrada (por ejemplo, Ka corresponde a la línea de emisión K-alfa); 3) intensidad medida en la velocidad de la luz (c) por segundo (s); 4) concentración (Conc.); y 5) Unidades que muestran las unidades de concentración (por ejemplo, la muestra analizada en el gráfico 1100 mostrado en la FIGURA 11 incluía 54,63 % en peso de Carbono).

La FIGURA 6 muestra un gráfico 600 de resultados obtenidos del análisis EDS de una composición precursora de aditivo hidrofóbico ejemplar de acuerdo con diversas modalidades de la presente divulgación. La composición precursora del aditivo hidrofóbico que se muestra en el gráfico 600 puede corresponder a después de que el precursor del aditivo hidrofóbico se someta a procesos de mezclado y calentamiento por microondas.

También se realizó un análisis elemental en las muestras antes (por ejemplo, gráfico 500, FIGURA 5) y después (por ejemplo, gráfico 600, FIGURA 6) de los procesos de mezclar y calentar por microondas. El gráfico 500 muestra los elementos presentes en las muestras antes de ser mezcladas y calentadas por microondas, y el gráfico 600 muestra los elementos presentes en la muestra después de ser mezcladas y calentadas por microondas. Aunque algunos elementos muestran un porcentaje en peso inferior al 0,1 % (Na, Mg), la eliminación de carbono y oxígeno en el análisis elemental confirma su porcentaje en peso por encima del valor umbral del 0,1 %. La composición elemental muestra ligeras variaciones entre las muestras (por ejemplo, que son comunes porque el análisis elemental se centra en un área pequeña y no corresponde a la totalidad de las muestras). El análisis muestra que el 95,8 % del peso proviene de carbono, titanio, oxígeno, que corresponden al grafito y dióxido de titanio utilizados como materias primas, predominando claramente el carbono (por ejemplo, 79 %). Otros elementos considerados impurezas, como el sodio, magnesio, aluminio, silicio, potasio y hierro, solo representan el 4,2 % del peso total.

La FIGURA 7A muestra una imagen SEM 700A de un aditivo hidrofóbico ejemplar de acuerdo con diversas modalidades de la presente divulgación. El aditivo hidrofóbico que se muestra en la imagen SEM 700A puede corresponder a antes de que el aditivo hidrofóbico fuera sometido a procesos de mezclado y calentamiento por microondas.

La FIGURA 7B muestra una imagen SEM 700B de un aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con varias modalidades de la presente divulgación; El aditivo hidrofóbico que se muestra en la imagen SEM 700B puede corresponder a después de que el aditivo hidrofóbico se somete a procesos de mezclado y calentamiento por microondas.

5 La FIGURA 8A muestra una imagen SEM 800A de un aditivo hidrofóbico ejemplar de acuerdo con diversas modalidades de la presente divulgación. El aditivo hidrofóbico que se muestra en la imagen SEM 800A puede corresponder a antes de que el aditivo hidrofóbico fuera sometido a procesos de mezclado y calentamiento por microondas.

10 La FIGURA 8B muestra una imagen SEM 800B de un aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con varias modalidades de la presente divulgación; El aditivo hidrofóbico que se muestra en la imagen SEM 800B puede corresponder a después de que el aditivo hidrofóbico se somete a procesos de mezclado y calentamiento por microondas.

En particular, las FIGURAS 7A a 7B muestran imágenes SEM con un aumento de 100x de muestras que incluyen dióxido de titanio, grafito, carbonato de calcio y carbonato de magnesio antes (por ejemplo, imagen 700A) y después (por ejemplo, imagen 700B) de mezclar y calentar por microondas. Comparando las imágenes 700A y 700B, la morfología del polvo parece cambiar después de los procesos de mezclado y calentamiento por microondas. Tras una investigación más profunda con aumentos más altos de 500x (por ejemplo, imagen 800A) y 2000x (por ejemplo, imagen 800B), se puede observar que persisten diferencias entre las muestras DP-03 y DP-04.

La FIGURA 9A muestra una imagen SEM 900A de un aditivo hidrofóbico ejemplar de acuerdo con diversas modalidades de la presente divulgación. El aditivo hidrofóbico que se muestra en la imagen SEM 900A puede corresponder a antes de que el aditivo hidrofóbico fuera sometido a procesos de mezclado y calentamiento por microondas.

25 La FIGURA 9B muestra una imagen SEM 900B de un aditivo hidrofóbico ejemplar, de acuerdo con varias modalidades de la presente divulgación; El aditivo hidrofóbico que se muestra en la imagen SEM 900B puede corresponder a después de que el aditivo hidrofóbico se somete a procesos de mezclado y calentamiento por microondas.

30 Como se muestra en 900A, 900B, el polvo en la superficie del aditivo hidrofóbico parece "más borroso" después de mezclarlo y calentarlo por microondas. Comparando 900A-B con las imágenes SEM anteriores 200A-B, 300A-B, 400A-B que se muestran en las

FIGURAS 2A a 2B, 3A a 3B y 4A a 4B, se puede observar que los materiales difusos son los carbonatos y, por lo tanto, el cambio en la morfología de la superficie puede atribuirse a la interacción entre carbonatos de calcio y magnesio y/o entre uno o más carbonatos y dióxido de titanio.

5 La FIGURA 10 muestra un gráfico 1000 de resultados obtenidos del análisis EDS de una composición de aditivo hidrofóbico ejemplar de acuerdo con diversas modalidades. La composición del aditivo hidrofóbico que se muestra en el gráfico 1000 puede corresponder a antes de que el aditivo hidrofóbico se someta a procesos de mezclado y calentamiento por microondas.

10 La FIGURA 11 muestra un gráfico 1100 de resultados obtenidos del análisis EDS de una composición de aditivo hidrofóbico ejemplar de acuerdo con diversas modalidades. La composición del aditivo hidrofóbico que se muestra en el gráfico 1100 puede corresponder a después de que el aditivo hidrofóbico se someta a procesos de mezclado y calentamiento por microondas. El análisis elemental se realizó en muestras de aditivo antes (por ejemplo, gráfico
15 1000, FIGURA 10) y después (por ejemplo, gráfico 1100, FIGURA 11) de un segundo proceso de mezclado y calentamiento por microondas. Todos los elementos mostrados tienen un porcentaje en peso superior al umbral mínimo del 0,1 %, incluso antes de eliminar el carbono y el oxígeno del análisis. Se puede observar un aumento significativo en el porcentaje de oxígeno cuando se compara con las muestras descritas en las FIGURAS 5-6, que se debe a
20 la adición de carbonato de calcio y magnesio. El calcio y el magnesio también son componentes significativos de estas muestras, como se muestra en las tablas 1000, 1100, correspondientes a los carbonatos de calcio y magnesio. En comparación con las muestras mostradas en las FIGURAS 5-6, el sodio y el hierro no están presentes en el análisis EDS de las muestras que se muestran en los gráficos 1000, 1100. Ambos elementos estaban
25 anteriormente presentes en cantidades muy pequeñas y, con la adición de más polvo, su porcentaje en peso se redujo aún más por debajo del umbral mínimo del 0,1 %. Los elementos correspondientes a las materias primas, que son carbono, oxígeno, magnesio, calcio y titanio, suponen el 98,4 % en peso. Las impurezas constituyen hasta el 1,6 % del peso total y están compuestas por los elementos químicos de aluminio, silicio y potasio.

30 Las muestras antes mencionadas se analizaron mediante difracción de rayos X (XRD). El espectro resultante de cada muestra se analizó para identificar las estructuras cristalinas presentes en cada polvo, precursor de aditivo o aditivo derivado del mismo.

La FIGURA 12 muestra un gráfico 1200 de resultados de difracción de rayos X (XRD)

ejemplares obtenidos del análisis XRD de un aditivo hidrofóbico de acuerdo con diversas modalidades de la presente divulgación. El aditivo hidrofóbico que se muestra en el gráfico 1200 puede corresponder a antes de que el aditivo hidrofóbico se someta a procesos de mezclado y calentamiento por microondas.

5 El espectro para la muestra de la FIGURA 5 se muestra en el gráfico 1200. Las fases cristalinas identificadas con una cifra de mérito (FoM por sus siglas en inglés) superior a 0,6 fueron rutilo (p. ej., dióxido de titanio), grafito, haloisita (p. ej., hidróxido de silicato de aluminio), hierro (Fe) y óxido de hierro. La haloisita y el hierro son impurezas presentes en el dióxido de titanio y los polvos de grafito. De acuerdo con la espectroscopia de rayos X de energía de dispersión (EDS) anterior, el aluminio y el silicio se combinan en un 2,87 % del peso total, que son los principales constituyentes de la haloisita. El hierro también está presente en pequeñas cantidades, el 0,65 % del peso total, de acuerdo con la EDS anterior. Esto es de esperar, ya que el rutilo natural puede contener hasta un 10 % de hierro. Es probable que la haloisita, una forma de arcilla, sea una impureza que se encuentra en el grafito. Los picos de XRD para rutilo y grafito son agudos, lo que indica un alto grado de cristalinidad. En el caso del grafito, muestra un alto grado de grafitización, lo que apunta a capas de redes de carbono hexagonales bien ordenadas. Se encontró que la separación entre capas de grafito era de 3,4 Å, lo que concuerda con los valores de la literatura. No se detectaron picos correspondientes a óxido de grafito, óxido de grafeno reducido o grafeno, como sí ocurre en otros experimentos previos utilizando calentamiento por microondas y óxido de grafito como precursores.

La FIGURA 13 muestra un gráfico 1300 de resultados de difracción de rayos X (XRD) ejemplares obtenidos del análisis XRD de un aditivo hidrofóbico de acuerdo con una modalidad.

El espectro de la muestra analizada en la FIGURA 6 se muestra en el gráfico 1300. Se identificaron las mismas fases cristalinas que antes. Como puede verse en las FIGURAS 12-13, los espectros XRD tienen los picos principales en las mismas ubicaciones de 2θ ángulos y solo varían en altura y ancho para algunos de los picos. El tamaño de los cristallitos se puede determinar utilizando la ecuación de Scherrer, la cual se puede escribir como $T = K\lambda / 3\cos\theta$, donde r es el tamaño medio de los dominios cristalinos, K es un factor de forma adimensional, generalmente de aproximadamente 0,9, λ es la longitud de onda de los rayos X, θ es la línea que se ensancha a la mitad de la intensidad máxima (FWHM) y λ es la longitud de onda del ángulo Bragg. Usando esta ecuación, el dióxido de titanio en fase rutilo en la muestra de la FIGURA 5 tiene un tamaño cristalino de 20,46 nm usando el pico a 27,4°. Para el mismo

compuesto en la muestra de la FIGURA 6, el tamaño cristalino es 29,72 nm usando un pico a 27,4°. Más comúnmente, la ecuación de Scherrer debe usarse en un pico de difracción sin superposición de reflejos de otros cristales, lo que corresponde al pico de 27,4° para el dióxido de titanio y un crecimiento cristalino del dióxido de titanio del 45 % debido al calentamiento por microondas. El tamaño de los cristales no debe confundirse con el tamaño de las partículas, lo cual es una aglomeración de múltiples cristales. El crecimiento de los cristales indica que los cristales de dióxido de titanio aglomerados se están fusionando debido al calor creado por el proceso de calentamiento por microondas. El espaciado entre capas de grafito permaneció igual en 3,4 Å, aunque el tamaño del cristal de grafito del pico de 26,5° creció de 27,23 nm a 30,45 nm (por ejemplo, aproximadamente un aumento del 12 %).

La FIGURA 14 muestra un gráfico 1400 de resultados de difracción de rayos X (XRD) ejemplares obtenidos del análisis XRD de un aditivo hidrofóbico de acuerdo con una modalidad.

El gráfico 1400 muestra un espectro XRD para la muestra mostrada en la FIGURA 10.

La fase cristalina identificada mediante el análisis con FoM cercana o superior a 0,6 fue carbonato de calcio (CaCCh), dolomita (por ejemplo, carbonato de calcio y magnesio), grafito (por ejemplo, carbono (C)), haloisita (hidróxido de silicato de aluminio) y rutilo (dióxido de titanio). No se detectaron hierro ni óxido de hierro en la muestra debido a su baja cantidad en comparación con otros compuestos en la muestra de polvo. La otra impureza, haloisita, todavía se detectó en esta muestra, e incluso aumentó en su proporción de cantidad semicuantitativa con respecto al grafito y al rutilo en comparación con las muestras mostradas en las FIGURAS 5-6. La haloisita es un mineral arcilloso que a menudo se encuentra cerca de rocas carbonatadas. Las rocas carbonatadas son una clase de rocas sedimentarias compuestas principalmente de minerales carbonatados. Los dos tipos principales son la piedra caliza (por ejemplo, compuesta de calcita o aragonita) y la roca dolomita (por ejemplo, compuesta de dolomita mineral). La haloisita aumenta su proporción en peso semicuantitativa con respecto al grafito y al rutilo en comparación con las muestras de las FIGURAS 5-6, debido a que la sustancia es una impureza de rocas carbonatadas, así como de grafito (por ejemplo, ambos presentes en la muestra de la FIGURA 10). Se encontró que la separación entre capas de grafito era de 3,4 Å (por ejemplo, lo que indica que no hay cambios).

La FIGURA 15 muestra un gráfico 1500 de resultados de difracción de rayos X (XRD) ejemplares obtenidos del análisis XRD de un aditivo hidrofóbico de acuerdo con una modalidad.

El gráfico 1500 muestra un espectro XRD correspondiente a la muestra representada en la FIGURA 11. El análisis identificó las mismas fases cristalinas que la muestra representada en la FIGURA 14. Las posiciones de los picos prácticamente no cambian, lo cual muestra que el proceso de calentamiento por microondas entre las muestras de la FIGURA 14 y la FIGURA 15 no provocan ningún cambio de fase importante. El tamaño del cristal de dióxido de titanio sólo creció aproximadamente un 5 % en comparación con la muestra representada en las FIGURAS 6 y 13. El tamaño del cristal de grafito en el pico de $26,5^\circ$ permaneció prácticamente sin cambios en comparación con la muestra representada en la FIGURA 13 (por ejemplo, 29,5 nm para la FIGURA 15 frente a 30,5 nm para la FIGURA 13). El espacio entre capas de grafito se mantuvo en 3,4 Å para todas las muestras, lo que muestra que la estructura molecular del grafito no cambió durante todo el proceso. Sólo la mezcla del polvo provocó una modificación del grafito al disminuir su tamaño de grano. Para el carbonato de calcio (calcita), el espaciado interplanar (d) correspondiente a su pico principal a $29,46^\circ$ permaneció sin cambios entre las muestras de las FIGURAS 14 y 15 (por ejemplo, 3,03 nm). Además, el tamaño del cristal para el mismo pico no cambió debido al proceso de mezcla y calentamiento por microondas (por ejemplo, 25,4 nm). De manera similar, el espaciado interplanar (d) y el tamaño del cristal correspondiente a la dolomita para la posición del pico a $30,90^\circ$ permanecieron prácticamente sin cambios, en valores de 2,89 nm (por ejemplo, sin cambios) y 28,5 nm (por ejemplo, menos del 5 % de cambio), respectivamente.

Las FIGURAS 16-22 muestran resultados ejemplares de análisis de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) realizado en una o más muestras de precursores de mezcla, como las representadas en las FIGURAS 5-6, 10-11 anteriores y potencialmente ingredientes adicionales del aditivo (ver FIGURA 22 que muestra resultados FTIR para estearato de calcio).

La FIGURA 16 muestra un espectro 1600 obtenido mediante espectroscopía FTIR realizada en la composición precursora de aditivo hidrofóbico representada en las FIGURAS 5 y 12.

El compuesto combinado fueron plaquetas de mica recubiertas de dióxido de titanio (oro flamenco 100). El pico alrededor de 700 cm^{-1} corresponde a las vibraciones del enlace Ti-O-Ti presentes en las nanopartículas de dióxido de titanio. Los picos a 1000 cm^{-1} y 3650 cm^{-1} corresponden a mica o haloisita; ambos son tipos de arcilla. Más específicamente, el pico a 1000 cm^{-1} corresponde a las vibraciones de los enlaces Si-O y Si=O en arcilla (p. ej., mica, haloisita). Un pico más corto alrededor de 900 cm^{-1} corresponde a las vibraciones del enlace

Al-OH presentes en la mica ($X_2Y_{4-6}Z_8O_{20}(OH,F)_4$, donde $X=Na, K$ o Ca , $Y=Al, Mg$ o Fe , $Z=Si$ o Al) y haloisita ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$). Aunque no se ven picos de grafito en el espectro de IR, en las figuras siguientes se ven pequeños picos debido a otros grupos de oxígeno o hidrógeno adheridos a la superficie. Un pico alrededor de 1700 cm^{-1} , aunque pequeña, está relacionada con los enlaces C=O en la superficie del grafito. El pico único alrededor de 1250 cm^{-1} se debe a las vibraciones de los enlaces C-O-C en el CO_2 . Un pico alrededor de 1100 cm^{-1} se debe a los enlaces C-O en la superficie del grafito. Otro ligero pico alrededor de 1400 cm^{-1} corresponde a las vibraciones del enlace C-H sobre la superficie del grafito.

La FIGURA 17 muestra un espectro 1700 obtenido mediante espectroscopía FTIR realizada en la composición precursora de aditivo hidrofóbico de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar representado en las FIGURAS 6 y 13. El software utilizado en el análisis también identificó el compuesto como plaquetas recubiertas de dióxido de titanio (por ejemplo, oro flamenco 100). Los mismos picos mostrados en el espectro 1600 de la FIGURA 16 son visibles en el espectro 1700.

Las FIGURAS 18-19 muestran superposiciones respectivas de los espectros 1600, 1700 en el mismo gráfico, incluyendo, en la FIGURA 19, espectros ampliados para un rango de número de onda de $600\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$. Los picos cerca de 900 cm^{-1} (p. ej., Al-OH), 1100 cm^{-1} (p. ej., C-O) y 1250 cm^{-1} (por ejemplo, C-O-C) son más claramente visibles en la FIGURA 19, confirmando lo analizado previamente para la muestra representada en las FIGURAS 5, 12, y 16. El pico correspondiente a la vibración del enlace Ti-O-C (por ejemplo, $\sim 800\text{ cm}^{-1}$) no es visible en el espectro de la muestra representada en las FIGURAS 6, 13 y 17, lo que se esperaría si se formara un enlace entre el dióxido de titanio y el grafito durante el calentamiento por microondas. Sin embargo, otras fuentes científicas indican que otros picos entre $500\text{-}700\text{ cm}^{-1}$ corresponden a enlaces Ti-O con superficie gráfica. Además, un corrimiento al rojo o ensanchamiento de banda en un pico de Ti-O también indica recombinación de Ti-O-Ti con Ti-O-C.

En diversas modalidades y como se muestra, el pico cerca de 700 cm^{-1} de hecho se desplaza ligeramente a un número de onda más bajo (por ejemplo, desplazamiento al rojo), lo que indica una interacción de enlace entre el dióxido de titanio y la superficie del grafito.

La FIGURA 20 muestra un espectro 2000 obtenido mediante espectroscopía FTIR realizada en la composición precursora de aditivo hidrofóbico de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar representado en las FIGURAS 10 y 14.

La FIGURA 21 muestra un espectro 2100 obtenido mediante espectroscopía FTIR realizada en la composición precursora de aditivo hidrofóbico de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar representado en las FIGURAS 11 y 15.

El espectro FTIR 2000 mostrado en las FIGURAS 20-21 corresponde a la muestra DP-03 mostrada y descrita en el presente documento. Los espectros 2000 demuestran que la adición de carbonatos de calcio y magnesio cambia claramente y domina el espectro debido a la alta cristalinidad y vibraciones de CaCO_3 y $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Los picos cercanos a 2500, 1800, 1400, 900 y 700 cm^{-1} todos corresponden a vibraciones de enlaces en calcita; sin embargo, la calcita comparte los picos cerca de 2500, 1800, 900 y 700 cm^{-1} con dolomita. El pico cerca de 1400 cm^{-1} que aparece en calcita está ligeramente desplazado al azul en dolomita a 1410 cm^{-1} . En diversas modalidades, los espectros 2000 confirman la presencia de dolomita en la muestra representada por las FIGURAS 10, 14. El doble pico cerca de 2900 cm^{-1} y 2850 cm^{-1} en los espectros 2000, 2001 corresponde a calcita y dolomita con bajo contenido de magnesio, respectivamente. El pequeño pico cerca de 1000 cm^{-1} corresponde a haloisita, como se discutió anteriormente. El doble pico en y cerca de 700 cm^{-1} se debe al dióxido de titanio, así como a las vibraciones de la calcita y la dolomita. Las otras vibraciones relacionadas con los grupos de oxígeno e hidrógeno en la superficie del grafito son superficiales o se superponen con otras vibraciones de carbonato (C-O) que se originan en la calcita y la dolomita.

Hay algunas ligeras diferencias entre los espectros de 2000 y 2001, tales como, por ejemplo, un ligero ensanchamiento del pico cerca de 1400 cm^{-1} , el acortamiento de los picos cerca de 2900, 2850, 1570 y 1540 cm^{-1} , y el ensanchamiento de la banda entre 600- 700 cm^{-1} . El ensanchamiento del pico cerca de 1400 cm^{-1} se debe a la unión entre los polvos de carbonato. El acortamiento de los picos cercanos a los 2900 cm^{-1} y 2850 cm^{-1} corresponde a la unión de la calcita y la dolomita. Esto hace que los picos pertenecientes a calcita baja en magnesio (p. ej., 2900 cm^{-1}) y dolomita (p. ej., 2850 cm^{-1}) menos visible; sin embargo, el pico cerca de 2500 cm^{-1} (p. ej., el cual es debido a la calcita con alto contenido de magnesio) permanece sin cambios. Estos cambios sugieren una interacción entre los carbonatos de calcio y magnesio debido al calentamiento por microondas. La banda que se ensancha a 600-700 cm^{-1} se debe al enlace del dióxido de titanio con el carbono (Ti-O-C), como se observó en el proceso de calentamiento por microondas anterior, lo que indica una continuación del enlace iniciado anteriormente en el proceso.

La FIGURA 22 muestra un espectro infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) 2200 de un precursor de aditivo hidrofóbico ejemplar, el estearato de calcio.

La FIGURA 23 muestra un diagrama de flujo de un proceso de fabricación de material de construcción 2300 ejemplar.

El proceso 2300 puede incluir realizar uno o más procesos de fabricación de aditivos hidrofóbicos, tal como una modalidad del proceso 100 mostrado en la FIGURA 1A y se describe en el presente documento. En algunas modalidades, el aditivo hidrofóbico producido mediante el proceso 100 se puede envasar en cantidades predeterminadas. Por ejemplo, una cantidad de 50 kg de aditivo hidrofóbico se puede dividir y envasar en recipientes sellados de 1 kg. En este ejemplo, cada contenedor de 1 kg se puede utilizar para tratar 50 kg de un material de construcción, tal como el hormigón.

En el paso 2303, el proceso 2300 incluye introducir el aditivo hidrofóbico en uno o más materiales de construcción. Los materiales de construcción pueden incluir, pero no limitarse a, hormigón, cemento, mortero, mezclas de agregados, estuco, paneles de yeso, ferrock, hormigón a base de celulosa (por ejemplo, hormigón de madera), hormigón a base de cenizas volantes (por ejemplo, hormigón de ceniza), hormigón a base de arena (por ejemplo, finito), poliestireno, látex, látex acrílico, poliuretano o uno o más ingredientes precursores del mismo. El material de construcción puede estar en forma sólida, semisólida, líquida o gaseosa.

Introducir el aditivo hidrofóbico en el material de construcción puede incluir depositar el aditivo hidrofóbico en el material de construcción, o viceversa. La introducción del aditivo hidrofóbico puede incluir agitar, mezclar y/o revolver el material de construcción y el aditivo hidrofóbico para asegurar una dispersión suficiente en todas partes. El aditivo hidrofóbico se puede introducir durante la producción del material de construcción. Por ejemplo, durante el mezclado del mortero, el aditivo hidrofóbico se puede mezclar con otros ingredientes secos, tales como arena fina y cal. Siguiendo con el ejemplo, se puede introducir una porción de agua suficiente en la mezcla seca para formar un mortero tratado con aditivos. La mezcla del aditivo hidrofóbico con el material de construcción, o precursor(es) del mismo, puede ocurrir durante cualquier período de tiempo y número de repeticiones adecuados. En un ejemplo, un camión mezclador contiene 1000 kg de cemento. En este ejemplo, se pueden agregar 20 kilogramos (kg) del aditivo hidrofóbico al camión mezclador y mezclar durante aproximadamente 3 a 5 minutos, o cualquier período adecuado, para asegurar una distribución e incorporación suficientes.

El % en peso del aditivo hidrofóbico después del mezclado puede ser al menos aproximadamente 5 %, aproximadamente 5-50 % o menos de aproximadamente 50 %. Por ejemplo, el % en peso puede ser aproximadamente 2 %. El % en peso puede basarse en un

material de construcción particular (por ejemplo, o clase del mismo) con el cual se mezclará el aditivo hidrofóbico. Por ejemplo, el % en peso puede ser aproximadamente del 5 al 10 % cuando se mezcla con cemento Portland americano y aproximadamente del 2 al 5 % cuando se mezcla con cemento brasileño.

- 5 En diversas modalidades, una relación de volumen de líquido, masa de polvo seco entre el aditivo hidrofóbico y el material de construcción está entre aproximadamente 1:2 y 1:10. El aditivo hidrofóbico 300 se puede mezclar, en cantidades adecuadas, con materiales de construcción en forma líquida o semilíquida (por ejemplo, poliestireno, estireno, poliuretano, látex, látex acrílico, etc.) para formar un compuesto hidrófobo. En un ejemplo, se
- 10 puede formar un compuesto (por ejemplo, poliestireno hidrofóbico) mezclando 300 gramos del aditivo hidrofóbico 300 con 1 L de poliestireno (por ejemplo, u otra cantidad adecuada del material de construcción con una proporción en el intervalo de 1:2 y 1:10). En otro ejemplo, se pueden mezclar 500 gramos del aditivo hidrofóbico 300 con 1 L de látex acrílico para formar un compuesto (por ejemplo, látex acrílico hidrofóbico). En otro ejemplo, se mezclan 600
- 15 gramos del aditivo hidrofóbico 300 con 1 L de poliuretano para formar un compuesto (por ejemplo, poliuretano hidrófobo).

- En el paso 2306, el proceso 2300 incluye introducir uno o más aditivos al material de construcción tratado con aditivos. Los aditivos no limitantes incluyen tintes, indicadores, materiales de refuerzo del rendimiento u otros agentes adecuados. En un ejemplo, para
- 20 mejorar la resistencia a la tracción, se introducen nanotubos de carbono en una mezcla de hormigón tratada con aditivos.

- En el paso 2309, el proceso 2300 incluye empaquetar el material de construcción tratado con aditivo, o uno o más precursores del mismo. El aditivo hidrofóbico se puede introducir en uno o más ingredientes secos de un material de construcción. El ingrediente seco
- 25 tratado con un aditivo hidrofóbico se puede envasar en un recipiente adecuado para su uso posterior. En algunas modalidades, la introducción del aditivo hidrofóbico para secar los precursores de un material de construcción puede ventajosamente hacer que los precursores sean más resistentes al agua o impermeables (por ejemplo, lo que puede mejorar la estabilidad de los materiales durante el almacenamiento y el transporte). En un ejemplo, se
- 30 introduce 1 kg de aditivo hidrofóbico en 50 kg de mezcla de hormigón seca. Siguiendo con el ejemplo, la mezcla de hormigón tratada con aditivo hidrofóbico se sella en un recipiente para su almacenamiento y transporte.

 En el paso 2312, el proceso 2300 incluye transportar el material de construcción. El

transporte puede incluir transporte vehicular (p. ej., transporte dentro de un vehículo y transporte a través del vehículo), bombeo del material de construcción (p. ej., desde un recipiente de mezclado hasta un sitio objetivo deseado) o liberación del material de construcción (p. ej., mediante vertido o descarga del material de construcción de un recipiente de mezclado).

En el paso 2315, el proceso 2300 incluye realizar una o más acciones apropiadas que incluyen, pero no se limitan a, desplegar el material de construcción en un sitio objetivo (por ejemplo, mediante bombeo, vertido, etc.), formar el material de construcción en una o más formas deseadas (por ejemplo, moldeo y fundición), e instalar el material de construcción en el sitio objetivo (por ejemplo, orientar y asegurar una forma de material de construcción en el sitio objetivo).

La FIGURA 24 muestra un diagrama de flujo de un proceso de fabricación de hormigón ejemplar 2400.

El proceso 2400 puede incluir realizar uno o más procesos de fabricación de aditivos hidrofóbicos, tal como una modalidad del proceso 100 mostrado en la FIGURA 1A y se describe en el presente documento.

En el paso 2403, el proceso incluye mezclar el aditivo hidrofóbico con hormigón (por ejemplo, agregado seco y cemento). El aditivo hidrofóbico se puede mezclar con ingredientes de hormigón secos o con una mezcla de hormigón húmeda. En un ejemplo, se abre un saco de hormigón de 50 kg y se deposita en un recipiente de mezcla seca. Continuando con el ejemplo, se añade 1 kg de aditivo al recipiente de mezcla seca antes de la introducción de un componente acuoso suficiente. En algunas modalidades, el aditivo hidrofóbico se mezcla con ingredientes del hormigón en presencia de un componente acuoso. En un escenario ejemplar, un camión mezclador con 1.000 kg de cemento y una cantidad suficiente de agregados está estacionado junto a una obra. Para realizar el mezclado se introduce en el camión mezclador un saco de 20 kg de aditivo hidrofóbico.

El hormigón y el aditivo hidrofóbico se pueden mezclar mediante cualquier método manual o mecanizado adecuado. La mezcla puede ocurrir durante un período predeterminado de aproximadamente 3-5 minutos, 5-10 minutos, 10-15 minutos o cualquier intervalo adecuado. En al menos una modalidad, durante el mezclado, la mezcla de hormigón y aditivo hidrofóbico se mantiene a una temperatura de al menos 4 °C. En algunas modalidades, mezclar el hormigón y el aditivo hidrofóbico incluye medir la temperatura del hormigón antes

de, durante y/o después del mezclado y verificar que la temperatura alcanza un umbral predeterminado.

5 Para hormigón premezclado, el aditivo hidrofóbico se puede mezclar con cemento en una planta durante 3 a 5 minutos, 3 a 5 minutos, 5 a 10 minutos, 10 a 15 minutos o cualquier período de tiempo adecuado. Se pueden mezclar agregados, arena, grava y/o agua en la planta. La mezcla de hormigón se puede verter en un recipiente mezclador (por ejemplo, un camión mezclador) y seguir mezclando durante al menos 5 minutos para asegurar una distribución uniforme del aditivo hidrofóbico por todo el hormigón.

10 Para plantas mezcladoras de hormigón prefabricado, el aditivo hidrofóbico se puede mezclar con cemento durante 2 a 3 minutos, 3 a 5 minutos, 5 a 10 minutos, 10 a 15 minutos o cualquier período de tiempo adecuado, antes de agregar el cemento al agregado y al agua (por ejemplo, y, en algunas modalidades, realizar una mezcla adicional para garantizar una distribución uniforme). En una o más modalidades, los tiempos de mezclado descritos en el presente documento aumentan o disminuyen en función de la eficiencia de la maquinaria y
15 los procesos mediante los cuales se realiza la mezcla.

Mezclar el aditivo hidrofóbico y el hormigón puede incluir confirmar (por ejemplo, mediante medios visuales u otros medios adecuados) que el aditivo hidrofóbico está distribuido homogéneamente por todo el hormigón. En diversas modalidades, para evitar la formación de grumos y una mala dispersión, el aditivo hidrofóbico nunca se agrega
20 directamente al agua (por ejemplo, se puede introducir agua en el aditivo hidrofóbico durante la mezcla con ingredientes no acuosos).

En el paso 2406, el proceso incluye mezclar uno o más aditivos en el hormigón tratado con aditivo hidrofóbico. Los ejemplos no limitantes de aditivos incluyen aditivos inclusores de aire, otros aditivos reductores de agua u otros compuestos, aditivos retardantes, aditivos
25 aceleradores, plastificantes, superplastificantes y agentes fortalecedores, tales como nanotubos de carbono o grafeno.

En el paso 2409, el proceso incluye moldear el hormigón tratado con aditivo hidrofóbico en una o más formas deseadas. El vaciado se puede realizar mediante cualquier técnica adecuada, tal como verter el hormigón en un molde y/o sobre una subestructura, tal como una
30 celosía de acero. El vaciado del hormigón puede incluir alisar el hormigón mediante medios adecuados (por ejemplo, planos alisadores, etc.). El vaciado del hormigón puede incluir la eliminación de burbujas de aire, burbujas de agua y otros huecos mediante medios adecuados

(por ejemplo, rastrillos, mecanismos vibratorios, etc.).

En el paso 2412, el proceso incluye curar la forma. Curar la forma puede incluir permitir que la forma descansa sin ser alterada durante un período de tiempo predeterminado. Los parámetros de curado pueden basarse en la mezcla de hormigón particular utilizada. Los
5 aditivos hidrofóbicos descritos en este documento pueden carecer de un requisito de curado posterior a la mezcla a menos que estén presentes condiciones climáticas extremas o cálidas y húmedas (por ejemplo, el curado posterior a la mezcla puede estar dictado por el material de construcción en el que se introduce el aditivo hidrofóbico). Cuando hay condiciones cálidas y húmedas, lluvia intensa o nieve, una ligera nebulización con agua aproximadamente 24
10 horas después del colado puede garantizar un curado controlado.

El tiempo de endurecimiento del hormigón tratado con los presentes aditivos hidrofóbicos no se ve afectado por la composición mineral del aditivo hidrofóbico utilizado. En al menos una modalidad, una vez tratado con el aditivo hidrofóbico, el tiempo de endurecimiento del hormigón no se ve afectado por la temperatura del hormigón ni por las
15 condiciones climáticas. Como se muestra y describe en este documento, el hormigón tratado con aditivos hidrofóbicos puede desarrollar un límite de resistencia más alto en comparación con el hormigón sin tratar.

La FIGURA 25 muestra un diagrama de flujo de un proceso ejemplar de fabricación de paneles de yeso 2500.

20 El proceso 2500 puede incluir realizar uno o más procesos de fabricación de aditivos hidrofóbicos, tal como una modalidad del proceso 100 mostrado en la FIGURA 1A y se describe en el presente documento.

En el paso 2503, el proceso 2500 incluye mezclar el aditivo hidrofóbico con una mezcla para panel de yeso. Mezclar el aditivo hidrofóbico y la mezcla para paneles de yeso puede
25 incluir combinar el aditivo hidrofóbico con uno o más precursores de paneles de yeso, tales como yeso, estuco de yeso, fibra de madera, pulpa de madera, cemento, jabón u otros agentes productores de huecos y aceleradores de fraguado. La mezcla se puede realizar mediante cualquier método adecuado. El aditivo hidrofóbico se puede introducir en el(los) precursor(es) de panel de yeso antes de la introducción de agua u otros ingredientes acuosos.

30 En el paso 2506, el proceso 2500 incluye formar y curar el panel de yeso en una o más formas deseadas. El panel de yeso tratado con un aditivo hidrofóbico se puede formar en

láminas y curar en condiciones adecuadas de alta temperatura.

En el paso 2509, el proceso 2500 incluye realizar una o más acciones apropiadas, tales como, por ejemplo, cortar las formas de paneles de yeso tratadas con aditivos hidrofóbicos en formas secundarias, empaquetar las formas de paneles de yeso, transportar las formas de paneles de yeso o instalar las formas de paneles de yeso en un sitio objetivo. En diversas modalidades, el panel de yeso tratado con un aditivo hidrofóbico demuestra una inflamabilidad reducida en comparación con el panel de yeso sin tratar (por ejemplo, el panel de yeso sin tratar puede quemarse más rápido y más fácilmente en comparación con el panel de yeso tratado con un aditivo hidrofóbico).

10 **Resultados experimentales ejemplares adicionales**

La siguiente sección describe una o más pruebas experimentales y los resultados de las mismas, realizadas en una o más modalidades del presente aditivo hidrofóbico. Las descripciones allí contenidas se proporcionan con el fin de ilustrar diversos elementos del aditivo hidrofóbico (por ejemplo, como se observa en una o más modalidades). Todas las descripciones, modalidades y similares son de naturaleza ejemplar y no imponen limitaciones a ninguna de las modalidades descritas o anticipadas en el presente documento o de otra forma.

Se probaron muestras de hormigón formadas a partir de mezclas de cemento con y sin una modalidad del presente aditivo hidrofóbico para identificar y contrastar sus diversas propiedades. El aditivo hidrofóbico analizado puede corresponder al aditivo hidrofóbico 130 mostrado en la FIGURA 1B y se describe en este documento. Para evaluar el límite de resistencia se prepararon seis muestras de cemento. Tres de las seis muestras de hormigón incorporaron una modalidad del presente aditivo hidrofóbico durante el mezclado, y las tres muestras restantes excluyeron el aditivo hidrofóbico. La mezcla de hormigón de las muestras incluía una mezcla de cemento estándar brasileño, arena natural, arena artificial, dos tipos de grava y agua. Las muestras demostraron dimensiones de 100x200 mm. La resistencia de las muestras se probó después del moldeo durante un período de 28 días (63 días para las muestras que comprenden aditivos hidrofóbicos). La Tabla 2 muestra resultados ejemplares de las pruebas de límite de resistencia. Como se muestra en la Tabla 2, el aditivo hidrofóbico no produjo ninguna pérdida detectable en el límite de resistencia del hormigón. Como se muestra en la Tabla 2, el hormigón tratado con aditivo hidrofóbico puede demostrar un límite de resistencia superior en comparación con un hormigón sin tratar.

	Límite de resistencia (MPa)	
Tiempo (días)	Muestras tratadas	Muestras no tratadas
1	2,7	2,6
3	8,6-8,8	62-6,1
7	16,3-16,8	13,0-13,2
14	19,3-19,9	14,9-15,6
28	27,1-28,3	19,9-21,6
63	30,0-30,1	-

Tabla 2 Resultados ejemplares de las pruebas de resistencia

Las tablas 3-4 muestran resultados ejemplares de pruebas para determinar el efecto del aditivo hidrofóbico sobre el ascenso capilar y la absorción capilar experimentados por muestras de concreto. Para evaluar el ascenso capilar y la absorción capilar, se prepararon seis muestras de concreto. Tres de las seis muestras de hormigón incorporaron una modalidad del presente aditivo hidrofóbico durante el mezclado, y las tres muestras restantes excluyeron el aditivo hidrofóbico. Durante la serie de tiempo indicada en la Tabla 4, se sumergió una sola cara de cada muestra en agua para precipitar los fenómenos capilares. De acuerdo con una modalidad, el ascenso capilar representa el delta en el nivel del agua mediante la acción capilar cuando un material se expone a la superficie del agua (por ejemplo, indicando de este modo el nivel de intrusión capilar en el material). En diversas modalidades, la absorción capilar mide la intrusión de agua en un material mediante la acción capilar. En al menos una modalidad, la absorción capilar se basa en el ascenso capilar y la masa de la muestra antes y después de la exposición. En al menos una modalidad, un mayor ascenso capilar y/o absorción capilar puede ser indicativo de un material más poroso y/o menos hidrófobo.

Como se muestra en la Tabla 3, el hormigón tratado con aditivo hidrofóbico demostró un menor ascenso capilar en comparación con el hormigón sin tratar. Como se muestra en la Tabla 4, el hormigón tratado con aditivo hidrofóbico demostró una menor absorción capilar en comparación con el hormigón sin tratar. En diversas modalidades, los experimentos representados en las Tablas 3-4 indican que el presente aditivo hidrofóbico puede reducir la infiltración capilar en materiales tratados con el mismo.

Ascenso capilar promedio (cm)	
Muestras tratadas	Muestras no tratadas
4,5	5,5
3,5	5,9
3,8	5,7

Tabla 3 Resultados ejemplares de ascenso capilar

	Absorción capilar (g/cm ³)					
Tiempo (horas)	Muestras tratadas			Muestras no tratadas		
	1	2	3	1	2	3
3	0,2	0,12	0,12	0,21	0,22	0,25
6	0,29	0,17	0,16	0,31	0,49	0,51
24	0,55	0,33	0,28	0,6	0,83	0,74
48	0,76	0,47	0,44	0,8	0,95	0,82
72	0,82	0,53	0,56	0,93	1,01	0,99

Tabla 4 Resultados ejemplares de absorción capilar

La Tabla 5 muestra resultados ejemplares de pruebas para determinar el efecto del aditivo hidrofóbico sobre la penetración de agua experimentada por muestras de hormigón. Para evaluar la penetración de agua se prepararon seis muestras de hormigón cilíndricas.

- 5 Tres de las seis muestras de hormigón incorporaron una modalidad del presente aditivo hidrofóbico durante el mezclado, y las tres muestras restantes excluyeron el aditivo hidrofóbico. Como se muestra en la Tabla 5, las muestras de hormigón tratadas con aditivos hidrofóbicos demostraron un nivel más bajo de penetración de agua en comparación con las muestras de concreto sin tratar.

	Penetración de agua (mm)	
	Tratado	Sin tratar
	35	45
	40	40
	32	43
Promedio	39	43

- 10 Tabla 5 Resultados ejemplares de penetración de agua

La Tabla 6 muestra resultados ejemplares de pruebas de saturación, ebullición y medición de masa para determinar niveles de absorción, proporciones de huecos y porosidades de muestras de hormigón tratadas y no tratadas con aditivos hidrofóbicos. Se evaluaron dos muestras tratadas con un aditivo hidrofóbico y dos muestras sin tratar. La Tabla

15 6 presenta datos promediados de cada conjunto de muestras. Como se muestra en la Tabla 6, las muestras tratadas demostraron una menor absorción, una menor prevalencia de huecos y una menor porosidad en comparación con las muestras no tratadas.

Propiedad	Tratado Promedio	Sin tratar Promedio
% de absorción después de la inmersión en agua a 23 °C (+/- 2 grados)	4,0	5,8
% de absorción después de la inmersión en agua a 23 °C (+/- 2 grados) y hervir durante 5 horas	4,9	6,1
Relación de huecos después de la saturación en agua (%)	9,1	13,1
Relación de huecos después de la saturación y la ebullición (%)	11,3	13,9
Masa específica de muestra seca (g)	2,291	2,265
Masa específica de la muestra después de la saturación (g)	2,382	2,398
Masa específica de la muestra después de la saturación y Ebullición (g)	2,404	2,403
Masa específica efectiva (g)	2,584	2,630
% de porosidad después de la saturación	9,3	11,6
% de porosidad después de la saturación y ebullición	10,2	12,2

Tabla 6 Propiedades ejemplares de experimentos basados en masas

Se probaron muestras de lodo para paneles de yeso formados a partir de mezclas para paneles de yeso con y sin una modalidad del presente aditivo hidrofóbico para identificar y contrastar su inflamabilidad. El aditivo hidrofóbico analizado puede corresponder al aditivo hidrofóbico 130 mostrado en la FIGURA 1B y se describe en este documento. La inflamabilidad puede referirse a la facilidad con la que una sustancia se enciende a temperatura ambiente. Por ejemplo, la inflamabilidad puede referirse al período de tiempo necesario para encender un material tras su exposición a una fuente de ignición, tal como una flama abierta.

Para evaluar la inflamabilidad, se prepararon dos muestras de lodo para paneles de yeso. La primera muestra incluyó 226,8 g (8 oz) de lodo para paneles de yeso mezclado con 141,7 g (5 oz) de agua y se excluye el aditivo hidrofóbico. La segunda muestra incluyó 226,8 g (8 oz) de mezcla de lodo para paneles de yeso, 155,9 g (5,5 oz) de agua y 22,7 g (0,8 oz) de una modalidad del presente aditivo hidrofóbico durante el mezclado (por ejemplo, 10 % en peso de la composición). Cada muestra de lodo de panel de yeso se distribuyó sobre una base de cartón respectiva. Cada muestra de cartón se colocó en un ángulo de aproximadamente 15 grados con respecto a la horizontal (por ejemplo, para permitir la visualización de ambos lados del cartón). La muestra no tratada incluía un espesor de

aproximadamente 1,27 cm (0,5 pulgadas) y la muestra tratada incluía un espesor de aproximadamente 1,78 cm (0,7 pulgadas). En cada prueba de muestra, se colocó un soplete de propano perpendicular a la superficie de la muestra de cartón, se encendió y se cerró para abrir el gas. Cada prueba de muestra midió el tiempo de combustión requerido para que la muestra de cartón se quemara en la superficie opuesta a la superficie expuesta a las llamas. El impacto del aditivo hidrofóbico sobre la inflamabilidad puede correlacionarse con la cantidad de tiempo que pasa antes de que la llama atravesara la muestra de lodo del panel de yeso y quemara el cartón que se encuentra detrás.

La muestra de cartón sin tratar requirió 15 minutos en contacto directo con la llama del soplete de propano antes de que se quemara la parte anterior del cartón. La muestra de cartón tratada requirió 27 minutos en contacto directo con la llama antes de que se quemara la parte anterior del cartón. La muestra tratada con aditivo hidrofóbico demostró un nivel de resistencia a las llamas un 80% mayor en comparación con la muestra no tratada. La temperatura de combustión de cada muestra fue de unos 800 °C. La temperatura de la superficie de cada muestra en el punto de combustión fue superior a 750 °C. El espesor diferente de las muestras (por ejemplo, un 40 % mayor en la muestra tratada) no se consideró un factor suficiente para explicar la gran diferencia en la resistencia a las llamas. De acuerdo con los resultados experimentales, el aditivo hidrofóbico aumentó significativamente la resistencia a las llamas de la mezcla de lodo para paneles de yeso

La FIGURA 26A muestra una imagen 2600A de un resultado de prueba de inflamabilidad de panel de yeso ejemplar. La muestra que se muestra en la imagen 2600A puede corresponder al lado expuesto a las llamas de la muestra de lodo para paneles de yeso sin tratar que se describe en este documento. La FIGURA 26B muestra una imagen 2600B de un resultado de prueba de inflamabilidad de paneles de yeso ejemplar. La muestra que se muestra en la imagen 2600B puede corresponder al lado expuesto a las llamas de la muestra de lodo de panel de yeso tratada que se describe en este documento.

La FIGURA 27A muestra una imagen 2700A de un resultado de prueba de inflamabilidad de panel de yeso ejemplar. La muestra que se muestra en la imagen 2700A puede corresponder al lado opuesto de la muestra de lodo para paneles de yeso sin tratar que se muestra en la imagen 2600A. La FIGURA 27B muestra una imagen 2700B de un resultado de prueba de inflamabilidad de paneles de yeso ejemplar. La muestra que se muestra en la imagen 2700B puede corresponder al lado opuesto de la muestra de lodo de paneles de yeso tratada que se muestra en la imagen 2600B. Como se demuestra en las imágenes 2600A,

2700A y las imágenes 2600B, 2700B, las muestras demostraron patrones de quemaduras similares; sin embargo, la muestra tratada requirió un 80 % más de tiempo de exposición a la llama para experimentar la combustión, lo que demuestra la propiedad de reducción de la inflamabilidad y/o aumento de la resistencia a la llama del aditivo hidrofóbico.

- 5 Se probaron muestras de paneles de yeso formadas a partir de mezclas de paneles de yeso con y sin una modalidad del presente aditivo hidrofóbico para identificar y contrastar su resistencia al agua. El aditivo hidrofóbico analizado puede corresponder al aditivo hidrofóbico 130 mostrado en la FIGURA 1B y se describe en este documento. La resistencia al agua puede referirse a la facilidad con la que el agua penetra en la superficie de un material.
- 10 Por ejemplo, la resistencia al agua puede referirse al período de tiempo necesario para que una gota de agua sea absorbida por un material.

- Para evaluar la resistencia al agua, se prepararon dos muestras de paneles de yeso. La primera muestra incluyó polvo de paneles de yeso comercial y 10 % del peso del polvo de paneles de yeso en una modalidad del presente aditivo hidrofóbico. La segunda muestra
- 15 incluyó sólo el polvo de paneles de yeso. Cada muestra de panel de yeso se mezcló completamente, se vertió en un molde y se comprimió con un instrumento apisonador para formar una superficie uniforme y nivelada. Se retiraron las dos superficies de la muestra del molde y se depositaron tres gotas de agua sobre cada muestra.

 La FIGURA 28A muestra una imagen 2800A de la primera muestra de panel de yeso.

- 20 La FIGURA 28B muestra una imagen 2800B de la segunda muestra de panel de yeso.

- Como se demuestra en las imágenes 2800A, 2800B, la muestra que incluye aditivo hidrofóbico mantuvo las gotas de agua en la superficie del panel de yeso (por ejemplo, resistiendo la absorción), mientras que la muestra de panel de yeso sólo absorbió inmediatamente la gota de agua en la superficie del panel de yeso. Para la muestra que
- 25 incluye aditivo hidrofóbico, los ángulos entre los bordes de las gotas de agua y la superficie de la muestra se midieron utilizando el software ImageJ. De acuerdo con una modalidad, un estándar para caracterizar un material como hidrófobo incluye determinar que el material demuestra un ángulo de contacto superior a 90 grados. Los ángulos de contacto de la muestra que incluía el aditivo hidrofóbico incluyeron 91,1 grados, 113,2 grados, 94,2 grados, 95,1
- 30 grados, 93,5 grados y 117,6 grados. La muestra que incluía el aditivo hidrofóbico demostró un ángulo de contacto promedio de 100,8 grados, demostrando así las propiedades hidrofóbicas del panel de yeso tratado con 10 % en peso del presente aditivo hidrofóbico.

La muestra que incluía el aditivo hidrofóbico se comparó con una muestra de una lámina de panel de yeso anunciado, resistente al agua y disponible comercialmente. Se depositaron tres gotas de agua sobre la superficie de la muestra de panel de yeso comercial y el ángulo de contacto promedio entre ellas midió 128,4 grados. Si bien la muestra comercial demostró un ángulo de contacto promedio mayor (por ejemplo, mayor hidrofobicidad) en comparación con la muestra tratada con un aditivo hidrofóbico, la muestra tratada con un aditivo hidrofóbico requirió un período de tiempo mayor antes de que las gotas de agua fueran absorbidas en la superficie de la muestra (por ejemplo, mayor resistencia al agua).

La FIGURA 29 muestra un gráfico 2900 de resultados ejemplares de espectroscopía de rayos X de energía de dispersión (EDS) obtenidos a partir del análisis EDS de una composición de aditivo hidrofóbico ejemplar. Como se muestra en la Tabla 7, los resultados de EDS proporcionaron una composición del aditivo hidrofóbico ejemplar. El EDS se realizó con un ángulo de despegue de 50 grados, con un tiempo de vida transcurrido de 90,0 segundos y un voltaje de aceleración de 15,0 kV.

Elemento	Línea de emisión	Intensidad (c/s)	Concentración	Unidades	
C	Ka	98,73	62,08	% en peso	
O	Ka	77,04	14,55	% en peso	
Mg	Ka	71,70	1,73	% en peso	
Al	Ka	5,92	0,13	% en peso	
Si	Ka	114,93	2,32	% en peso	
Ca	Ka	574,98	17,38	% en peso	
Ti	Ka	40,23	1,81	% en peso	
			100,00	% en peso	Total

Tabla 7 Composición de un aditivo hidrofóbico ejemplar

La FIGURA 30 muestra un gráfico 3000 de resultados de EDS ejemplares obtenidos del análisis EDS de una composición de aditivo hidrofóbico ejemplar. La Tabla 8 proporciona una composición del aditivo hidrofóbico ejemplar, excluyendo un componente de carbono de la misma. El EDS se realizó con un ángulo de despegue de 40 grados, con un tiempo de vida transcurrido de 90,0 segundos y un voltaje de aceleración de 15,0 kV.

Elemento	Línea de emisión	Intensidad (c/s)	Concentración	Unidades	
O	Ka	76,99	35,80	% en peso	
Mg	Ka	71,70	5,29	% en peso	
Al	Ka	5,92	0,39	% en peso	
Si	Ka	114,93	6,77	% en peso	
Ca	Ka	574,98	46,69	% en peso	
Ti	Ka	40,23	5,06	% en peso	
			100,00	% en peso	Total

Tabla 8 Composición de un aditivo hidrofóbico ejemplar

La FIGURA 31 muestra un espectro 3100 ejemplar de espectroscopía FTIR realizada en un aditivo hidrofóbico.

La FIGURA 32 muestra un espectro 3200 corregido por reflectancia total atenuada (ATR por sus siglas en inglés) ejemplar de espectroscopía FTIR realizada en un aditivo hidrofóbico.

La FIGURA 33 muestra un gráfico 3300 de resultados ejemplares de difracción de rayos X (XRD) obtenidos del análisis XRD de un aditivo hidrofóbico.

La FIGURA 34 muestra un gráfico 3400 de resultados ejemplares de difracción de rayos X (XRD) obtenidos del análisis XRD de un aditivo hidrofóbico.

Si bien se han descrito varios aspectos en el contexto de una modalidad preferida, los expertos en la técnica podrán discernir fácilmente aspectos, características y metodologías adicionales de los sistemas reivindicados a partir de la memoria descriptiva del presente documento. Muchas modalidades y adaptaciones de la divulgación y sistemas reivindicados distintos de los aquí descritos, así como muchas variaciones, modificaciones y arreglos y metodologías equivalentes, serán evidentes o razonablemente sugeridos por la divulgación y la memoria descriptiva anterior de la misma, sin apartarse de la sustancia o alcance de las reivindicaciones. Además, cualquier secuencia(s) y/u orden temporal de pasos de diversos procesos descritos y reivindicados en el presente documento son aquellos que se consideran el mejor modo contemplado para llevar a cabo los sistemas reivindicados. También debe entenderse que, aunque los pasos de varios procesos pueden mostrarse y describirse como si estuvieran en una secuencia u orden temporal preferido, los pasos de cualquiera de dichos procesos no se limitan a llevarse a cabo en una secuencia u orden particular, en ausencia de una indicación específica de la misma, para lograr un resultado particular deseado. En la mayoría de los casos, los pasos de tales procesos pueden llevarse a cabo en una variedad

de secuencias y órdenes diferentes, sin dejar de estar dentro del alcance de los sistemas reivindicados. Además, algunos pasos pueden llevarse a cabo de forma simultánea, contemporánea o en sincronización con otros pasos.

5 Los aspectos, características y beneficios de los dispositivos reivindicados y los métodos para usarlos se harán evidentes a partir de la información divulgada en los anexos y las otras solicitudes incorporadas como referencia. Se pueden efectuar variaciones y modificaciones a los sistemas y métodos divulgados sin apartarse del espíritu y alcance de los nuevos conceptos de la divulgación.

10 Sin embargo, se entenderá que la información divulgada en los anexos o las solicitudes incorporadas por referencia no pretende limitar el alcance de la divulgación; cualquier alteración y modificación adicional de las modalidades descritas o ilustradas, y cualquier aplicación adicional de los principios de la divulgación tal como se ilustran en la misma se contemplan como normalmente se le ocurriría a un experto en la técnica a la que se refiere la divulgación.

15 La memoria descriptiva anterior de las modalidades ejemplares se ha presentado únicamente con fines de ilustración y descripción y no pretende ser exhaustiva ni limitar los dispositivos y métodos para usar los mismos para las formas precisas divulgadas. Son posibles muchas modificaciones y variaciones a la luz de la enseñanza anterior.

20 Las modalidades se eligieron y describieron con el fin de explicar los principios de los dispositivos y métodos para usar los mismos y su aplicación práctica para permitir a otros expertos en la técnica utilizar los dispositivos y métodos para usar los mismos y varias modalidades y con varias modificaciones que sean adecuadas para el uso particular contemplado. Modalidades alternativas resultarán evidentes para los expertos en la técnica a los que pertenecen los presentes dispositivos y métodos para utilizarlos sin apartarse de su espíritu y alcance. Por consiguiente, el alcance de los presentes dispositivos y métodos para
25 utilizarlos se define en las reivindicaciones adjuntas en lugar de en la memoria descriptiva anterior y las modalidades ejemplares descritas en ellas.