

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 973 734**

51 Int. Cl.:

C09D 4/00	(2006.01) C08K 3/36	(2006.01)
C09D 183/04	(2006.01) C08K 3/26	(2006.01)
C09D 183/06	(2006.01) C08K 3/22	(2006.01)
C09D 183/08	(2006.01) C08K 3/34	(2006.01)
C09D 5/33	(2006.01) H01B 13/32	(2006.01)
C09D 5/16	(2006.01)	
C09D 5/08	(2006.01)	
C09D 7/40	(2008.01)	
C09D 7/61	(2008.01)	
C09D 183/02	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.11.2020** **PCT/GB2020/053002**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.06.2021** **WO21105673**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2020** **E 20819836 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2024** **EP 4065650**

54 Título: **Composición para revestir un conductor aéreo**

30 Prioridad:

26.11.2019 GB 201917214
30.12.2019 LU 101578

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.06.2024

73 Titular/es:

CABLE COATINGS LIMITED (100.0%)
Nexus Discovery Way
Leeds LS2 3AA, GB

72 Inventor/es:

COOGAN, NIALL y
JOHNSTON, BARRY

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 973 734 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Composición para revestir un conductor aéreo

5 CAMPO DE LA PRESENTE INVENCION

La presente invención se refiere a conductores aéreos eléctricos. Varias realizaciones preferidas se refieren a conductores aéreos eléctricos de alta tensión que tienen un único recubrimiento con el fin de reducir la temperatura del conductor, reduciendo así la resistencia del conductor (ya que la resistencia eléctrica depende de la temperatura) y, por tanto, reduciendo las pérdidas de potencia en el conductor (ya que la pérdida de potencia depende de la resistencia eléctrica). El conductor aéreo eléctrico de alta tensión de recubrimiento simple incluye un agente autolimpiante fotocatalítico suministrado en un aglutinante de silicato de alquilo a base de disolvente no acuoso.

15 ANTECEDENTES

Se conocen diversos tipos de conductores aéreos eléctricos de alta tensión que comprenden cables de aluminio suspendidos entre torres de alta tensión. Los distintos tipos de conductores aéreos eléctricos de alta tensión conocidos pueden dividirse en dos grupos. El primer grupo incluye conductores con una temperatura máxima de funcionamiento de 80 °C. El segundo grupo incluye conductores que tienen una temperatura máxima de funcionamiento superior, comprendida entre 150 y 250 °C.

Existen varios problemas particulares asociados a los conductores aéreos eléctricos de alta tensión y estos problemas pueden agravarse especialmente con los conductores aéreos eléctricos de alta tensión que pueden funcionar a temperaturas elevadas en el intervalo de 150-250 °C. Estos conductores pueden instalarse, por ejemplo, en regiones especialmente calurosas del mundo como el sur de EE.UU., Oriente Medio y Australia. Dichos conductores pueden, por ejemplo, instalarse en regiones especialmente calurosas del mundo como el sur de EE.UU., Oriente Medio y Australia.

Los conductores aéreos eléctricos de alta tensión que se instalan en regiones especialmente calurosas del mundo sufren el problema de que los conductores aéreos están expuestos a un importante calentamiento solar debido a la intensa luz del sol durante la mayor parte del año. Un conductor eléctrico aéreo sometido a una radiación solar sostenida durante todo el año presenta una serie de retos operativos importantes para una empresa de servicios públicos que pretenda gestionar una línea o red aérea de transporte o distribución de electricidad.

Como comprenderán los expertos en la materia, la temperatura de un conductor aéreo eléctrico de alta tensión tenderá a aumentar debido a dos factores principales. El primer factor es que habrá pérdidas óhmicas debido a la transmisión de corriente eléctrica a través del conductor, lo que provocará el calentamiento Joule del conductor. El segundo factor es que el conductor estará sometido a una radiación solar relativamente intensa (es decir, la luz del sol) y, por lo tanto, se calentará por la radiación solar. Es evidente que ambos factores contribuyen a elevar la temperatura del conductor.

También se entenderá que existen otros factores potenciales que tenderán a disminuir la temperatura del conductor. Por ejemplo, un conductor puede perder energía emitiendo radiación infrarroja (calor). Un conductor también puede perder energía por conducción o por convección (por ejemplo, debido a las corrientes de aire, el viento, etc.). Sin embargo, en la práctica, las pérdidas de energía por conducción son mínimas y las pérdidas de energía por convección dependen de la situación geográfica en la que se instale el conductor.

Los expertos en la materia comprenderán que el mecanismo de refrigeración predominante por el que un conductor eléctrico aéreo perderá energía es la radiación, es decir, la radiación de energía térmica y, en particular, la radiación infrarroja en la gama de longitudes de onda infrarrojas de 2,5-30,0 µm.

Por consiguiente, en una primera aproximación, la temperatura de un conductor eléctrico aéreo de alta tensión aumentará debido a los efectos combinados del calentamiento Joule y la radiación solar, compensándose este aumento de temperatura con la pérdida de energía debida a la emisión de radiación infrarroja por el conductor.

A título ilustrativo, puede considerarse que un conductor eléctrico desnudo de aluminio aéreo tiene un coeficiente de absorción solar medio A de 0,5 en todo el espectro solar 0,3-2,5 µm. Se entenderá que el conductor de aluminio desnudo tendrá un coeficiente medio de reflectividad solar R correspondiente de 0,5. Por consiguiente, un conductor eléctrico de aluminio desnudo expuesto a la radiación solar (es decir, a los rayos del sol) absorberá aproximadamente el 50 % de la radiación solar incidente.

El efecto neto de la absorción por el conductor de aproximadamente el 50 % de la radiación solar incidente durante un periodo de tiempo prolongado, junto con un calentamiento Joule significativo del conductor, hará que la temperatura del conductor aéreo aumente hasta una temperatura nominal máxima de funcionamiento. Dependiendo de la ubicación geográfica del conductor, las pérdidas de energía debidas a las corrientes de aire (es decir, al viento) pueden ser bajas o insignificantes. La temperatura máxima de funcionamiento del conductor puede ser de 80 °C o de 150-250 °C.

Una vez que un conductor aéreo alcanza o se aproxima a su temperatura nominal máxima de funcionamiento, la compañía eléctrica que gestiona la línea o red de transmisión o distribución de energía debe reducir la corriente transmitida a través del conductor para reducir los efectos del calentamiento Joule y mantener así el conductor aéreo dentro de un rango de temperatura de funcionamiento seguro.

5 Se conocen varios tipos diferentes de conductores, que se describirán con más detalle a continuación.

10 Todos los conductores de aluminio ("AAC") están formados por alambres de aluminio duro trenzados en capas sucesivas en direcciones opuestas para formar el conductor según BS EN 50182 o I EC 61089. Los conductores de AAC pueden utilizarse para líneas de distribución aéreas con luces relativamente cortas, alimentadores aéreos y barras colectoras de subestaciones. Los conductores de AAC tienen una gran resistencia a la corrosión, ya que no contienen acero. Los conductores de AAC convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 80 °C.

15 Los conductores de aleación de aluminio ("AAAC") están formados por alambres de aleación de aluminio ("ALMELEC") trenzados en capas sucesivas en direcciones opuestas para formar el conductor según I EC 61089, BS EN 50182 o ASTM B 399. Los conductores de AAAC se utilizan principalmente para líneas aéreas en redes eléctricas de transmisión y distribución con luces relativamente largas. También se utilizan como soporte de cables eléctricos aéreos. Los conductores de AAAC tienen una gran resistencia a la corrosión, ya que no contienen acero. Los conductores de AAAC convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 80 °C.

20 Los conductores de aluminio reforzados con acero ("ACSR") constan de una capa exterior de conductor de aluminio trenzado concéntricamente sobre un núcleo central de alambres de acero galvanizados o trenzados para formar el conductor según BS EN 50182, ASTM B 232 o I EC 61089. Los conductores de ACSR se utilizan ampliamente para la transmisión de energía eléctrica a largas distancias. Los conductores de ACSR también pueden utilizarse como mensajeros para soportar cables eléctricos aéreos. Los conductores de ACSR convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 80 °C.

25 Los conductores de aluminio revestidos de acero reforzado ("ACSR/AW") están formados por una capa exterior de conductor de aluminio trenzado concéntricamente sobre un núcleo central de cable sólido o trenzado de acero revestido de aluminio para formar el conductor según ASTM B 549. Los conductores de ACSR/AW se utilizan para la transmisión de energía eléctrica y son ideales para grandes luces de líneas aéreas, como los conductores de ACSR, pero con una resistencia y una capacidad de transporte de corriente ligeramente mejores, además de una buena resistencia a la corrosión. Los conductores de ACSR/AW convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 80 °C.

30 Los cables Areal Bundled ("ABC") están fabricados con conductores de aluminio aislados con XLPE y ensamblados para formar dos (dúplex), tres (tríplex), cuatro (cuádruplex) o más conductores según ICEA S 474-76 o BS EN 50182. Se utilizan para líneas aéreas secundarias (en circuitos que no superen los 600 V fase a fase) en postes o como alimentadores de locales residenciales.

35 También se conocen varios conductores de alta temperatura y baja deformación ("HTLS") diseñados para funcionar a temperaturas significativamente más elevadas, de hasta 150-250 °C.

40 Entre los conductores de HTLS conocidos figuran los conductores con núcleo de material compuesto conductor de aluminio ("ACCC"), los conductores con soporte de acero conductor de aluminio ("ACSS/MA"), los conductores con soporte de acero revestido de aluminio conductor de aluminio ("ACSS/AW"), Conductores de aleación de aluminio resistente al calor reforzados con acero ("TACSR"), conductores de aleación de aluminio resistente al calor reforzados con acero revestido de aluminio ("TACSR/AW") y conductores de aleación de aluminio superresistente al calor reforzados con acero revestido de aluminio ("STACIR/AW").

45 Los conductores con núcleo de material compuesto conductor de aluminio ("ACCC") constan de un conductor trenzado concéntrico con una o más capas de alambres de aluminio recocido 1350-0 de forma trapezoidal sobre un núcleo central de material compuesto ligero de fibra de vidrio y carbono. Los conductores de ACCC con núcleo compuesto de carbono híbrido son más resistentes y ligeros que los núcleos de acero tradicionales. Los conductores de ACCC son capaces de transportar el doble de corriente que los conductores de ACSR tradicionales, ya que los conductores de ACCC están diseñados para temperaturas de funcionamiento continuo de hasta 180 °C, además de su núcleo más ligero, que permite utilizar aproximadamente un 30 % más de aluminio sin aumentar el peso total. El uso de conductores de ACCC reduce las pérdidas de la línea entre un 30 y un 40 % en igualdad de condiciones de carga en comparación con los conductores de ACSR tradicionales del mismo diámetro y peso. Los conductores de ACCC tienen una mayor resistencia, una autoamortiguación eficaz, una resistencia superior a la fatiga y un bajo coeficiente de dilatación, lo que reduce la flecha del conductor en condiciones de cargas eléctricas elevadas. Como resultado, los conductores de ACCC pueden utilizarse para aumentar los vanos entre estructuras menos numerosas o más cortas. Los conductores de ACCC tienen mayor resistencia a la corrosión que los conductores de ACSR tradicionales.

65 Los conductores de ACCC se utilizan en líneas aéreas de distribución y transmisión y son especialmente útiles en

aplicaciones de reconducción que requieren un aumento de la corriente con las tensiones y holguras existentes, aplicaciones de líneas nuevas en las que se pueden economizar estructuras gracias a la reducción de la flecha del conductor, aplicaciones de líneas nuevas que requieren una elevada carga de emergencia y líneas en las que las vibraciones debidas al viento constituyen un problema. Los conductores de ACCC también pueden utilizarse en entornos corrosivos y costeros gracias a su buena resistencia a la corrosión. Los conductores de ACCC convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 180 °C.

Los conductores de aluminio con soporte de acero ("ACSS/MA") constan de una o varias capas de alambres de aluminio recocido 1350-0 trenzados sobre un núcleo central de alambres de acero revestidos de una aleación de zinc-5 % de aluminio mismetal que están diseñados para soportar la mayor parte o la totalidad de la carga mecánica del conductor de ACSS. Los conductores de ACSS pueden fabricarse de acuerdo con la norma ASTM B 856.

Los conductores de ACSS/MA son similares a los conductores de ACSR tradicionales, con la diferencia de que los conductores de ACSS/MA pueden funcionar de forma continua a temperaturas elevadas de hasta 250 °C sin sufrir daños. Los conductores de ACSS/MA se pandean menos bajo cargas de emergencia que los conductores ACSR, tienen propiedades de autoamortiguación y el pandeo final no se ve afectado por la fluencia prolongada del aluminio.

Los conductores de ACSS/MA se utilizan para líneas aéreas de distribución y transmisión y son especialmente útiles en aplicaciones de reconducción que requieren un aumento de corriente con las tensiones y holguras existentes. Los conductores de ACSS/MA también se utilizan para aplicaciones de líneas nuevas en las que se pueden economizar estructuras gracias a la reducción de la flecha del conductor, aplicaciones de líneas nuevas que requieren altas cargas de emergencia y líneas en las que las vibraciones debidas al viento son un problema. Los conductores de ACSS/MA convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 250 °C.

Los conductores de aluminio con soporte de acero revestido de aluminio ("ACSS/AW") comprenden una o más capas de alambres de aluminio recocido 1350-0 trenzados sobre un núcleo central de alambres de acero revestido de aluminio que están diseñados para soportar la mayor parte o la totalidad de la carga mecánica de los conductores de ACSS/AW. Los conductores de ACSS/AW pueden fabricarse de acuerdo con la norma ASTM B 856.

Los conductores de ACSS/AW pueden funcionar continuamente a altas temperaturas de hasta 200 °C sin sufrir daños. El núcleo de acero revestido de aluminio, que consiste en una gruesa capa de aluminio (aproximadamente el 10 % del radio nominal del alambre) sobre acero, proporciona a los conductores de ACSS/AW las ventajas de los conductores de ACSS junto con el peso ligero y la buena conductividad del aluminio con la alta resistencia a la tracción y la robustez del acero.

Los conductores de ACSS/AW se utilizan para líneas aéreas de distribución y transmisión y son especialmente útiles en aplicaciones de reconducción que requieren un aumento de corriente con las tensiones y holguras existentes. Los conductores de ACSS/AW también se utilizan para aplicaciones de líneas nuevas en las que se pueden economizar estructuras gracias a la reducción de la flecha del conductor, aplicaciones de líneas nuevas que requieren altas cargas de emergencia y líneas en las que las vibraciones debidas al viento son un problema.

Los conductores de ACSS/AW tienen características de resistencia similares a los conductores de ACSS junto con una ampacidad y una resistencia a la corrosión ligeramente superiores debido al recubrimiento de aluminio de los alambres del núcleo de acero. Los conductores de ACSS/AW convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 200 °C.

Los conductores de aleación de aluminio resistente al calor reforzados con acero ("TACSR") comprenden una o más capas de alambres de aleación de aluminio y circonio (AT 1) resistentes al calor trenzados sobre un núcleo central de alambre(s) de acero revestido de cinc conforme a las normas IEC 62004 y IEC 60888 y, en general, conforme a la norma IEC 61089.

Los conductores de TACSR son capaces de soportar una corriente de carga superior (150 %) a la de los conductores de ACSR tradicionales, ya que están diseñados para temperaturas de funcionamiento continuo de hasta 150 °C. Los conductores de TACSR tienen la misma técnica de instalación que los conductores de ACSR.

Los conductores de TACSR se utilizan en líneas aéreas de distribución y transmisión y son especialmente útiles en aplicaciones de líneas nuevas que requieren una mayor corriente. Los conductores de TACSR convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 150 °C.

Los conductores de aleación de aluminio resistente al calor de acero revestido de aluminio reforzado ("TACSR/AW") comprenden una o más capas de alambres de aleación de aluminio circonio (AT 1) resistentes al calor trenzados sobre un núcleo central de alambre(s) trenzado(s) de acero revestido de aluminio (20SA Tipo A) según IEC 62004 e IEC 61232 y generalmente según IEC 61089.

Los conductores de TACSR/AW son capaces de transportar una mayor corriente de carga que los conductores de ACSR tradicionales, ya que están diseñados para temperaturas de funcionamiento continuo de hasta 150 °C. Los

conductores de TACSR/AW tienen mayor resistencia a la corrosión y menor resistencia eléctrica y masa que los conductores de TACSR. Los conductores de TACSR/AW tienen la misma técnica de instalación que los conductores de ACSR.

- 5 Los conductores de TACSR/AW se utilizan para líneas aéreas de distribución y transmisión y son especialmente útiles en aplicaciones de líneas nuevas que requieren una mayor corriente.

Los TACSR/AW pueden utilizarse en entornos corrosivos y costeros gracias a su buena resistencia a la corrosión. Los conductores de TACSR/AW convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 150 °C.

- 10 Los conductores de aleación de aluminio superresistente al calor con recubrimiento de aluminio e invar reforzado ("STACIR/AW") constan de una o varias capas de alambres de aleación de aluminio y circonio (AT3) superresistentes al calor trenzados sobre un núcleo central de alambres trenzados de invar con recubrimiento de aluminio según la norma IEC 62004 y, en general, según las normas IEC 61089 e IEC 61232. El invar es una aleación especial de Fe/Ni con un coeficiente de dilatación lineal muy bajo.

- 15 Los conductores de STACIR/AW son capaces de soportar una corriente de carga superior (200 %) a la de los conductores de ACSR tradicionales, ya que están diseñados para temperaturas de funcionamiento continuo de hasta 210 °C. Más allá del punto de inflexión, los conductores de STACIR/AW experimentan un aumento de la flecha debido únicamente a la expansión del núcleo de invar (valor extremadamente bajo $\leq 3,7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) que controla la flecha a altas temperaturas de funcionamiento. Los conductores de STACIR/AW tienen una mayor resistencia a la corrosión y disponen de la misma técnica de instalación que los conductores de ACSR.

- 20 Los conductores de STACIR/AW se utilizan para líneas aéreas de distribución y transmisión y son especialmente útiles en aplicaciones de líneas nuevas que requieren una mayor corriente.

Los conductores de STACIR/AW pueden utilizarse en entornos corrosivos y costeros gracias a su buena resistencia a la corrosión. Los conductores de STACIR/AW convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 210 °C.

- 30 En consecuencia, los conductores de HTLS conocidos permiten que los conductores eléctricos aéreos de alta tensión funcionen a temperaturas significativamente más altas hasta una temperatura máxima de funcionamiento en el intervalo de 150-250 °C.

- 35 Se apreciará que potencialmente puede haber pérdidas significativas de potencia debido a las pérdidas óhmicas si un conductor eléctrico se opera a una temperatura máxima de funcionamiento en el rango de 150-250 °C. Si la temperatura de un conductor comienza a acercarse a la temperatura máxima de funcionamiento de, por ejemplo, 150-250 °C, el operador de potencia deberá reducir la corriente que se transmite a través del conductor para reducir los efectos del calentamiento Joule y garantizar así que no se supere la temperatura máxima de funcionamiento seguro del conductor. Se apreciará que es problemático para una empresa de servicios públicos tener que reducir la corriente que se transmite a través del conductor, especialmente porque la reducción de la potencia transmitida puede coincidir con un aumento de la demanda de electricidad por parte de los consumidores o las empresas.

- 40 Se apreciará que una línea eléctrica aérea de alta tensión instalada en una región cálida del mundo, como Oriente Medio, puede funcionar a temperaturas ambiente elevadas, por ejemplo $> 40^{\circ}\text{C}$. Además, el conductor puede funcionar a una temperatura máxima de 150-250 °C. Es evidente que tales conductores sufrirán el problema de tener altas pérdidas de energía debido a la alta resistencia del conductor a temperaturas tan elevadas. Además, se reducirá la ampacidad (es decir, la capacidad máxima de transporte de corriente) del conductor.

- 45 La cantidad de calor generada en un conductor eléctrico aéreo debido a las pérdidas óhmicas (o calentamiento Joule) seguirá la siguiente relación:

$$\text{Pérdidas óhmicas} = I^2 R \quad (1)$$

- 50 donde I es la corriente que pasa por el conductor eléctrico aéreo y R es la resistencia eléctrica del conductor.

También se entenderá que la resistencia eléctrica R de un conductor eléctrico depende de la temperatura. La resistencia eléctrica R de un conductor en función de la temperatura puede determinarse mediante la siguiente relación:

$$R_{\theta} = R_{20}[1 + \alpha(\theta - 20)] \Omega/\text{km} \quad (2)$$

donde R_{θ} es la resistencia eléctrica de CC del conductor a $\theta^{\circ}\text{C}$, R_{20} es la resistencia eléctrica de CC del conductor a 20°C y α es el coeficiente de temperatura de la resistencia del conductor. Para el aluminio, $\alpha = 0,00403$.

- 60 Para completar, la ampacidad o capacidad de transporte de corriente de un cable se define como la corriente máxima

continúa que puede transportar un conductor a su temperatura máxima de funcionamiento.

En consecuencia, una combinación de calentamiento Joule, altas temperaturas ambientales, alto calentamiento solar y ausencia de enfriamiento debido a corrientes de aire (por ejemplo, viento) dará lugar a que la temperatura del conductor aumente rápidamente. Se entenderá que a medida que la temperatura del conductor aumente, en vista de la correlación positiva entre temperatura y resistencia, la resistencia eléctrica del conductor aumentará, lo que producirá más pérdidas eléctricas en el conductor (y, por tanto, más calentamiento Joule). En consecuencia, la temperatura del conductor eléctrico aéreo tenderá a aumentar aún más, lo que no hará sino agravar el problema.

Es evidente, por tanto, que el funcionamiento de un conductor eléctrico aéreo en una región del mundo con temperaturas especialmente elevadas presenta importantes problemas operativos.

Es conocido el intento de reducir la temperatura de un conductor eléctrico aéreo mediante la aplicación de un recubrimiento al conductor con el fin de reducir la temperatura del conductor aéreo.

Un primer enfoque conocido consiste en utilizar un recubrimiento negro, como el negro de humo, que tiene una alta absorptividad solar de $A = 0,96$ ($R = 0,04$), pero también una alta emisividad de $E = 0,96$. El primer enfoque conocido se centra en permitir que un conductor pierda la energía térmica que ha ganado.

El documento WO 2015/105972 (Ranganathan) es un ejemplo de una variante del primer enfoque conocido y divulga una disposición que comprende un conductor que tiene una sola capa polimérica de un polímero basado en negro de humo. Puede incluirse un agente reflectante de infrarrojos ("IR") en la capa de negro de humo. Se indica que la emisividad E del conductor es $\geq 0,85$ y que la absorptividad global A es $\leq 0,3$ ($R \geq 0,7$).

El documento WO 2014/025420 (Davis) divulga el recubrimiento de un conductor desnudo con un recubrimiento inorgánico no blanco (es decir, gris, negro, etc.). Se indica que el recubrimiento no blanco puede tener una emisividad $E > 0,8$ y un coeficiente de absorción solar $A > 0,3$ ($R < 0,7$). El color puede definirse con referencia a la Publicación CIE 15.2(1986), sección 4.2 y el espacio de color CIE divulgado que está organizado como un cubo con ejes L^* , a^* y b^* . El mínimo para L^* es 0, que representa la negrura perfecta. El documento WO 2014/025420 (Davis) define el blanco como aquel que tiene un $L^* \geq 80$. En consecuencia, el recubrimiento no blanco divulgado en el documento WO 2014/025420 (Davis) se indica que tiene un $L^* < 80$ (es decir, no es blanco).

Un segundo enfoque diferente conocido consiste en recubrir el conductor eléctrico con un recubrimiento blanco que tenga una baja absorptancia solar y, por tanto, una alta reflectancia solar.

Por ejemplo, el documento WO 2007/034248 (Simic) es un ejemplo del segundo enfoque conocido y divulga el recubrimiento de un conductor desnudo con diversos recubrimientos blancos que pueden tener en algunos casos una emisividad $E \geq 0,7$ y un coeficiente de absorción solar $A \leq 0,3$ ($R \geq 0,7$).

Un recubrimiento divulgado en el documento WO 2007/034248 (Simic) es una pintura blanca de óxido de titanio (TiO_2) con silicato de potasio. El óxido de titanio de la pintura blanca confiere al recubrimiento una alta emisividad de $E = 0,92$. El coeficiente de absorción A es de 0,17 y el coeficiente de reflexión R es de 0,83. La forma del óxido de titanio no se indica en el documento WO 2007/034248 (Simic), pero se supone que el óxido de titanio comprende dióxido de titanio rutilo (TiO_2), que es la forma más común de dióxido de titanio (TiO_2) y que se utiliza habitualmente en la pintura blanca. Además, como se muestra en la figura 11 de la presente solicitud, el dióxido de titanio (TiO_2) rutilo tiene una mayor reflectancia en el espectro solar que la forma menos común de dióxido de titanio (TiO_2), a saber, el dióxido de titanio (TiO_2) anatasa.

Además del primer enfoque conocido (recubrimiento negro) y del segundo enfoque conocido (recubrimiento blanco), se sabe que es posible proporcionar formulaciones específicas de un recubrimiento para resolver otros problemas.

Por ejemplo, FR-2971617 (Nexans) describe el recubrimiento de un conductor eléctrico con un recubrimiento polimérico de difluoruro de polivinilideno ("PVDF") para mejorar la resistencia al envejecimiento del recubrimiento. Se afirma que el recubrimiento polimérico de PVDF tiene una emisividad $E \geq 0,85$ y una absorptividad solar $A \leq 0,10$ ($R \geq 0,90$). El documento FR-2971617 (Nexans) afirma que la fabricación de un recubrimiento reductor de la temperatura para un conductor eléctrico aéreo utilizando PVDF da lugar a que el conductor eléctrico tenga una mayor resistencia a la radiación ultravioleta y, por tanto, una mayor resistencia al envejecimiento.

El recubrimiento de PVDF descrito en el documento FR-2971617 (Nexans) puede aplicarse a un conductor en forma de pintura compuesta por un disolvente orgánico en el que se disuelve el PVDF como aglutinante. Puede añadirse a la pintura un aditivo como un pigmento blanco (por ejemplo, sulfato de bario, óxido de magnesio u óxido de aluminio) para alcanzar los valores de emisividad y absorptividad solar indicados. Según una disposición divulgada, la pintura líquida puede comprender una pintura líquida comercializada por ARKEMA (RTM) denominada KYNAR (RTM) 500 en la que se ha añadido un pigmento blanco que comprende óxido de magnesio ($E=0,9$, $A=0,09$, $R=0,81$), óxido de aluminio ($E=0,9$, $A=0,09$, $R=0,81$) o sulfato de bario ($E=0,88$, $A=0,06$, $R=0,94$).

En resumen, es conocido recubrir un conductor aéreo con un recubrimiento negro para maximizar la emisividad E del conductor o, alternativamente, recubrir un conductor aéreo con un recubrimiento blanco que tenga una baja absorbancia solar A y, por lo tanto, una reflectancia solar R correspondientemente alta.

Sin embargo, los presentes inventores han probado recubrimientos convencionales y han descubierto que ambos enfoques conocidos sólo dan lugar a una mejora limitada del rendimiento (es decir, una pequeña reducción de la temperatura) o, de hecho, en algunos casos han descubierto que, por ejemplo, un recubrimiento blanco sin, por ejemplo, un aditivo emisor térmico, en realidad da lugar a un rendimiento peor que un conductor desnudo sin recubrimiento. Además, se ha comprobado que algunos recubrimientos blancos conocidos presentan una escasa resistencia a la corrosión y se decoloran rápidamente, lo que los hace poco prácticos desde el punto de vista comercial.

En particular, se ha sugerido que podría aplicarse una pintura blanca de óxido de magnesio a un conductor aéreo para reducir la temperatura de funcionamiento del conductor. Sin embargo, los presentes inventores no han podido replicar ninguna de estas supuestas ventajas de rendimiento y, de hecho, los cálculos teóricos (véase la Tabla 1 a continuación) y las pruebas empíricas de ciertos conductores pintados de blanco resultaron, según los presentes inventores, en un aumento de la temperatura del conductor en lugar de una reducción de la temperatura del conductor.

Por lo tanto, los presentes inventores consideran que recubrir un conductor aéreo con, por ejemplo, una capa de pintura blanca de óxido de magnesio es desventajoso en términos de rendimiento y muy problemático en términos de escasa resistencia a la corrosión.

Por consiguiente, sigue habiendo una necesidad para un conductor aéreo mejorado que tenga un rendimiento de reducción de temperatura mejorado junto con una resistencia de corrosión buena o excelente y que quede blanco durante un periodo extendido de tiempo. Además, varias realizaciones de la presente invención se refieren a conductores de alta temperatura y baja deformación ("HTLS") que tienen una temperatura máxima de funcionamiento en el intervalo de 150-250 °C. A temperaturas tan elevadas, los problemas con los conductores revestidos conocidos se vuelven particularmente agudos. A temperaturas tan elevadas los problemas con los conductores recubiertos conocidos se vuelven particularmente agudos.

Un conductor aéreo mejorado capaz de proporcionar efectos significativos de reducción de la temperatura, en particular a temperaturas de funcionamiento elevadas en el intervalo de 150-250 °C, daría lugar a una reducción significativa de las pérdidas de potencia junto con una mayor ampacidad.

Se entenderá por los expertos en la materia que la capacidad de proporcionar un conductor aéreo mejorado capaz de funcionar a temperaturas elevadas (por ejemplo, en el intervalo 150-250 °C), con buena resistencia a la corrosión, que permanezca blanco durante un periodo de tiempo prolongado y que tenga un rendimiento de reducción de temperatura mejorado sería de gran interés comercial y representaría un avance significativo en la materia.

Un problema especialmente importante de los conductores con recubrimiento blanco, que a menudo se pasa por alto, es que los recubrimientos blancos acumulan suciedad y se decoloran con el paso del tiempo, ya que el conductor está expuesto a contaminantes ambientales. Como resultado, la alta reflectancia solar inicial puede disminuir rápidamente a medida que el recubrimiento blanco se decolora, lo que se traduce en una reducción significativa del rendimiento. Por ejemplo, se ha informado de que los materiales que tienen una alta reflectancia inicial R de > 0,80 pueden experimentar una reducción de la reflectancia R de una media de 0,16 a lo largo de tres años.

Otros estudios han demostrado que los efectos de oscurecimiento sobre la reflectancia solar de los elementos del tejado se traducen en una reducción del 11-59 % de la reflectancia solar tras un periodo de 5-8 años de exposición al exterior.

Por lo tanto, también se desea proporcionar un conductor aéreo mejorado que sea menos propenso a la decoloración por acumulación de suciedad y contaminantes ambientales y, por lo tanto, que muestre una pérdida de rendimiento reducida o insignificante con el tiempo en virtud de que el conductor permanezca blanco durante un periodo de tiempo prolongado.

Los recubrimientos de silicato de alquilo se utilizan principalmente como imprimaciones anticorrosivas sobre sustratos de acero debido a su extraordinaria resistencia a la corrosión, propiedades mecánicas superiores, resistencia a temperaturas muy altas y excelente resistencia química.

Las composiciones de recubrimiento de silicato de alquilo comprenden típicamente productos de uno o dos componentes. Si el producto es bicomponente, el primer componente suele consistir en una mezcla líquida del aglutinante de silicato, los coaglutinantes, los agentes antidescolgamiento y los disolventes, y el segundo componente suele contener un pigmento metálico, la mayoría de las veces un pigmento metálico de zinc comúnmente denominado polvo de zinc.

Los silicatos de zinc son superiores a otros recubrimientos en cuanto a propiedades anticorrosivas debido a su función de ánodo de sacrificio aplicado directamente sobre la superficie de acero limpia. Cuando se daña la capa de

recubrimiento, el zinc protege el daño mediante protección galvánica. Su función es similar a la del acero galvanizado.

Es conocido el uso de ligantes de silicato de alquilo como imprimación, es decir, capa de recubrimiento o película en un sistema de capas múltiples con capas posteriores de tipos genéricos adecuados de recubrimientos, por ejemplo, epoxi o poliuretano. Sin embargo, los ligantes de silicato también pueden utilizarse como sistemas monocapa o, alternativamente, como capas de acabado.

Los silicatos de alquilo, como los silicatos de etilo, no son lo suficientemente reactivos como para poder utilizarse como aglutinantes sin hidrólisis adicional. La hidrólisis del silicato de etilo puede ser catalizada por ácido o por base. Por lo general, la catálisis ácida procede de forma algo más lenta y controlada. Además, la presencia de ácidos tiende a estabilizar los grupos silanol reactivos (Si-OH) y a aumentar la estabilidad de almacenamiento. En "The Use of Ethyl Silicate in Zinc Rich Paints", Steinmetz J.R., Modern Paint and Coatings, junio de 1983, se ofrece una visión general de los problemas de estabilidad y reactividad de los silicatos de etilo. Si se introducen materiales alcalinos en la parte líquida de un aglutinante de silicato estabilizado con ácido, el líquido se vuelve neutro y los grupos silanol se vuelven reactivos y se forma un líquido inestable.

Es bien sabido por el experto en la materia que, dependiendo del tipo de aglutinante de silicato de alquilo estabilizado con ácido y del material alcalino introducido en el aglutinante de silicato, la estabilidad en la parte líquida puede variar desde una estabilidad no superior a 6 meses hasta una gelificación casi inmediata del producto.

Ejemplos de materiales alcalinos son cargas como feldespato, talco, mica, dolomita, calcita, bauxita o diversos tipos de materiales de silicato.

En la práctica, el experto en la materia se abstendrá de introducir materiales alcalinos en la composición para garantizar la estabilidad durante el almacenamiento. El experto en la materia seleccionará los ingredientes entre los materiales que den un pH en la zona neutra o un pH inferior a 7 cuando estén suspendidos o disueltos en agua.

Los recubrimientos de silicato de alquilo estabilizado con ácido son fáciles de aplicar con equipos de pulverización estándar. Sin embargo, pulverizar una composición de pintura de silicato es un poco diferente de las pinturas convencionales. Normalmente, las pinturas tienen tendencia a acumularse en las esquinas, en los cordones de soldadura y en las zonas de difícil acceso, problema que se acentúa aún más si la composición de la pintura de silicato contiene un pigmento metálico, por ejemplo, zinc. Estos productos están formulados con PVC por encima de la proporción de CPVC para garantizar un contacto suficiente entre las partículas de zinc para la protección galvánica. Por lo tanto, los recubrimientos de silicato con pigmento metálico presentan un mayor riesgo de agrietamiento del lodo si se aplican con un espesor de película demasiado elevado.

En consecuencia, a menudo se invierten aquí esfuerzos y horas de trabajo adicionales para no acabar con espesores de película seca demasiado elevados.

Los productos de silicato existentes se especifican en un espesor total de película seca de 40 a 125 µm, normalmente 75 µm, pero es inevitable que se produzcan solapamientos y un elevado espesor de película seca en esquinas y bordes. Especialmente en asociación con el interior de los ángulos formados entre los elementos estructurales, existe el riesgo de obtener espesores de película seca muy superiores a los especificados. A menudo es necesario ir después con cepillos en las zonas críticas para evitar que se cuartee el barro. Eliminar manualmente el exceso de pintura con brocha lleva mucho tiempo y no es la solución ideal, pero la alternativa es peor: Un espesor de recubrimiento demasiado elevado, que a menudo supera los límites normales de aceptación, provoca un elevado esfuerzo de retracción durante el curado y puede causar grietas en el barro.

Cuando la composición de la pintura de silicato se aplica con un espesor de película demasiado alto, aparecen grietas de barro. Esto ocurre cuando la estrecha correlación entre el espesor de la película aplicada, el proceso de secado y el curado está "desequilibrada".

En el pasado se han utilizado fibras de amianto y silicato cálcico fibroso en composiciones de silicato de alquilo y zinc (por ejemplo, documento US-3056684).

En los últimos años han aparecido productos de curado más rápido que incluyen aceleradores como el cloruro de zinc o el cloruro de magnesio. El curado rápido reduce el tiempo total de procesamiento, que se ha convertido en un parámetro muy importante para los aplicadores de pintura y los contratistas. Sin embargo, sólo ha sido posible aumentar el curado hasta cierto nivel, ya que el curado rápido tiene un impacto negativo en el nivel de agrietamiento (tensión interna). Por tanto, la cantidad de cloruro de cinc que puede añadirse es limitada.

El proceso de curado comienza en la superficie del recubrimiento. Cuando el curado es demasiado rápido, la parte blanda no curada del recubrimiento no tendrá suficiente resistencia para "soportar" la tensión acumulada durante el curado y se desarrollarán grietas de barro en la superficie que provocarán la consiguiente pérdida de adherencia, cohesión y problemas de corrosión.

El documento EP-2231789 divulga una composición de pintura de silicato de alquilo que mejora la resistencia al agrietamiento.

5 Por lo que respecta a las composiciones para el recubrimiento de un conductor aéreo destinadas a reducir la temperatura del conductor, reduciendo así la resistencia del mismo, las composiciones son de base acuosa.

Sin embargo, uno de los problemas de los recubrimientos al agua convencionales es que deben curarse térmicamente, por ejemplo a 200-300 °C, para que sean estables a la humedad.

10 Es evidente que puede no ser deseable curar térmicamente conductores aéreos que sólo están clasificados hasta una temperatura máxima de funcionamiento de 80 °C.

15 Además, también puede ser indeseable curar térmicamente conductores aéreos que están clasificados para una temperatura máxima de funcionamiento de 150-250 °C a una temperatura en el rango de 200-300 °C, es decir, potencialmente también por encima de la temperatura máxima de funcionamiento nominal del conductor.

20 Como comprenderán los expertos en la materia, someter un conductor de aluminio con una temperatura de funcionamiento máxima de 80 °C a un proceso de curado térmico a alta temperatura en el intervalo de 200-300 °C durante un período de tiempo potencialmente prolongado (24 horas) aumenta el riesgo de provocar el recocido del aluminio, lo que da lugar a cambios en la estructura cristalina y las propiedades del conductor de aluminio.

25 También es evidente que, si bien los nuevos conductores aéreos revestidos con un silicato de metal alcalino a base de agua pueden someterse a una etapa de curado térmico como parte del proceso de fabricación, se plantean considerables problemas prácticos y económicos si se pretende reequipar un conductor aéreo existente in situ con una composición que se cura para formar un recubrimiento de control de la temperatura para el conductor aéreo. De hecho, se apreciará que en muchas circunstancias será poco práctico intentar reequipar una gran red de conductores aéreos tratando de curar los recubrimientos aplicados a una temperatura de hasta 300 °C durante un período de tiempo de, por ejemplo, 24 horas.

30 En consecuencia, en virtud de su exigencia de altos niveles térmicos, los sistemas convencionales excluyen los conductores de 80 °C (ACSR, que representan la inmensa mayoría del mercado) y no son susceptibles de adaptación.

Se desea, por lo tanto, proporcionar una composición mejorada para recubrir un conductor aéreo.

35 SUMARIO DE LA PRESENTE INVENCION

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona una composición para revestir un conductor aéreo que comprende:

40 un agente reflectante;
un agente fotocatalítico que comprende ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ("aps") ≤ 100 nm;
un disolvente no acuoso; y
45 uno o más aglutinantes de silicato de alquilo.

El documento EP-2231789 (Fiedler) no divulga el suministro de una composición para recubrir un conductor aéreo que incluye, entre otras cosas, un agente fotocatalítico que comprende ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ("aps") ≤ 100 nm.

50 Por consiguiente, el documento EP-2231789 (Fiedler) no se considera pertinente para la presente invención.

Según la realización preferida, el agente reflectante comprende dióxido de titanio rutilo (TiO_2).

55 El dióxido de titanio rutilo (TiO_2) puede tener un tamaño medio de partícula ("aps"): (i) ≥ 100 nm; (ii) 100-200 nm; (iii) 200-300 nm; (iv) 300-400 nm; (v) 400-500 nm; (vi) 500-600 nm; (vii) 600-700 nm; (viii) 700-800 nm; (ix) 800-900 nm; y (x) 900-1000 nm.

El dióxido de titanio rutilo (TiO_2) comprende preferentemente partículas sustancialmente esféricas.

60 Según otras realizaciones, el agente reflectante puede comprender aluminosilicato de sodio ($\text{AlNa}_{12}\text{SiO}_5$), óxido de zinc (ZnO) u óxido de cobre (CuO).

El agente fotocatalítico puede comprender ≥ 75 %, ≥ 80 %, ≥ 85 %, ≥ 90 %, ≥ 95 % o ≥ 99 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2).

65 Según una realización, el agente reflectante puede comprender una carga blanca.

El relleno blanco puede comprender: (i) óxido de magnesio (MgO); (ii) óxido de calcio (CaO); (iii) óxido de aluminio (Al_2O_3); (iv) óxido de zinc (ZnO); (v) carbonato de calcio ($CaCO_3$); (vi) silicato de aluminio (Al_2SiO_5); (vii) dióxido de titanio (TiO_2); o (viii) sulfato de bario ($BaSO_4$).

5 La composición puede comprender además un agente emisivo que comprenda preferentemente una carga inorgánica como, por ejemplo: (i) carbonato de calcio ($CaCO_3$); (ii) caolín calcinado ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$); o (iii) talco (silicato de magnesio hidratado $H_2Mg_3(SiO_3)_4$ o $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$).

10 El disolvente comprende preferentemente xileno, xilol o dimetilbenceno que tiene la fórmula $(CH_3)_2C_6H_4$, tolueno que tiene la fórmula $(CH_3)C_6H_5$, etanol que tiene la fórmula C_2H_5OH , isopropanol que tiene la fórmula $CH_3CH(OH)CH_3$, 2-efoxietanol que tiene la fórmula $C_2H_5OC_2H_4OH$ o acetato de 2-etilo que tiene la fórmula $CH_3C(O)OC_2H_4OC_2HS$.

El uno o más aglutinantes de silicato de alquilo pueden ser prehidrolizados a entre 75-100 % de hidrólisis.

15 El aglutinante de silicato de alquilo puede comprender silicato de metilo, silicato de etilo, silicato de propilo, silicato de butilo, silicato de pentilo, silicato de hexilo, silicato de heptilo o silicato de octilo.

El aglutinante de silicato de alquilo puede comprender silicato de n-propilo, silicato de isopropilo u ortosilicato de butilo.

20 Preferiblemente, el aglutinante de silicato de alquilo no está fluorado.

El aglutinante de silicato de alquilo puede seleccionarse entre hexametildisilazano (HMDS), ortosilicato de tetraetilo (TEOS), ortosilicato de tetrametilo (TMOS), metiltrimetoxisilano (MTMS), viniltrimetoxisilano (VTMS), trimetoxifenilsilano, (3-aminopropil)triethoxisilano (APTES), triethoxi(octil)silano (C8-TEOS), 3-(2-aminoetilamino)propildimetilsilano (AEAPS), (3-glicicloxipropil)trimetoxisilano (GPTMS), [3-(metacriloxi)propil]trimetoxisilano (MAPTS), hexadeciltrimetoxisilano, (3-mercaptopropil)trimetoxisilano (MPTMS) o triethoxifenilsilano.

30 La composición puede comprender además un agente de curado que comprenda cloruro de zinc ($ZnCl_2$) o cloruro de magnesio ($MgCl_2$).

La composición puede comprender además un agente reológico (por ejemplo, hidroxietilcelulosa (CH_2CH_2OH)) y/o un agente de flexibilidad (preferentemente polidimetilsiloxano ("PDMS" (C_2H_6OSi)_n).

35 Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un conductor aéreo recubierto al menos parcialmente con una composición como se describió anteriormente, en el que, durante el uso, la composición se cura para formar un recubrimiento o película sobre al menos una porción del conductor aéreo.

40 El recubrimiento o película tiene preferentemente un coeficiente de emisividad térmica media $E \geq 0,90$ en todo el espectro infrarrojo 2,5-30,0 μm .

El recubrimiento o película tiene preferentemente un coeficiente de reflectividad solar media $R \geq 0,80$ en todo el espectro solar 0,3-2,5 μm . Más preferentemente, el recubrimiento o película tiene un coeficiente de reflectividad solar media $R \geq 0,90$ en todo el espectro solar 0,3-2,5 μm .

45 El recubrimiento o película es preferiblemente de color sustancialmente blanco y tiene un $L^* \geq 80$, $L^* \geq 85$, $L^* \geq 90$ o un $L^* \geq 95$.

50 El recubrimiento o película tiene preferiblemente un coeficiente de emisividad térmica media $E \geq 0,90$ en todo el espectro infrarrojo 2,5-30,0 μm cuando se ensaya de acuerdo con ASTM E408 (2013) y/o un coeficiente de reflectividad solar media $R \geq 0,90$ y/o un coeficiente de absortividad solar media $A \leq 0,10$ en todo el espectro solar 0,3-2,5 μm cuando se ensaya de acuerdo con ASTM E903 (2012).

55 El conductor aéreo, cuando se somete a ensayo de conformidad con la norma ANSI C119.4-2004, funciona preferentemente a una temperatura inferior a la del mismo conductor aéreo sin el recubrimiento o la película.

El conductor aéreo está preferiblemente dispuesto y adaptado para transmitir, en uso, energía eléctrica a una tensión ≥ 2 kV, 2-50 kV, 50-100 kV, 100-150 kV, 150-200 kV, 200-250 kV, 250-300 kV, 300-350 kV, 350-400 kV, 400-450 kV, 450-500 kV, 500-550 kV, 550-600 kV, 600-650 kV, 650-700 kV, 700-750 kV, 750-800 kV o ≥ 800 kV.

El conductor aéreo está preferentemente dispuesto y adaptado para funcionar, en uso, hasta una temperatura máxima de funcionamiento de 80 °C, 90 °C, 100 °C, 110 °C, 120 °C, 130 °C, 140 °C, 150 °C, 160 °C, 170 °C, 180 °C, 190 °C, 200 °C, 210 °C, 220 °C, 230 °C, 240 °C, 250 °C, 260 °C, 270 °C, 280 °C, 290 °C, 300 °C o > 300 °C.

65 El conductor aéreo está dispuesto y adaptado para ser suspendido, en uso, entre postes aéreos.

El conductor aéreo comprende preferentemente uno o más conductores metálicos.

El conductor aéreo comprende preferentemente uno o varios cables metálicos.

5 El uno o más conductores metálicos y/o el uno o más cables metálicos se componen preferentemente de aluminio o de una aleación de aluminio.

10 El conductor aéreo comprende: (i) un conductor totalmente de aluminio ("AAC"); (N) un conductor totalmente de aleación de aluminio ("AAAC"); (iii) un conductor de aluminio reforzado con acero ("ACSR"); (iv) un conductor de aluminio reforzado con acero revestido de aluminio ("ACSR/AW"); (v) un cable areal agrupado ("ABC"); (vi) un conductor de alta temperatura y baja flecha ("HTLS"); (vii) un conductor con núcleo compuesto de aluminio ("ACCC"); (viii) un conductor de aluminio con soporte de acero ("ACSS/MA"); (ix) un conductor de aluminio con soporte de acero revestido de aluminio ("ACSS/AW"); (x) un conductor de aleación de aluminio resistente al calor reforzado con acero ("TACSR"); (xi) un conductor de aleación de aluminio resistente al calor con recubrimiento de aluminio reforzado con acero ("TACSR/AW"); o (xii) un conductor de aleación de aluminio superresistente al calor con recubrimiento de aluminio reforzado con invar ("STACIR/AW").

20 El recubrimiento o película tiene preferentemente un grosor en el intervalo de 1-10 μm , 10-20 μm , 20-30 μm , 30-40 μm , 40-50 μm , 50-60 μm , 60-70 μm , 70-80 μm , 80-90 μm , 90-100 μm , 100-110 μm , 110-120 μm , 120-130 μm , 130-140 μm , 140-150 μm , 150-160 μm , 160-170 μm , 170-180 μm , 180-190 μm , 190-200 μm , 200-300 μm , 300-400 μm , 400-500 μm , 500-600 μm , 600-700 μm , 700-800 μm , 800-900 μm , 900-1000 μm o $> 1 \text{ mm}$.

25 Según otro aspecto de la presente invención se proporciona un sistema de alimentación o distribución eléctrica que comprende uno o más conductores aéreos como se ha descrito anteriormente.

Según otro aspecto se proporciona un método de recubrimiento o aplicación de una película a un conductor aéreo que comprende:

30 aplicar una composición como la descrita anteriormente a al menos una porción de un conductor aéreo; y permitir que la composición se cure únicamente mediante curado por humedad para formar un recubrimiento o película sobre al menos una parte del conductor aéreo.

35 La etapa de permitir que la composición se cure mediante curado por humedad preferiblemente no implica calentar la composición por encima de la temperatura ambiente.

El método preferentemente comprende además permitir que la composición cure para formar un recubrimiento o película sobre al menos una porción del conductor aéreo sin utilizar una etapa de curado térmico.

40 La etapa de dejar curar la composición para formar un recubrimiento o película sobre al menos una parte del conductor aéreo comprende preferentemente mantener la temperatura de la composición y/o del recubrimiento o película que se está formando sobre el conductor aéreo por debajo de 100 °C, 90 °C u 80 °C.

45 Según otro aspecto se proporciona un kit para formar una composición para recubrir un conductor aéreo que comprende:

50 una primera parte que comprende: (i) un agente reflectante; (ii) un agente fotocatalítico que comprende $\geq 70 \%$ en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ("aps") $\leq 100 \text{ nm}$; y (iii) uno o más aglutinantes de silicato de alquilo; y una segunda parte que comprende: (i) un disolvente no acuoso; en el que, en uso, la primera y segunda partes se mezclan para formar una composición que se aplica a al menos una porción de un conductor aéreo para formar un recubrimiento o película sobre al menos una porción del conductor aéreo.

55 La primera parte comprende preferiblemente además uno o más de: (i) un agente emisor; (ii) un agente de curado; (iii) un agente de flexibilidad; y (iv) un agente reológico.

La segunda parte comprende preferiblemente además uno o más de: (i) un agente emisor; (ii) un agente de curado; (iii) un agente de flexibilidad; y (iv) un agente reológico.

60 El kit comprende preferiblemente además un primer dispositivo para pulverizar, pintar o aplicar la composición sobre al menos una parte de uno o más conductores aéreos para formar el recubrimiento o película.

65 De acuerdo con otro aspecto se proporciona un método de reacondicionamiento de una línea aérea de transmisión o distribución de energía que comprende uno o más conductores aéreos, el método comprende:

pulverización, pintura, recubrimiento o aplicación de una composición sobre al menos una parte de un conductor aéreo, en la que la composición comprende: (i) un agente reflectante; (ii) un agente fotocatalítico que comprende ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ("aps") ≤ 100 nm; (iii) un disolvente no acuoso; y (iv) uno o más aglutinantes de silicato de alquilo; y a continuación

5 permitir que la composición se cure únicamente mediante curado por humedad para formar un recubrimiento o película sobre al menos una parte del conductor aéreo.

Según diversas realizaciones, el recubrimiento o la película puede tener un coeficiente medio de emisividad térmica E en el intervalo 0,90-0,91, 0,91-0,92, 0,92-0,93, 0,93-0,94, 0,94-0,95, 0,95-0,96, 0,96-0,97, 0,97-0,98, 0,98-0,99 o 0,99-1,00 en todo el espectro infrarrojo de 2,5-30,0 μm .

Según diversas realizaciones, el recubrimiento o la película puede tener un coeficiente medio de reflectividad solar R comprendido entre 0,80 y 0,81, 0,81 y 0,82, 0,82 y 0,83, 0,83 y 0,84, 0,84 y 0,85, 0,85 y 0,86, 0,87 y 0,88, 0,88 y 0,89, 0,89 y 0,90, 0,90 y 0,91, 0,91 y 0,92, 0,92 y 0,93, 0,93 y 0,94, 0,94 y 0,95, 0,95 y 0,96 y 0,97 y 0,97 y 0,98 o 0,99 y 0,99-1,00 y/o un coeficiente medio de absorción solar A comprendido entre 0,95 y 0,96, 0,97 y 0,98 o 0,99-1,00 y/o un coeficiente medio de absorción solar A comprendido entre 0,00-0,01, 0,01-0,02, 0,02-0,03, 0,03-0,04, 0,04-0,05, 0,05-0,06, 0,06-0,07, 0,07-0,08, 0,08-0,09 o 0,09-0,10 en todo el espectro solar 0,3-2,5 μm . Así, el coeficiente medio de reflectividad solar R es generalmente $R \geq 0,80$, preferentemente $\geq 0,90$, en todo el espectro solar 0,3-2,5 μm .

La presente invención representa un avance significativo en la técnica, ya que un conductor aéreo según la presente invención tiene tanto un alto coeficiente medio de emisividad térmica E (es decir, $E \geq 0,90$) en todo el espectro infrarrojo 2,5-30,0 μm como también un alto coeficiente medio de reflectividad solar R (es decir, $R \geq 0,90$) en todo el espectro solar 0,3-2,5 μm .

Se recordará que los conductores conocidos que tienen un único recubrimiento negro tienen un coeficiente de emisividad térmica E elevado pero un coeficiente de reflectividad solar R pobre.

Por el contrario, otros conductores conocidos que tienen un único recubrimiento blanco presentan un elevado coeficiente de reflectividad solar R, pero un coeficiente de emisividad térmica E deficiente bajo.

En consecuencia, un conductor de recubrimiento simple según la presente invención tiene un rendimiento significativamente mejorado en términos de rendimiento de reducción de temperatura en relación con los conductores de recubrimiento simple convencionales. Un conductor recubierto con un recubrimiento o película según la presente invención también tiene una resistencia a la corrosión buena o excelente en contraste con algunos recubrimientos simples conocidos, como la pintura blanca de óxido de magnesio.

Es importante destacar que la adición de un agente fotocatalítico que comprende ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) y que preferiblemente tiene un tamaño medio de partícula ≤ 100 nm da lugar a la conversión fotocatalítica de cualquier materia orgánica que pueda haberse adherido o que pueda adherirse de otro modo al recubrimiento. En concreto, cuando el dióxido de titanio anatasa (TiO_2) es excitado por la luz ultravioleta crea radicales hidroxilo ($\text{OH}\cdot$) y superóxido ($\text{O}_2\cdot$) que descompondrán la materia orgánica superficial en dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O).

Según una realización, el agente fotocatalítico puede comprender una forma comercialmente disponible de dióxido de titanio (TiO_2) conocida como DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25 o AEROXIDE (RTM) TiO_2 P25.

DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25 óxido de titanio (TiO_2) es una forma convencional en polvo de dióxido de titanio (TiO_2). Se han investigado en detalle las propiedades del óxido de titanio P25 y se hace referencia a la revista Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 216(2-3): 179-182 que encontraron que el polvo comprendía dióxido de titanio (TiO_2) en la proporción anatasa:rutilo:amorfo 78:14:8.

Cabe señalar que DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25 se suele presentar con una proporción 70:30, 80:20 u 85:15 de cristallitos de anatasa: rutilo y que no se suele hacer referencia a la presencia de la forma amorfa de dióxido de titanio (TiO_2).

Se ha informado de que el tamaño medio de las partículas ("aps") del dióxido de titanio (TiO_2) anatasa en DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25 es de aproximadamente 85 nm y que el tamaño medio de las partículas de dióxido de titanio (TiO_2) rutilo en DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25 es de aproximadamente 25 nm.

El dióxido de titanio (TiO_2) es particularmente preferido como fotocatalizador según realizaciones de la presente invención para la descomposición de contaminantes orgánicos porque es químicamente estable y biológicamente benigno. La brecha de banda del dióxido de titanio (TiO_2) es superior a 3 eV ($\sim 3,0$ para el rutilo y $\sim 3,2$ para la anatasa), por lo que el dióxido de titanio puro (TiO_2) es principalmente activo para la luz ultravioleta.

Se cree que la mezcla específica de fases de diferentes polimorfos de dióxido de titanio (TiO_2) como los presentes en

DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25 tienen un efecto sinérgico y se observa una mayor actividad fotocatalítica en comparación con las fases puras (es decir, en relación con el dióxido de titanio (TiO₂) rutilo puro o con el dióxido de titanio (TiO₂) anatasa puro).

- 5 También está generalmente aceptado que el dióxido de titanio anatasa (TiO₂) puro presenta una mayor actividad fotocatalítica que el dióxido de titanio rutilo (TiO₂) puro.

10 Se sabe que el dióxido de titanio anatasa (TiO₂) tiene una brecha de banda mayor que el dióxido de titanio rutilo (TiO₂). Aunque esto reduce la luz que se puede absorber, puede elevar el máximo de la banda de valencia a niveles de energía más altos en relación con los potenciales redox de las moléculas adsorbidas. En consecuencia, el poder de oxidación de los electrones puede incrementarse y la transferencia de electrones puede facilitarse desde el dióxido de titanio (TiO₂) a las moléculas adsorbidas.

15 El documento US-9595368 (Ranganathan) describe el uso de recubrimientos autolimpiantes fotocatalíticos tanto directamente sobre los conductores aéreos como sobre capas intermedias como recubrimientos de silicato inorgánico o recubrimientos a base de PVDF diseñados para aumentar la emisividad de los conductores. Sin embargo, esta solución no es óptima por varias razones. Las disposiciones divulgadas no son adecuadas para conductores aéreos blancos, reflectantes solares, ya que el uso de los recubrimientos autolimpiantes divulgados puede afectar materialmente al rendimiento de la capa reflectante solar.

20 Por ejemplo, el documento US-9595368 (Ranganathan) divulga que la aplicación de una capa autolimpiante de KON CORPORATION (RTM), de acuerdo con las instrucciones de aplicación del fabricante, sobre una capa reflectante solar que comprende dióxido de titanio (TiO₂) en un aglutinante de PVDF disminuía la reflectividad solar de un recubrimiento blanco de 0,89 a 0,77. El PVDF es un fluoropolímero con una energía superficial muy baja. Como resultado, el PVDF repelerá tanto los recubrimientos acuosos como los basados en disolventes con un elevado ángulo de contacto con el agua, lo que generalmente dificulta la formación de películas uniformes sobre el recubrimiento.

25 Por ello, el uso de una capa intermedia como la descrita en el documento US-9595368 (Ranganathan) no es una solución adecuada para mantener la reflectividad solar a lo largo del tiempo.

30 Además, cuando se aplica directamente a los silicatos, un enfoque de capa intermedia aumenta el gasto de la aplicación en el proceso de fabricación continua.

35 Para solucionar este problema, la presente invención integra la reflectividad solar y la actividad fotocatalítica autolimpiante en una sola capa. Esto no sólo ahorra complejidad y costes de aplicación, sino que también evita que las capas superiores autolimpiables afecten materialmente a la óptica del recubrimiento reflectante blanco subyacente.

40 Un conductor único según la presente invención tiene un rendimiento significativamente mejorado a temperaturas más bajas (por ejemplo, hasta 80 °C).

No se conoce un conductor con un solo recubrimiento que tenga una emisividad E muy alta ($E \geq 0,90$) y una reflectancia solar muy alta ($R \geq 0,90$) junto con una resistencia a la corrosión buena o excelente y un agente fotocatalítico eficaz para convertir la materia orgánica (que puede acumularse en el conductor) en dióxido de carbono y agua.

45 Según diversas realizaciones, la emisividad E de un conductor recubierto con un recubrimiento o película puede ser tal que $E \geq 0,91$, $E \geq 0,92$, $E \geq 0,93$, $E \geq 0,94$, $E \geq 0,95$, $E \geq 0,96$, $E \geq 0,97$, $E \geq 0,98$ o $E \geq 0,99$. Del mismo modo, según diversas realizaciones, la reflectancia R puede ser tal que $R \geq 0,91$, $R \geq 0,92$, $R \geq 0,93$, $R \geq 0,94$, $R \geq 0,95$, $R \geq 0,96$, $R \geq 0,97$, $R \geq 0,98$ o $R \geq 0,99$.

50 Las diferencias entre los distintos enfoques convencionales conocidos y el enfoque según la presente invención se tratarán con más detalle a continuación.

55 El documento WO 2015/105972 (Ranganathan) divulga una disposición que comprende un conductor que tiene una sola capa polimérica de un polímero a base de negro de humo que es un buen emisor de infrarrojos. Se indica que la emisividad E es $\geq 0,85$ (es decir, relativamente buena), pero la absorptividad A sólo es $\leq 0,3$ (es decir, mala).

60 Por el contrario, un conductor revestido con un recubrimiento o película según la presente invención tiene una emisividad mejorada $E \geq 0,90$ en comparación con el recubrimiento divulgado en WO 2015/105972 (Ranganathan) que tiene una emisividad inferior $E \geq 0,85$. Además, de manera importante, un conductor según la presente invención también tiene una reflectancia solar significativamente mejorada ($R \geq 0,90$) que es significativamente superior a la reflectancia del conductor divulgado en el documento WO 2015/105972 (Ranganathan), del que se afirma que tiene una reflectancia mucho menor de $R \geq 0,70$ (basada en un coeficiente de absorptividad declarado $A \leq 0,3$).

65 El documento US 2015/0194237 (Ranganathan) divulga un conductor que tiene un recubrimiento autolimpiante que comprende un fotocatalizador como el óxido de titanio anatasa. Sin embargo, el fotocatalizador no está provisto de un aglutinante - la capa autolimpiante se describe como libre de polímero y el fotocatalizador se describe como libre de

un aglutinante polimérico. En consecuencia, el documento US 2015/0194237 (Ranganathan) no divulga la provisión de un recubrimiento que comprenda un aglutinante inorgánico. El documento US 2015/0194237 (Ranganathan) no divulga la provisión de un recubrimiento que tenga tanto una alta emisividad térmica $E \geq 90 \%$ en el infrarrojo como también una alta reflectividad solar $R \geq 90 \%$ en el espectro solar 0,3-2,5 μm .

El documento WO 2014/025420 (Davis) divulga el recubrimiento de un conductor aéreo con un recubrimiento de una sola capa que comprende un aglutinante inorgánico (por ejemplo, silicato metálico o sílice coloidal (SiO_2)) y un agente radiante de calor, como carburo de boro (B_4C), dióxido de titanio (TiO_2) o dióxido de silicio (SiO_2). Se divulgan varios recubrimientos diferentes que han sido formulados y probados.

De todas las diferentes formulaciones divulgadas en el documento WO 2014/025420 (Davis) se considera que quizás la formulación más parecida a la presente invención es el recubrimiento #7 que comprende un aglutinante de silicato (20 % en peso), dióxido de silicio (37 % en peso), carburo de boro (3 % en peso) y agua (40 % en peso). El recubrimiento global conocido tiene un color gris oscuro con un L^* de 43,495. Se afirma que el recubrimiento gris oscuro tiene una emisividad E de 0,882, que es inferior a los requisitos de la presente invención, a saber, que el conductor tenga un coeficiente de emisividad $E \geq 0,90$.

Además, se indica que la absorptividad solar A del recubrimiento gris oscuro n.º 7 divulgado en el documento WO 2014/025420 (Davis) es $A = 0,86$, que es significativamente superior a los requisitos de la realización preferida, que requiere que el coeficiente de absorptividad solar $A \leq 0,10$. Del mismo modo, la reflectancia solar del recubrimiento gris oscuro n.º 7 es $R = 0,14$, que es significativamente inferior a los requisitos de la realización preferida, que requiere que el conductor tenga una alta reflectancia solar $R \geq 0,90$.

En consecuencia, las diversas composiciones divulgadas en el documento WO 2014/025420 (Davis) no se consideran particularmente relevantes para la presente invención.

El documento US 2016/0032107 (Siripurapu) divulga un kit de composición de dos partes para crear un recubrimiento para recubrir un conductor con un único recubrimiento. La primera parte del kit comprende una carga (2-55 % en peso seco del kit de composición), un agente reticulante (5-20 % en peso seco del kit de composición) y un agente emisivo (6-42 % en peso seco del kit de composición). El material de relleno puede ser cuarzo u óxido de aluminio. El agente reticulante puede comprender hidróxido de magnesio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), óxido de magnesio (MgO) u óxido de zinc (ZnO). El agente emisivo puede comprender dióxido de silicio (SiO_2) o dióxido de titanio (TiO_2). La segunda parte del kit comprende un aglutinante de silicato metálico alcalinotérreo (20-65 % en peso seco del kit de composición). El aglutinante de silicato de metales alcalinotérreos puede comprender silicato de potasio, silicato de sodio, silicato de litio, silicato de calcio o silicato de magnesio y aluminio.

En el documento US 2016/0032107 (Siripurapu) se dan dos ejemplos. El ejemplo n.º 1 tiene una emisividad E de 0,86, que es inferior a los requisitos de la realización preferida ($E \geq 0,90$). Además, el Ejemplo n.º 1 tiene una alta absorptividad solar A de 0,55 que es significativamente mayor que los requisitos de la realización preferida que requiere el coeficiente de absorptividad $A \leq 0,10$.

Los párrafos [0004] y [0006] del documento US 2016/0032107 (Siripurapu) enseñan que se conocen diferentes recubrimientos blancos que tienen una emisividad térmica $E \geq 70 \%$ (en el infrarrojo) mucho menor y una reflectividad solar $R \geq 70 \%$ (absorptividad $\leq 30 \%$) mucho menor en el espectro solar 0,3-2,5 μm que un recubrimiento según la realización preferida de la presente invención.

Se entenderá por los expertos en la materia que un conductor revestido blanco convencional que tiene una $E \geq 70 \%$ y una reflectividad solar $R \geq 70 \%$ es significativamente inferior a un conductor revestido (blanco) según la realización preferida de la presente invención que tiene una $E \geq 90 \%$ y una reflectividad solar $R \geq 90 \%$.

Según el documento US 2016/0032107 (Siripurapu) se divulga una composición de recubrimiento para un conductor que comprende 6-42 % en peso de un agente emisivo que puede comprender dióxido de titanio. En la página 7 se dan dos ejemplos concretos ("Ejemplo 1" y "Ejemplo 2") y se hace referencia a la Tabla 1. Se asume del contexto que el dióxido de titanio se proporciona en la forma de rutilo y no en la forma menos común de anatasa según la presente invención, especialmente porque no se hace mención de fotocatalizadores. Es probable que la forma de rutilo como se supone que se divulga en el documento US 2016/0032107 (Siripurapu) tenga un tamaño medio de partícula superior a 100 nm, contrariamente a los requisitos de la presente invención. Según varias realizaciones preferidas de la presente invención, puede proporcionarse un agente reflectante adicional en forma de dióxido de titanio rutilo que tiene un tamaño medio de partícula de cientos de nm. Se ensayó la emisividad y la absorptividad solar del Ejemplo 1 divulgado en el documento US 2016/0032107 (Siripurapu) y los resultados se muestran en la Tabla 3 del documento US 2016/0032107 (Siripurapu). Se observará que la emisividad E se indica que es del 86 %, que es inferior al requisito $\geq 90 \%$ según la realización preferida de la presente invención. La absorptividad solar A es también del 55 %, por lo que la reflectividad solar R es del 45 %. Será evidente, por lo tanto, que mientras que la emisividad E es alta (86 %), la reflectividad solar R al 45 % es mucho menor que el requisito de la realización preferida de la presente invención que requiere una reflectividad solar $R \geq 90 \%$.

En consecuencia, el documento US 2016/0032107 (Siripurapu) no divulga la provisión de un único conductor revestido que tenga un agente fotocatalítico que comprenda ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa que proporcione un recubrimiento que tenga una emisividad $E \geq 90$ % y una reflectividad solar $R \geq 90$ % como requiere la realización preferida de la presente invención.

El documento US 2005/0266981 (Nakajima) divulga el suministro de una composición líquida que incluye un material fotocatalítico disperso en un aglutinante hidrófilo que incluye un organosilicato esencialmente hidrolizado en su totalidad (párrafo [0002]). Según el apartado [0093], la composición líquida puede aplicarse a un cable de alta tensión.

Sin embargo, la realización preferida de la presente invención se refiere a un único conductor revestido para una línea aérea de transmisión o distribución de energía. La aplicación de una composición líquida como la descrita en el documento US 2005/0266981 (Nakajima) a un cable de alta tensión daría como resultado un conductor eléctrico con dos recubrimientos: un primer recubrimiento aislante interior y un segundo recubrimiento hidrófilo exterior, por lo que no cumpliría los requisitos de la realización preferida de la presente invención.

El documento WO 2007/034248 (Simic) divulga un número de recubrimientos blancos. Un recubrimiento divulgado es la pintura de óxido de magnesio y óxido de aluminio. Tiene una baja absorptividad y una alta emisividad. La realización preferida de la presente invención se diferencia en que según la presente invención se incluye un agente fotocatalítico que comprende dióxido de titanio anatasa (TiO_2). Además, se ha probado la pintura de óxido de magnesio y óxido de aluminio, pero se ha descubierto que tiene un rendimiento inferior al indicado en el documento WO 2007/034248 (Simic). La pintura también es problemática de aplicar y curar y no se considera duradera. En consecuencia, no se considera que la pintura de óxido de aluminio y magnesio presente una solución comercial.

Otro problema al intentar utilizar óxido de magnesio como recubrimiento es que el óxido de magnesio actuará como imprimación de sacrificio contra la corrosión, ya que se corroe con mucha facilidad. En consecuencia, las propiedades ópticas del recubrimiento de óxido de magnesio se deteriorarán con bastante rapidez. El magnesio es el metal electroquímicamente más activo utilizado en aplicaciones de ingeniería y se corroe tan fácilmente en algunos entornos que el magnesio y las aleaciones de magnesio se utilizan a propósito como ánodos de sacrificio en estructuras de acero como cascos de barcos y tuberías de acero. El magnesio y las aleaciones de magnesio almacenados a temperatura ambiente o en condiciones atmosféricas húmedas desarrollan una película superficial de composición variada formada por óxido, hidróxido y carbonatos de magnesio. Estas películas son menos estables que las películas pasivas que se forman sobre metales como el aluminio y los aceros inoxidables.

También se ha observado que las imprimaciones ricas en magnesio fallan rápidamente y presentan fuertes ampollas muy pronto en las pruebas de niebla salina (ASTM B117), que es una prueba clave para certificar los recubrimientos para la protección contra la corrosión.

En consecuencia, el recubrimiento de pintura blanca de óxido de magnesio divulgado en el documento WO 2007/034248 (Simic) no se considera relevante para la presente invención y no se considera que ofrezca una solución comercial práctica a los problemas que la presente invención pretende abordar.

Otra composición divulgada en el documento WO 2007/034248 (Simic) es una pintura blanca de óxido de titanio con silicato de potasio. Sin embargo, tiene una absorbencia declarada de $A = 0,17$, es decir, superior a los requisitos de la presente invención.

En consecuencia, aunque algunas de las composiciones de pintura blanca divulgadas en el documento WO 2007/034248 (Simic) pueden parecer inicialmente potencialmente relevantes para la presente invención, tras un examen más detallado y una investigación más profunda se ha descubierto que su rendimiento es inferior al de un conductor con recubrimiento simple de acuerdo con la presente invención.

El documento FR-2971617 (Nexans) divulga una pintura blanca que tiene un pigmento blanco como óxido de magnesio, óxido de aluminio o sulfato de bario. El recubrimiento polimérico tiene una emisividad $E \geq 0,7$ y un coeficiente de absorción solar $A \leq 0,3$. En consecuencia, es evidente que los requisitos de la realización preferida de la presente invención no se cumplen.

Será evidente, por lo tanto, que los diversos enfoques conocidos para proporcionar un recubrimiento que reduzca la temperatura de un conductor aéreo se limitan a proporcionar un único recubrimiento que no cumple los requisitos duales de la realización preferida de la presente invención, a saber, proporcionar un conductor que tenga tanto una emisividad muy alta $E \geq 0,90$ como también una reflectividad solar muy alta $R \geq 0,90$ (o, a la inversa, una absorptividad solar muy baja $A \leq 0,10$).

Será evidente, por lo tanto, que la presente invención representa un avance significativo en el arte ya que un solo conductor revestido según la presente invención tiene un rendimiento de temperatura significativamente mejorado. Como resultado, un conductor revestido con un recubrimiento o película de acuerdo con la presente invención exhibe ventajosamente pérdidas de potencia reducidas y además ventajosamente tiene una mayor ampacidad en relación con los conductores revestidos monocapa convencionales o conductores desnudos.

Un conductor con recubrimiento simple según la presente invención también tiene una resistencia a la corrosión buena o excelente en contraste con algunos recubrimientos conocidos.

Además, una ventaja significativa del recubrimiento único según la presente invención es que la presencia de un agente fotocatalítico que actúa preferentemente para convertir la materia orgánica que puede haberse adherido al conductor en dióxido de carbono y agua. Como resultado, un conductor revestido de acuerdo con la presente invención sufrirá menos decoloración que otros recubrimientos blancos reductores de temperatura conocidos aplicados a líneas aéreas de transmisión o distribución de energía y, por lo tanto, el rendimiento de dichos conductores revestidos de acuerdo con la presente invención seguirá siendo alto durante un período de tiempo prolongado. Esto contrasta con los conductores revestidos conocidos que sufren un marcado deterioro de su rendimiento en un periodo de tiempo relativamente corto debido a que se ensucian, decoloran y tienen una reflectancia reducida.

Se apreciará, por lo tanto, que un conductor revestido con un recubrimiento o película según la presente invención que incluye un agente fotocatalítico autolimpiante en forma de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) tiene un interés comercial significativo.

El agente fotocatalítico comprende además preferentemente $\geq 75\%$, $\geq 80\%$, $\geq 85\%$, $\geq 90\%$, $\geq 95\%$ o $\geq 99\%$ en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2).

Un conductor recubierto con un recubrimiento o película puede estar dispuesto y adaptado para funcionar, en uso, a una temperatura de 60-300 °C o 90-250 °C por encima de la temperatura ambiente.

Según diversas realizaciones, un conductor revestido con un recubrimiento o película puede comprender además un agente reflectante.

El agente reflectante comprende preferentemente dióxido de titanio rutilo (TiO_2). El dióxido de titanio rutilo (TiO_2) puede tener un tamaño medio de partícula ("aps"): (i) ≥ 100 nm; (ii) 100-200 nm; (iii) 200-300 nm; (iv) 300-400 nm; (v) 400-500 nm; (vi) 500-600 nm; (vii) 600-700 nm; (viii) 700-800 nm; (ix) 800-900 nm; y (x) 900-1000 nm.

Según diversas realizaciones, el dióxido de titanio rutilo (TiO_2) comprende partículas sustancialmente esféricas (en oposición a tener una estructura nanorodal).

Según una realización, el agente reflectante puede comprender aluminosilicato de sodio ($\text{AlNa}_{12}\text{SiO}_5$). En particular, el aluminosilicato de sodio ($\text{AlNa}_{12}\text{SiO}_5$) puede suministrarse junto con otros agentes reflectantes como el dióxido de titanio rutilo (TiO_2).

El agente reflectante puede comprender un relleno blanco como: (i) óxido de magnesio (MgO); (ii) óxido de calcio (CaO); (iii) óxido de aluminio (Al_2O_3); (iv) óxido de zinc (ZnO); (v) carbonato de calcio (CaCO_3); (vi) silicato de aluminio (Al_2SiO_5); (vii) dióxido de titanio (TiO_2); o (viii) sulfato de bario (BaSO_4).

Según diversas realizaciones, un conductor revestido con un recubrimiento o película puede comprender además un agente emisor. El agente emisor puede comprender un relleno inorgánico, en el que el relleno inorgánico puede comprender: (i) carbonato de calcio (CaCO_3); (ii) caolín calcinado ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$); o (iii) talco (silicato de magnesio hidratado $\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$ o $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$).

Según diversas realizaciones, un conductor recubierto con un recubrimiento o película puede comprender además un agente de curado. El agente de curado se puede seleccionar del grupo que consiste en: (i) cloruro de zinc (ZnCl_2); o (ii) cloruro de magnesio (MgCl_2).

Según diversas realizaciones, un conductor revestido con un recubrimiento o película puede comprender además un agente reológico como la hidroxietilcelulosa ($\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) y/o un agente de flexibilidad como el polidimetilsiloxano ("PDMS" ($\text{C}_2\text{H}_6\text{OSi}$)_n).

El recubrimiento o película es preferiblemente de color sustancialmente blanco y tiene preferiblemente un $L^* \geq 80$, $L^* \geq 85$, $L^* \geq 90$ o un $L^* > 95$ es decir, tiene un alto grado o nivel de blancura.

El recubrimiento o película tiene preferiblemente un coeficiente de emisividad térmica media $E \geq 0,90$ en todo el espectro infrarrojo 2,5-30,0 μm cuando se ensaya de acuerdo con ASTM E408 (2013) y/o un coeficiente de reflectividad solar media $R \geq 0,90$ y/o un coeficiente de absortividad solar media $A \leq 0,10$ en todo el espectro solar 0,3-2,5 μm cuando se ensaya de acuerdo con ASTM E903 (2012).

Un conductor recubierto con un recubrimiento o película cuando se prueba de acuerdo con ANSI C119.4-2004 funciona preferentemente a una temperatura inferior a la temperatura del mismo uno o más conductores eléctricos sin el recubrimiento o película.

Los uno o más conductores eléctricos se revisten preferentemente con una composición según la presente invención, en la que la composición se cura preferentemente mediante curado por humedad para formar uno o más conductores revestidos. Los uno o más conductores revestidos están preferiblemente dispuestos y adaptados para transmitir, en uso, energía eléctrica a una tensión ≥ 2 kV, 2-50 kV, 50-100 kV, 100-150 kV, 150-200 kV, 200-250 kV, 250-300 kV, 300-350 kV, 350-400 kV, 400-450 kV, 450-500 kV, 500-550 kV, 550-600 kV, 600-650 kV, 650-700 kV, 700-750 kV, 750-800 kV o ≥ 800 kV.

Un conductor revestido con un recubrimiento o película según realizaciones de la presente invención está preferiblemente dispuesto y adaptado para funcionar, en uso, hasta una temperatura máxima de funcionamiento de 80 °C, 90 °C, 100 °C, 110 °C, 120 °C, 130 °C, 140 °C, 150 °C, 160 °C, 170 °C, 180 °C, 190 °C, 200 °C, 210 °C, 220 °C, 230 °C, 240 °C, 250 °C, 260 °C, 270 °C, 280 °C, 290 °C, 300 °C o > 300 °C.

Un conductor revestido con un recubrimiento o película está preferiblemente dispuesto y adaptado para ser suspendido, en uso, entre postes aéreos.

Los uno o más conductores eléctricos comprenden preferentemente uno o más conductores metálicos.

Los uno o más conductores eléctricos comprenden preferentemente uno o más cables metálicos.

El uno o más conductores metálicos y/o el uno o más cables metálicos se componen preferentemente de aluminio o de una aleación de aluminio.

Los uno o más conductores eléctricos comprenden preferentemente uno o más: (i) Conductores totalmente de aluminio ("AAC"); (ii) Conductores totalmente de aleación de aluminio ("AAAC"); (iii) Conductores de aluminio reforzado con acero ("ACSR"); (iv) Conductores de aluminio reforzado con acero revestido de aluminio ("ACSR/AW"); (v) conductores de alta temperatura y baja deformación ("HTLS"); (vi) conductores con núcleo de material compuesto conductor de aluminio ("ACCC"); (vii) conductores con soporte de acero conductor de aluminio ("ACSS/MA"); (ix) Conductores de aleación de aluminio con soporte de acero revestido de aluminio ("ACSS/AW"); (x) Conductores de aleación de aluminio resistente al calor reforzados con acero ("TACSR"); (xi) Conductores de aleación de aluminio resistente al calor reforzados con acero revestido de aluminio ("TACSR/AW"); o (xii) Conductores de aleación de aluminio superresistente al calor reforzados con acero revestido de aluminio ("STACIR/AW").

El recubrimiento o la película tiene preferentemente un espesor comprendido en el intervalo 1-10 μm , 10-20 μm , 20-30 μm , 30-40 μm , 40-50 μm , 50-60 μm , 60-70 μm , 70-80 μm , 80-90 μm , 90-100 μm , 100-110 μm , 110-120 μm , 120-130 μm , 130-140 μm , 140-150 μm , 150-160 μm , 160-170 μm , 170-180 μm , 180-190 μm , 190-200 μm , 200-300 μm , 300-400 μm , 400-500 μm , 500-600 μm , 600-700 μm , 700-800 μm , 800-900 μm , 900-1000 μm o > 1 mm.

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un conductor aéreo, un conductor aéreo de alta tensión o una línea eléctrica o de distribución que comprende uno o más conductores de recubrimiento simple como se ha descrito anteriormente.

Se divulga un kit para el recubrimiento de uno o más conductores eléctricos para formar un único conductor revestido para una línea aérea de transmisión o distribución de energía. El kit comprende:

una primera parte que comprende: (i) un aglutinante inorgánico que comprende un silicato de metal alcalino; (ii) un agente de polimerización que comprende nanosílice ("nS") o sílice coloidal (SiO_2); y (iii) un agente fotocatalítico, en el que el agente fotocatalítico comprende ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ("aps") ≤ 100 nm; y una segunda parte que comprende: (i) un agente de curado; en el que, en uso, la primera y la segunda partes se mezclan para formar una primera mezcla y la primera mezcla se pulveriza, pinta, recubre o aplica sobre al menos una porción de uno o más conductores eléctricos para formar un recubrimiento o película, en el que el recubrimiento o película (preferentemente cuando se seca o deshidrata de otro modo) tiene un coeficiente medio de emisividad térmica $E \geq 0.90$ en todo el espectro infrarrojo 2,5-30,0 μm y un coeficiente medio de reflectividad solar $R \geq 0,90$ y/o un coeficiente medio de absorptividad solar $A \leq 0,10$ en todo el espectro solar 0,3-2,5 μm .

El aglutinante inorgánico comprende un aglutinante inorgánico a base de agua que posteriormente se deshidrata, se seca o se cura térmicamente de otro modo.

Debe entenderse que un aglutinante inorgánico a base de agua se divulga sólo con fines ilustrativos. Según la presente invención, se divulga una composición que comprende un aglutinante de silicato de alquilo a base de disolvente no acuoso.

La primera parte puede comprender además uno o más de: (i) un agente reflectante; (ii) un agente emisivo; (iii) un agente de curado; (iv) un agente de flexibilidad; (v) un agente reológico.

La segunda parte puede comprender además uno o más de: (i) un agente reflectante; (ii) un agente emisor; (iii) un agente de curado; (iv) un agente de flexibilidad; y (v) un agente reológico.

El kit puede comprender además un primer dispositivo para pulverizar, pintar o aplicar la primera mezcla sobre al menos una porción de uno o más conductores eléctricos para formar el recubrimiento o película. La primera mezcla, una vez aplicada al conductor o conductores eléctricos, se seca, deshidrata o cura preferentemente para formar el recubrimiento o película.

Se divulga un método de recubrimiento de uno o más conductores eléctricos para formar un único conductor revestido para una línea aérea de transmisión o distribución de energía que comprende:

pulverizar, pintar, recubrir o aplicar un recubrimiento o película o primera mezcla sobre al menos una porción de uno o más conductores eléctricos, en el que el recubrimiento o película o primera mezcla comprende:

- (i) un aglutinante inorgánico que comprenda un silicato de metales alcalinos;
 - (ii) un agente de polimerización que comprenda nanosílice ("nS") o sílice coloidal (SiO_2); y
 - (iii) un agente fotocatalítico, en el que el agente fotocatalítico comprende $\geq 70\%$ en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ("aps") $\leq 100\text{ nm}$;
- en el que el recubrimiento o la película o la primera mezcla tiene un coeficiente medio de emisividad térmica $E \geq 0,90$ en todo el espectro infrarrojo $2,5\text{-}30,0\text{ }\mu\text{m}$ y tiene un coeficiente medio de reflectividad solar $R \geq 0,90$ y/o un coeficiente medio de absorptividad solar $A \leq 0,10$ en todo el espectro solar $0,3\text{-}2,5\text{ }\mu\text{m}$.

El aglutinante inorgánico comprende un aglutinante inorgánico a base de agua y el método comprende además deshidratar o secar el aglutinante inorgánico. La primera mezcla se seca para formar el recubrimiento o la película.

El método divulgado comprende además el curado térmico del recubrimiento o película o primera mezcla.

Sin embargo, debe entenderse que la presente invención no se refiere a una composición a base de agua, sino más bien a una composición que comprende un aglutinante de silicato de alquilo a base de disolvente no acuoso.

Se divulga un método de reacondicionamiento de una línea aérea de transmisión o distribución de energía que comprende uno o más conductores eléctricos, el método comprende:

pulverizar, pintar, recubrir o aplicar un recubrimiento o película o primera mezcla sobre al menos una porción de uno o más conductores eléctricos, en el que el recubrimiento o película o primera mezcla comprende:

- (i) un aglutinante inorgánico que comprenda un silicato de metales alcalinos;
 - (ii) un agente de polimerización que comprenda nanosílice ("nS") o sílice coloidal (SiO_2); y
 - (iii) un agente fotocatalítico, en el que el agente fotocatalítico comprende $\geq 70\%$ en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ("aps") $\leq 100\text{ nm}$;
- en el que el recubrimiento o la película o la primera mezcla tiene un coeficiente medio de emisividad térmica $E \geq 0,90$ en todo el espectro infrarrojo $2,5\text{-}30,0\text{ }\mu\text{m}$ y tiene un coeficiente medio de reflectividad solar $R \geq 0,90$ y/o un coeficiente medio de absorptividad solar $A \leq 0,10$ en todo el espectro solar $0,3\text{-}2,5\text{ }\mu\text{m}$.

Según diversas realizaciones, el recubrimiento o la película puede tener un coeficiente medio de emisividad térmica E en el intervalo $0,90\text{-}0,91$, $0,91\text{-}0,92$, $0,92\text{-}0,93$, $0,93\text{-}0,94$, $0,94\text{-}0,95$, $0,95\text{-}0,96$, $0,96\text{-}0,97$, $0,97\text{-}0,98$, $0,98\text{-}0,99$ o $0,99\text{-}1,00$ en todo el espectro infrarrojo de $2,5\text{-}30,0\text{ }\mu\text{m}$.

Según diversas realizaciones, el recubrimiento o la película puede tener un coeficiente medio de reflectividad solar R comprendido entre $0,90$ y $0,91$, $0,91$ y $0,92$, $0,92$ y $0,93$, $0,93$ y $0,94$, $0,94$ y $0,95$, $0,95$ y $0,96$, $0,96$ y $0,97$, $0,97$ y $0,98$, $0,98$ y $0,99$ o $0,99$ y $0,99\text{-}1,00$ y/o un coeficiente medio de absorción solar A en el intervalo $0,00\text{-}0,01$, $0,01\text{-}0,02$, $0,02\text{-}0,03$, $0,03\text{-}0,04$, $0,04\text{-}0,05$, $0,05\text{-}0,06$, $0,06\text{-}0,07$, $0,07\text{-}0,08$, $0,08\text{-}0,09$ o $0,09\text{-}0,10$ en todo el espectro solar $0,3\text{-}2,5\text{ }\mu\text{m}$.

Se divulga un kit para revestir uno o más conductores eléctricos para formar un solo conductor revestido para una línea aérea de transmisión o distribución de energía, el kit comprende:

una primera parte que comprende: (i) un aglutinante inorgánico que comprenda opcionalmente un silicato de metales alcalinos; (ii) un agente de polimerización que comprenda opcionalmente nanosílice ("nS") o sílice coloidal (SiO_2); y (iii) un agente fotocatalítico en el que opcionalmente el agente fotocatalítico comprenda $\geq 70\%$ en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ("aps") $\leq 100\text{ nm}$; y

una segunda parte que comprende: (i) un agente de curado;

en el que, en uso, la primera y segunda partes se mezclan para formar una primera mezcla y donde opcionalmente la primera mezcla se pulveriza, pinta, recubre o aplica sobre al menos una porción de uno o más conductores eléctricos para formar un recubrimiento o película. La primera mezcla se seca para formar el recubrimiento o la película.

El recubrimiento o película o primera mezcla tiene un coeficiente medio de emisividad térmica $E \geq 0,90$ en todo el espectro infrarrojo $2,5\text{-}30,0\text{ }\mu\text{m}$ y un coeficiente medio de reflectividad solar $R \geq 0,90$ y/o un coeficiente medio de absorptividad solar $A \leq 0,10$ en todo el espectro solar $0,3\text{-}2,5\text{ }\mu\text{m}$.

Se divulga un método de recubrimiento de uno o más conductores eléctricos para formar un único conductor revestido para una línea aérea de transmisión o distribución de energía que comprende:

- 5 pulverizar, pintar, recubrir o aplicar un recubrimiento o película o primera mezcla sobre al menos una porción de uno o más conductores eléctricos, en el que el recubrimiento o película o primera mezcla comprende:
- (i) un aglutinante inorgánico que comprenda opcionalmente un silicato de metales alcalinos;
 - (ii) un agente de polimerización que comprenda opcionalmente nanosílice ("nS") o sílice coloidal (SiO_2); y
 - (iii) un agente fotocatalítico, opcionalmente, en el que el agente fotocatalítico comprende ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ("aps") ≤ 100 nm.

El recubrimiento o película o primera mezcla tiene preferentemente un coeficiente de emisividad térmica media $E \geq 0,90$ en todo el espectro infrarrojo $2,5\text{-}30,0$ μm y opcionalmente tiene un coeficiente de reflectividad solar media $R \geq 0,90$ y/o un coeficiente de absorptividad solar media $A \leq 0,10$ en todo el espectro solar $0,3\text{-}2,5$ μm .

Se divulga un método de reacondicionamiento de una línea aérea de transmisión o distribución de energía que comprende uno o más conductores eléctricos, el método comprende:

pulverizar, pintar, recubrir o aplicar un recubrimiento o película o primera mezcla sobre al menos una porción de uno o más conductores eléctricos, en el que el recubrimiento o película o primera mezcla comprende:

- (i) un aglutinante inorgánico que comprenda opcionalmente un silicato de metales alcalinos;
- (ii) un agente de polimerización que comprenda opcionalmente nanosílice ("nS") o sílice coloidal (SiO_2); y
- (iii) un agente fotocatalítico, opcionalmente, en el que el agente fotocatalítico comprende ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ("aps") ≤ 100 nm.

El recubrimiento o película o primera mezcla tiene un coeficiente medio de emisividad térmica $E \geq 0,90$ en todo el espectro infrarrojo $2,5\text{-}30,0$ μm y opcionalmente tiene un coeficiente medio de reflectividad solar $R \geq 0,90$ y/o un coeficiente medio de absorptividad solar $A \leq 0,10$ en todo el espectro solar $0,3\text{-}2,5$ μm .

Según diversas realizaciones, el recubrimiento, la película o la primera mezcla pueden tener un coeficiente medio de emisividad térmica E en el intervalo $0,90\text{-}0,91$, $0,91\text{-}0,92$, $0,92\text{-}0,93$, $0,93\text{-}0,94$, $0,94\text{-}0,95$, $0,95\text{-}0,96$, $0,96\text{-}0,97$, $0,97\text{-}0,98$, $0,98\text{-}0,99$ o $0,99\text{-}1,00$ en el espectro infrarrojo de $2,5\text{-}30,0$ μm .

Según diversas realizaciones, el recubrimiento, la película o la primera mezcla puede tener un coeficiente medio de reflectividad solar R comprendido entre $0,90\text{-}0,91$, $0,91\text{-}0,92$, $0,92\text{-}0,93$, $0,93\text{-}0,94$, $0,94\text{-}0,95$, $0,95\text{-}0,96$, $0,96\text{-}0,97$, $0,97\text{-}0,98$, $0,98\text{-}0,99$ o $0,99\text{-}1,00$ y/o un coeficiente medio de absorción solar A en el intervalo $0,00\text{-}0,01$, $0,01\text{-}0,02$, $0,02\text{-}0,03$, $0,03\text{-}0,04$, $0,04\text{-}0,05$, $0,05\text{-}0,06$, $0,06\text{-}0,07$, $0,07\text{-}0,08$, $0,08\text{-}0,09$ o $0,09\text{-}0,10$ en todo el espectro solar $0,3\text{-}2,5$ μm .

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Varias realizaciones de la presente invención junto con otras disposiciones dadas con fines ilustrativos se describirán ahora, a modo de ejemplo solamente, y con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La figura 1 ilustra algunos de los mecanismos de transferencia de calor asociados a un conductor eléctrico aéreo, incluyendo la ganancia de energía por radiación solar y la pérdida de energía por radiación del conductor y por convección (viento);

La figura 2A muestra una vista lateral de un conductor revestido conocido y la figura 2B muestra una vista en sección transversal del conductor revestido conocido;

La figura 3A muestra una vista en sección transversal de un conductor con recubrimiento simple conocido, la figura 3B muestra una vista en sección transversal de un conductor ACSR 6/1 conocido con recubrimiento, la figura 3C muestra una vista en sección transversal de un conductor ACSR 26/7 conocido con recubrimiento y la figura 3D muestra una vista en sección transversal de un conductor ACSR 54/19 conocido con recubrimiento;

La figura 4 muestra un único conductor recubierto de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;

La figura 5 muestra cómo varía la ampacidad de distintos tipos de conductores en función de la irradiancia solar;

La figura 6 muestra espectros de absorbancia UV-VIS-NIR de una capa que tiene una alta reflectancia solar según una realización de la presente invención;

La figura 7 muestra el espectro solar de $0,3\text{-}2,5$ μm a efectos comparativos con la figura 6;

La figura 8 muestra un conductor de aluminio de prueba;

La figura 9 muestra los datos de ensayo relativos a las temperaturas medias de diferentes conductores de ensayo durante un periodo de irradiación solar máxima;

5 La figura 10 muestra datos de ensayo relativos a las temperaturas medias de diferentes conductores de ensayo durante un periodo de irradiación solar máxima e ilustra el rendimiento significativamente mejorado de un conductor con recubrimiento único según una disposición que funciona a temperaturas elevadas de hasta 250 °C;

10 La figura 11 muestra la reflectancia de los pigmentos de dióxido de titanio (TiO₂) anatasa y rutilo en función de la longitud de onda;

La figura 12 muestra los resultados de un ensayo de ciclos de corriente y muestra que un conductor revestido según una disposición era particularmente eficaz para reducir la temperatura de un conductor de aluminio reforzado con acero ("ACSR");

15 La figura 13 muestra los resultados de un ensayo de ciclos de corriente realizado en un conductor revestido según una disposición en términos de reducción de temperatura (%) por ciclo;

La figura 14 muestra los resultados de una prueba de rendimiento de refrigeración exterior realizada en un conductor revestido según una disposición;

20 La figura 15 muestra la diferencia de reducción de temperatura (%) entre un conductor revestido según una disposición y un conductor no revestido durante una semana del mes de mayo en el Reino Unido;

25 La figura 16A muestra ciclos de corriente en relación con una muestra de ACSR recubierta con un silicato a base de disolvente según una realización preferida de la presente invención y la figura 16B muestra ciclos de corriente en relación con una muestra de ACSR recubierta con un silicato a base de disolvente según una realización preferida de la presente invención; y

30 La figura 17 muestra el rendimiento de refrigeración exterior tanto del silicato de base acuosa (Ejemplo comparativo n.º 2) como del silicato de base disolvente (Ejemplo inventivo n.º 1) en comparación con una muestra sin recubrimiento (control).

DESCRIPCIÓN DETALLADA

35 A continuación se expondrán con más detalle diversas realizaciones de la presente invención junto con disposiciones convencionales y otras disposiciones que no se han divulgado al público pero que no se pretende que entren en el ámbito de la presente invención, sino que se dan a título ilustrativo.

40 La figura 1 ilustra algunos de los mecanismos de transferencia de calor asociados a un conductor aéreo 100.

Hay dos mecanismos predominantes de transferencia de calor que harán que la temperatura del conductor 100 aumente. El primer mecanismo de transferencia de calor es el calentamiento radiativo solar del conductor 100. Se entenderá que la radiación solar incidente sobre el conductor 100 hará que la temperatura del conductor eléctrico 100 aumente.

El segundo mecanismo de transferencia de calor (no representado en la figura 1) que provocará el aumento de temperatura del conductor 100 es el efecto de las pérdidas óhmicas debidas a la transmisión de corriente eléctrica a través del conductor 100. La resistencia del conductor 100 a la transmisión de corriente eléctrica a través del conductor 100 dará lugar al calentamiento Joule del conductor 100.

En consecuencia, el efecto combinado del calentamiento radiativo solar del conductor 100 y el calentamiento Joule hará que la temperatura del conductor 100 aumente.

55 La ganancia de energía del conductor 100 puede verse compensada por tres mecanismos de transferencia térmica a través de los cuales el conductor 100 puede perder energía, a saber, por radiación, conducción y convección.

La pérdida de calor por conducción es insignificante. La pérdida de calor por convección (es decir, debido a corrientes de aire o viento) dependerá de la ubicación geográfica del conductor 100.

60 Un conductor 100 puede desplegarse en una región cálida del mundo, como el sur de Estados Unidos, Oriente Medio o Australia. Los vientos en las regiones no costeras pueden ser relativamente suaves y, por lo tanto, la pérdida de calor por convección puede no ser una consideración significativa.

65 En consecuencia, el mecanismo predominante por el que un conductor 100 puede perder energía es por radiación térmica.

Los expertos en la materia comprenderán que los conductores aéreos desnudos que se utilizan habitualmente en regiones del mundo como el sur de EE.UU., Oriente Medio y Australia pueden alcanzar temperaturas significativamente elevadas. Por consiguiente, la cuestión de poder reducir la temperatura de funcionamiento de un conductor aéreo desplegado en una región del mundo como el sur de EE.UU., Oriente Medio y Australia es de considerable interés comercial para, por ejemplo, las empresas de servicios públicos.

En muchos países, se considera que las líneas eléctricas de alta tensión forman parte de la infraestructura nacional y, por tanto, pueden ser propiedad y estar controladas por el Estado.

Las líneas aéreas de transporte de electricidad suelen constar de un núcleo formado por uno o varios hilos conductores. Se conocen varios tipos diferentes de conductores aéreos.

Todos los conductores de aluminio ("AAC") están formados por alambres de aluminio duro trenzados en capas sucesivas en direcciones opuestas para formar el conductor según BS EN 50182 o I CE 61089. Los conductores de AAC pueden utilizarse para líneas de distribución aéreas con luces relativamente cortas, alimentadores aéreos y barras colectoras de subestaciones. Los conductores de AAC tienen una gran resistencia a la corrosión, ya que no contienen acero. Los conductores de AAC convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 80 °C.

Los conductores de aleación de aluminio ("AAAC") están formados por alambres de aleación de aluminio ("ALMELEC") trenzados en capas sucesivas en direcciones opuestas para formar el conductor según I EC 61089, BS EN 50182 o ASTM B 399. Los conductores de AAAC se utilizan principalmente para líneas aéreas en redes eléctricas de transmisión y distribución con luces relativamente largas. También se utilizan como soporte de cables eléctricos aéreos. Los conductores de AAAC tienen una gran resistencia a la corrosión, ya que no contienen acero.

Los conductores de AAAC convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 80 °C.

Los conductores de aluminio reforzados con acero ("ACSR") constan de una capa exterior de conductor de aluminio trenzado concéntricamente sobre un núcleo central de alambres de acero galvanizados o trenzados para formar el conductor según BS EN 50182, ASTM B 232 o I EC 61089. Los conductores de ACSR se utilizan ampliamente para la transmisión de energía eléctrica a largas distancias. Los conductores de ACSR también pueden utilizarse como mensajeros para soportar cables eléctricos aéreos. Los conductores de ACSR convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 80 °C.

Los conductores de aluminio revestidos de acero reforzado ("ACSR/AW") están formados por una capa exterior de conductor de aluminio trenzado concéntricamente sobre un núcleo central de cable sólido o trenzado de acero revestido de aluminio para formar el conductor según ASTM B 549. Los conductores de ACSR/AW se utilizan para la transmisión de energía eléctrica y son ideales para grandes luces de líneas aéreas, como los conductores de ACSR, pero con una resistencia y una capacidad de transporte de corriente ligeramente mejores, además de una buena resistencia a la corrosión. Los conductores de ACSR/AW convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 80 °C.

Los cables Areal Bundled ("ABC") están fabricados con conductores de aluminio aislados con XLPE y ensamblados para formar dos (dúplex), tres (tríplex), cuatro (cuádruplex) o más conductores según ICEA S 474-76 o BS EN 50182. Se utilizan para líneas aéreas secundarias (en circuitos que no superen los 600 V fase a fase) en postes o como alimentadores de locales residenciales.

También se conocen varios conductores de alta temperatura y baja deformación ("HTLS") diseñados para funcionar a temperaturas significativamente más elevadas, de hasta 150-250 °C.

Entre los conductores de HTLS conocidos figuran los conductores con núcleo de material compuesto conductor de aluminio ("ACCC"), los conductores con soporte de acero conductor de aluminio ("ACSS/MA"), los conductores con soporte de acero revestido de aluminio conductor de aluminio ("ACSS/AW"), Conductores de aleación de aluminio resistente al calor reforzados con acero ("TACSR"), conductores de aleación de aluminio resistente al calor reforzados con acero revestido de aluminio ("TACSR/AW") y conductores de aleación de aluminio superresistente al calor reforzados con acero revestido de aluminio ("STACIR/AW").

Los conductores con núcleo de material compuesto conductor de aluminio ("ACCC") constan de un conductor trenzado concéntrico con una o más capas de alambres de aluminio recocido 1350-0 de forma trapezoidal sobre un núcleo central de material compuesto ligero de fibra de vidrio y carbono. Los conductores de ACCC con núcleo compuesto de carbono híbrido son más resistentes y ligeros que los núcleos de acero tradicionales. Los conductores de ACCC son capaces de transportar el doble de corriente que los conductores de ACSR tradicionales, ya que los conductores de ACCC están diseñados para temperaturas de funcionamiento continuo de hasta 180 °C, además de su núcleo más ligero, que permite utilizar aproximadamente un 30 % más de aluminio sin aumentar el peso total.

El uso de conductores de ACCC reduce las pérdidas de la línea entre un 30 y un 40 % en igualdad de condiciones de

carga en comparación con los conductores de ACSR tradicionales del mismo diámetro y peso. Los conductores de ACCC tienen una mayor resistencia, una autoamortiguación eficaz, una resistencia superior a la fatiga y un bajo coeficiente de dilatación, lo que reduce la flecha del conductor en condiciones de cargas eléctricas elevadas. Como resultado, los conductores de ACCC pueden utilizarse para aumentar los vanos entre estructuras menos numerosas o más cortas. Los conductores de ACCC tienen mayor resistencia a la corrosión que los conductores de ACSR tradicionales.

Los conductores de ACCC se utilizan en líneas aéreas de distribución y transmisión y son especialmente útiles en aplicaciones de reconducción que requieren un aumento de la corriente con las tensiones y holguras existentes, aplicaciones de líneas nuevas en las que se pueden economizar estructuras gracias a la reducción de la flecha del conductor, aplicaciones de líneas nuevas que requieren una elevada carga de emergencia y líneas en las que las vibraciones debidas al viento constituyen un problema. Los conductores de ACCC también pueden utilizarse en entornos corrosivos y costeros gracias a su buena resistencia a la corrosión. Los conductores de ACCC convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 180 °C.

Los conductores de aluminio con soporte de acero ("ACSS/MA") constan de una o varias capas de alambres de aluminio recocido 1350-0 trenzados sobre un núcleo central de alambres de acero revestidos de una aleación de zinc-5 % de aluminio mismetal que están diseñados para soportar la mayor parte o la totalidad de la carga mecánica del conductor de ACSS. Los conductores de ACSS pueden fabricarse de acuerdo con la norma ASTM B 856.

Los conductores de ACSS/MA son similares a los conductores de ACSR tradicionales, con la diferencia de que los conductores de ACSS/MA pueden funcionar de forma continua a temperaturas elevadas de hasta 250 °C sin sufrir daños. Los conductores de ACSS/MA se pandean menos bajo cargas de emergencia que los conductores ACSR, tienen propiedades de autoamortiguación y el pandeo final no se ve afectado por la fluencia prolongada del aluminio.

Los conductores de ACSS/MA se utilizan para líneas aéreas de distribución y transmisión y son especialmente útiles en aplicaciones de reconducción que requieren un aumento de corriente con las tensiones y holguras existentes. Los conductores de ACSS/MA también se utilizan para aplicaciones de líneas nuevas en las que se pueden economizar estructuras gracias a la reducción de la flecha del conductor, aplicaciones de líneas nuevas que requieren altas cargas de emergencia y líneas en las que las vibraciones debidas al viento son un problema. Los conductores de ACSS/MA convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 250 °C.

Los conductores de aluminio con soporte de acero revestido de aluminio ("ACSS/AW") comprenden una o más capas de alambres de aluminio recocido 1350-0 trenzados sobre un núcleo central de alambres de acero revestido de aluminio que están diseñados para soportar la mayor parte o la totalidad de la carga mecánica de los conductores de ACSS/AW. Los conductores de ACSS/AW pueden fabricarse de acuerdo con la norma ASTM B 856.

Los conductores de ACSS/AW pueden funcionar continuamente a altas temperaturas de hasta 200°C sin sufrir daños. El núcleo de acero revestido de aluminio, que consiste en una gruesa capa de aluminio (aproximadamente el 10% del radio nominal del alambre) sobre acero, proporciona a los conductores de ACSS/AW las ventajas de los conductores de ACSS junto con el peso ligero y la buena conductividad del aluminio con la alta resistencia a la tracción y la robustez del acero.

Los conductores de ACSS/AW se utilizan para líneas aéreas de distribución y transmisión y son especialmente útiles en aplicaciones de reconducción que requieren un aumento de corriente con las tensiones y holguras existentes. Los conductores de ACSS/AW también se utilizan para aplicaciones de líneas nuevas en las que se pueden economizar estructuras gracias a la reducción de la flecha del conductor, aplicaciones de líneas nuevas que requieren altas cargas de emergencia y líneas en las que las vibraciones debidas al viento son un problema.

Los conductores de ACSS/AW tienen características de resistencia similares a los conductores de ACSS junto con una ampacidad y una resistencia a la corrosión ligeramente superiores debido al recubrimiento de aluminio de los alambres del núcleo de acero. Los conductores de ACSS/AW convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 200 °C.

Los conductores de aleación de aluminio resistente al calor reforzados con acero ("TACSR") comprenden una o más capas de alambres de aleación de aluminio y circonio (AT 1) resistentes al calor trenzados sobre un núcleo central de alambre(s) de acero revestido de cinc conforme a las normas IEC 62004 y IEC 60888 y, en general, conforme a la norma I CE 61089.

Los conductores de TACSR son capaces de soportar una corriente de carga superior (150 %) a la de los conductores de ACSR tradicionales, ya que están diseñados para temperaturas de funcionamiento continuo de hasta 150 °C. Los conductores de TACSR tienen la misma técnica de instalación que los conductores de ACSR.

Los conductores de TACSR se utilizan en líneas aéreas de distribución y transmisión y son especialmente útiles en aplicaciones de líneas nuevas que requieren una mayor corriente. Los conductores de TACSR convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 150 °C.

Los conductores de aleación de aluminio resistente al calor de acero revestido de aluminio reforzado ("TACSR/AW") comprenden una o más capas de alambres de aleación de aluminio circonio (AT 1) resistentes al calor trenzados sobre un núcleo central de alambre(s) trenzado(s) de acero revestido de aluminio (20SA Tipo A) según IEC 62004 e IEC 61232 y generalmente según IEC 61089.

Los conductores de TACSR/AW son capaces de transportar una mayor corriente de carga que los conductores de ACSR tradicionales, ya que están diseñados para temperaturas de funcionamiento continuo de hasta 150 °C. Los conductores de TACSR/AW tienen mayor resistencia a la corrosión y menor resistencia eléctrica y masa que los conductores de TACSR. Los conductores de TACSR/AW tienen la misma técnica de instalación que los conductores de ACSR.

Los conductores de TACSR/AW se utilizan para líneas aéreas de distribución y transmisión y son especialmente útiles en aplicaciones de líneas nuevas que requieren una mayor corriente.

Los TACSR/AW pueden utilizarse en entornos corrosivos y costeros gracias a su buena resistencia a la corrosión. Los conductores de TACSR/AW convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 150 °C.

Los conductores de aleación de aluminio superresistente al calor con recubrimiento de aluminio e invar reforzado ("STACIR/AW") constan de una o varias capas de alambres de aleación de aluminio y circonio (AT3) superresistentes al calor trenzados sobre un núcleo central de alambres trenzados de invar con recubrimiento de aluminio según la norma IEC 62004 y, en general, según las normas IEC 61089 e IEC 61232. El invar es una aleación especial de Fe/Ni con un coeficiente de dilatación lineal muy bajo.

Los conductores de STACIR/AW son capaces de soportar una corriente de carga superior (200 %) a la de los conductores de ACSR tradicionales, ya que están diseñados para temperaturas de funcionamiento continuo de hasta 210 °C. Más allá del punto de inflexión, los conductores de STACIR/AW experimentan un aumento de la flecha debido únicamente a la expansión del núcleo de invar (valor extremadamente bajo $\leq 3,7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) que controla la flecha a altas temperaturas de funcionamiento. Los conductores de STACIR/AW tienen una mayor resistencia a la corrosión y disponen de la misma técnica de instalación que los conductores de ACSR.

Los conductores de STACIR/AW se utilizan para líneas aéreas de distribución y transmisión y son especialmente útiles en aplicaciones de líneas nuevas que requieren una mayor corriente.

Los conductores de STACIR/AW pueden utilizarse en entornos corrosivos y costeros gracias a su buena resistencia a la corrosión. Los conductores de STACIR/AW convencionales suelen tener una temperatura máxima de funcionamiento de 210 °C.

En consecuencia, los conductores de HTLS conocidos permiten que los conductores eléctricos aéreos de alta tensión funcionen a temperaturas de funcionamiento significativamente más elevadas, hasta una temperatura máxima de funcionamiento situada normalmente en el intervalo de 150-250 °C.

La figura 2A muestra una vista lateral y la figura 2B una vista en sección transversal de un conductor revestido 200 conocido según se divulga en el documento WO 2015/105972 (Ranganathan). El conductor conocido 200 comprende 19 cables o alambres de aluminio 202 rodeados por un recubrimiento polimérico exterior 201. Pueden existir huecos 203 entre el recubrimiento polimérico exterior 201 y los cables o hilos conductores individuales 202. El recubrimiento polimérico exterior 201 se proporciona con el fin de disminuir la temperatura del conductor 200 cuando éste se prueba de acuerdo con la norma ANSI C119.4.

La figura 3A muestra una vista en sección transversal de otro conductor conocido que tiene un núcleo central de aluminio 301 y un único recubrimiento polimérico exterior 302.

La figura 3B muestra una vista en sección transversal de un conductor ACSR 6/1 conocido que comprende un elemento central de refuerzo de acero 303 rodeado por un anillo de seis hilos eléctricos de aluminio 310. Cada uno de los seis alambres de aluminio 310 tiene un recubrimiento polimérico 302.

La figura 3C muestra una vista en sección transversal de un conductor ACSR 26/7 conocido que comprende siete elementos centrales de refuerzo de acero 303 rodeados por un primer anillo de alambres de aluminio 310 que, a su vez, están rodeados por un segundo anillo de alambres de aluminio 310. El segundo anillo exterior de alambres de aluminio está rodeado por un recubrimiento polimérico exterior 302.

La figura 3D muestra un conductor ACSR 54/19 conocido que comprende 19 elementos centrales de refuerzo de acero 303 rodeados por un primer anillo de alambres de aluminio 310 que a su vez están rodeados por un segundo anillo de alambres de aluminio 310. El segundo anillo de alambres de aluminio 310 está rodeado a su vez por un tercer anillo de alambres de aluminio 310. El tercer anillo exterior de alambres de aluminio 310 está rodeado por un recubrimiento polimérico exterior 302.

La figura 4 muestra un único conductor recubierto de acuerdo con una realización preferida de la presente invención. Un conductor revestido con un recubrimiento o película comprende un conductor interno metálico 400 preferentemente de aluminio. El conductor metálico interno 400 puede comprender uno o más elementos de refuerzo de acero (no mostrados) y/o uno o más elementos compuestos.

Un conductor revestido con un recubrimiento o película según una realización preferida de la presente invención comprende preferentemente un primer recubrimiento inorgánico 401 que rodea al conductor metálico 400. El recubrimiento o película 401 incluye un agente fotocatalítico autolimpiante que comprende dióxido de titanio anatasa (TiO_2).

Según la presente invención se proporcionan uno o más conductores eléctricos 400 que tienen un recubrimiento o película o capa 401 que tiene un coeficiente de emisividad térmica media $E \geq 0,90$ y un coeficiente de reflectividad solar media $R \geq 0,90$ y/o un coeficiente de absorptividad solar media $A \leq 0,10$.

Los conductores eléctricos 400 pueden formar parte de una línea aérea de transmisión o distribución de energía.

El recubrimiento, película o capa 401 comprende preferentemente un aglutinante inorgánico. El aglutinante inorgánico puede comprender: (i) un silicato de metal alcalino; (ii) un agente de polimerización que comprenda opcionalmente nanosílice ("nS") o sílice coloidal (SiO_2); (iii) opcionalmente un agente reflectante tal como dióxido de titanio rutilo (TiO_2) que tenga un tamaño medio de partícula ≥ 250 nm; y (iv) un agente fotocatalítico, en el que el agente fotocatalítico comprenda opcionalmente ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) que tenga opcionalmente un tamaño medio de partícula ≤ 100 nm. Dicho aglutinante inorgánico se proporciona en una composición a base de agua.

Sin embargo, aunque tal disposición es desconocida, no se pretende que una composición a base de agua entre en el ámbito previsto de la presente invención.

En cambio, según la presente invención, el recubrimiento o película o capa 401 comprende preferentemente un aglutinante inorgánico que forma parte preferentemente de una composición a base de disolvente. Según la presente invención, se proporciona una composición para recubrir un conductor aéreo. La composición se cura preferentemente mediante curado por humedad para formar el recubrimiento, película o capa 401. La composición comprende preferentemente un agente reflectante, un agente fotocatalítico que comprende ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ("aps") ≤ 100 nm, un disolvente no acuoso (es decir, no está basado en obleas) y uno o más aglutinantes de silicato de alquilo.

El recubrimiento o película o capa 401 tiene preferentemente un coeficiente de emisividad térmica media $E \geq 0,90$ a través de al menos el 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 % o 90 % del espectro infrarrojo 2,5-30,0 μm .

El recubrimiento o película o capa 401 tiene preferentemente un coeficiente de reflectividad solar media $R \geq 0,90$ y/o un coeficiente de absorptividad solar media $A \leq 0,10$ a través de al menos el 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 % o 90 % del espectro solar 0,3-2,5 μm .

Según una realización, el recubrimiento o película 401 puede proporcionarse en al menos una parte de uno o más conductores eléctricos 400.

Un solo conductor revestido según la invención presente se ha probado y se ha encontrado para tener una resistencia a la corrosión buena o excelente cuando está probado de acuerdo con ASTM B117 (espray de sal) que prueba procedimiento.

Utilizando el método estándar industrial CIGRE 207-2002 de cálculo de la temperatura del conductor, se demostrará ahora la importancia de utilizar un conductor de recubrimiento único con un recubrimiento de alta reflectividad solar en regiones con alta radiación solar. A título meramente ilustrativo, puede considerarse una línea eléctrica desplegada en un lugar situado a 30° de latitud norte y expuesta a 12 horas de radiación solar en agosto. La temperatura del aire se ha modelizado en 40°C .

En las condiciones anteriores, un conductor eléctrico aéreo ACSR de Drake con diferentes recubrimientos que transmita una corriente constante de 1000 A tendrá las siguientes características:

Características ópticas	Temperatura del conductor ($^\circ\text{C}$)	Resistencia del conductor Ohms/km
Conductor sin recubrimiento Emisividad: 0,5 Absortividad: 0,5 Reflectividad: 0,5	99,1	0,0945
Conductor que tiene un recubrimiento emisivo gris Emisividad: 0,86	91,1	0,0921

Absortividad: 0,55 Reflectividad: 0,45		
Un solo conductor revestido según una realización preferida de la presente invención que tiene tanto alta emisividad como alta reflectividad Emisividad: 0,95 Absortividad: 0,1 Reflectividad: 0,9	83,3	0,0898

Tabla 1

Las cifras mostradas en la Tabla 1 se calcularon utilizando el modelo CIGRE estándar de la industria y demuestran que un solo conductor revestido según una realización preferida de la presente invención que tiene tanto una alta reflectividad como una alta emisividad da como resultado casi el doble del efecto de enfriamiento ($\times 1,975$ $15,8^{\circ}\text{C}$ c.f. $8,0^{\circ}\text{C}$) con respecto a un conductor convencional con recubrimiento gris. Como se detalla a continuación, los cálculos anteriores se confirmaron mediante pruebas empíricas realizadas con dos bancos de pruebas diferentes.

Un conductor de recubrimiento simple según una realización preferida de la presente invención que tiene tanto una emisividad aumentada como al mismo tiempo una reflectividad elevada (es decir, sin aumentar la absorción solar) ha demostrado ser particularmente eficaz y proporcionar un rendimiento significativamente mejorado en relación con las disposiciones convencionales que funcionan a temperaturas de hasta 100°C (según la Tabla 1 anterior) y también a temperaturas elevadas en el intervalo de 150 - 250°C (datos mostrados a continuación).

El recubrimiento o película 401 puede comprender un relleno blanco. El relleno blanco puede, por ejemplo, comprender: (i) óxido de magnesio (MgO); (ii) óxido de calcio (CaO); (iii) óxido de aluminio (Al_2O_3); (iv) óxido de zinc (ZnO); (v) carbonato de calcio (CaCO_3); (vi) silicato de aluminio (Al_2SiO_5); (vii) dióxido de titanio (TiO_2); o (viii) sulfato de bario (BaSO_4). El recubrimiento o película 401 puede incluir uno o más rellenos blancos.

Revestimientos inorgánicos

Según diversas realizaciones, el recubrimiento o película 401 comprende preferentemente un aglutinante inorgánico. El aglutinante inorgánico puede ser un aglutinante inorgánico de base acuosa o, más preferentemente, un aglutinante inorgánico de base disolvente. Según diversas realizaciones de la presente invención, el aglutinante inorgánico comprende un aglutinante inorgánico a base de disolvente.

Por lo que respecta a los aglutinantes inorgánicos a base de agua que no son objeto de la presente invención, el aglutinante inorgánico puede comprender un silicato metálico alcalino (o alcalino). Por ejemplo, el silicato de metal alcalino (o alcalino) puede comprender silicato de potasio (K_2SiO_3). Alternativamente, el silicato de metal alcalino (o alcalino) puede comprender silicato de sodio. El silicato de sodio puede comprender metasilicato de sodio (Na_2SiO_3), ortosilicato de sodio (Na_4SiO_4) o piroxilicato de sodio ($\text{Na}_6\text{Si}_2\text{O}_7$). El silicato de metal alcalino (o alcalino) puede comprender silicato de litio (Li_2SiO_3), silicato de calcio (Ca_2SiO_4) u ortosilicato de calcio o silicato de aluminio y magnesio (AlMgSiO_4).

A diferencia de los aglutinantes inorgánicos a base de agua, según la presente invención el aglutinante inorgánico comprende un aglutinante a base de disolvente. El aglutinante a base de disolvente comprende preferentemente uno o más aglutinantes de silicato de alquilo.

El primer recubrimiento inorgánico 401 puede comprender uno o más trenzados, fibras cerámicas, hilos adhesivos o cintas especiales.

El primer recubrimiento inorgánico 401 puede ser semiconductor y puede tener una resistividad volumétrica de 10^{12} ohm-cm o menos, preferiblemente una resistividad volumétrica de 10^{10} ohm-cm o menos, más preferiblemente una resistividad volumétrica de 10^8 ohm-cm o menos.

El primer recubrimiento inorgánico 401 puede tener una temperatura de deformación térmica comprendida entre 140 - 150°C , 150 - 160°C , 160 - 170°C , 170 - 180°C , 180 - 190°C , 190 - 200°C , 200 - 210°C , 210 - 220°C , 220 - 230°C , 230 - 240°C , 240 - 250°C , 250 - 260°C , 260 - 270°C , 270 - 280°C , 280 - 290°C , 290 - 300°C o $> 300^{\circ}\text{C}$.

El primer recubrimiento inorgánico 401 puede tener una retención del alargamiento a la rotura del 50 % o más después de 2000 horas de ensayo de intemperie exterior de acuerdo con ASTM 1960.

El primer recubrimiento inorgánico 401 puede tener una conductividad térmica de $0,15$ W/m o más.

El recubrimiento o película 401 puede tener menos preferentemente un valor de luminosidad L^* en el intervalo 0 - 10 , 10 - 20 , 20 - 30 , 30 - 40 , 40 - 50 , 50 - 60 , 60 - 70 , 70 - 80 . Más preferiblemente, el recubrimiento o la película 401 es blanca y tiene un valor de luminosidad L^* en el intervalo 80 - 90 o 90 - 100 , en el que cuando $L^* = 0$ el color observado es negro.

y en el que cuando $L^* = 100$ el color observado es blanco. Según la realización preferida, el recubrimiento 401 tiene un $L^* \geq 80$.

- 5 El primer recubrimiento inorgánico 401 puede estar sustancialmente libre de aditivos hidrorrepelentes, un aditivo hidrófilo y/o un fluido dieléctrico.

Rellenos

- 10 De manera similar a las disposiciones divulgadas en el documento WO 2015/105972 (Ranganathan) según diversas realizaciones de la presente invención el primer recubrimiento inorgánico 401 puede incluir uno o más rellenos. El primer recubrimiento inorgánico 401 puede contener una o más cargas en una concentración de 0-50 % (en peso de la composición total) y la una o más cargas pueden tener un tamaño medio de partícula de 0,1-50 μm . Las partículas de relleno pueden ser esféricas, hexagonales, en forma de escamas, fibras o cintas.

- 15 Aditivos reflectantes IR

- De manera similar a las disposiciones divulgadas en el documento WO 2015/105972 (Ranganathan) según diversas realizaciones preferidas de la presente invención, el primer recubrimiento inorgánico 401 puede comprender uno o más pigmentos o aditivos reflectantes de infrarrojos. Uno o más pigmentos o aditivos reflectantes de infrarrojos ("IR") pueden incluirse en el primer recubrimiento inorgánico 401 en una concentración de, por ejemplo, 0,1-10 % en peso. Los aditivos reflectantes de IR son preferentemente blancos.

Estabilizadores

- 25 De manera similar a las disposiciones divulgadas en el documento WO 2015/105972 (Ranganathan) según diversas realizaciones preferidas de la presente invención se pueden incluir uno o más estabilizadores en el primer recubrimiento inorgánico 401 a una concentración de, por ejemplo, 0,1-5 % (en peso de la composición o recubrimiento total).
- 30 El uno o más estabilizadores pueden comprender un estabilizador de la luz y/o un estabilizador de la dispersión, como la bentonita. El estabilizador es preferiblemente blanco.

Proceso de recubrimiento

- 35 El primer recubrimiento inorgánico 401 o una primera mezcla puede aplicarse a uno o más conductores 400, como un cable aéreo, mediante pulverización o pintura. El recubrimiento o la película o la primera mezcla puede (menos preferiblemente) ser de base acuosa y puede deshidratarse o secarse, por ejemplo, mediante curado térmico, opcionalmente durante un período de horas.

- 40 Sin embargo, es más preferible que el recubrimiento o la película sea a base de disolvente y que se cure únicamente mediante curado por humedad, es decir, que no se someta a curado térmico.

- Se pueden utilizar uno o más procesos de pretratamiento para preparar una superficie del conductor 400 o de uno o más hilos conductores para el primer recubrimiento inorgánico 401. Por ejemplo, según diversas realizaciones, el conductor 400 o uno o más alambres conductores pueden someterse a tratamiento químico, limpieza con aire a presión, tratamiento con agua caliente, limpieza con vapor, limpieza con cepillo, tratamiento térmico, chorro de arena, ultrasonidos, desbarbado, limpieza con disolvente, tratamiento con plasma y similares.

- 50 Una superficie de uno o más conductores aéreos 400 puede ser desglaseada mediante chorro de arena. Un conductor aéreo puede calentarse a temperaturas entre 23-250 °C como parte de un proceso de tratamiento térmico para preparar la superficie del conductor 400 o uno o más alambres conductores para el recubrimiento o película 401. La temperatura puede seleccionarse en función del recubrimiento o la película 401.

- 55 En determinadas realizaciones, los procesos de recubrimiento pueden ser sin disolventes o esencialmente sin disolventes. Sin disolvente, o esencialmente sin disolvente, puede significar que no se utiliza más de aproximadamente un 1 % de disolvente en cualquiera de los procesos en relación con el peso total del producto.

- Sin embargo, según la realización preferida, el proceso de recubrimiento implica el uso de un disolvente y el curado por humedad.

- 60 Características de los conductores revestidos

- Como se apreciará, la aplicación de un único recubrimiento o monocapa 401 proporciona a los cables, como los conductores aéreos, una serie de características superiores, incluidas propiedades de autolimpieza.

- 65 El primer recubrimiento inorgánico 401 puede proporcionar un cable con un grosor uniforme alrededor del exterior del

conductor 400 o de uno o más hilos conductores. Cada método de aplicación del primer recubrimiento inorgánico 401 puede compensar diferentes cantidades de desnivel.

5 El recubrimiento o capa de película 401 según diversas realizaciones preferidas de la presente invención puede proporcionar al conductor 400 o a uno o más hilos conductores una resistencia mecánica aumentada en relación con la de un conductor desnudo. Por ejemplo, según diversas realizaciones, un único conductor revestido 400 o uno o más hilos conductores pueden tener una resistencia mínima a la tracción de 10 MPa y pueden tener un alargamiento mínimo a la rotura del 50 % o más.

10 Como otra ventaja, un único recubrimiento 401 puede de manera similar a las disposiciones divulgadas en el documento WO 2015/105972 (Ranganathan) servir como una capa protectora contra la corrosión y el enjaulamiento de aves en el conductor 400 o uno o más hilos conductores. Como puede apreciarse, los conductores desnudos o recubiertos de líquido pueden perder su integridad estructural con el tiempo y pueden volverse vulnerables a la formación de jaulas de pájaros en cualquier espacio entre los hilos conductores. Por el contrario, un conductor 400 o uno o más hilos conductores que tengan un único recubrimiento 401 están apantallados y pueden eliminar los problemas de enjaulamiento de las aves.

20 Como otra ventaja, el primer recubrimiento inorgánico 401 puede eliminar la penetración de agua, puede reducir la acumulación de hielo y polvo y puede mejorar la resistencia a la corona.

Como otra ventaja, un conductor 400 o uno o más hilos conductores revestidos con un único recubrimiento 401 puede tener una conductividad térmica aumentada, una emisividad aumentada y unas características de absorción disminuidas.

25 Como ventaja adicional, el primer recubrimiento inorgánico 401 puede tener una resistencia a la deformación térmica a temperaturas más altas, incluyendo temperaturas de 140-150 °C, 150-160 °C, 160-170 °C, 170-180 °C, 180-190 °C, 190-200 °C, 200-210 °C, 210-220 °C, 220-230 °C, 230-240 °C, 240-250 °C, 250-260 °C, 260-270 °C, 270-280 °C, 280-290 °C, 290-300 °C o > 300 °C.

30 Ventajosamente, el primer recubrimiento inorgánico 401 puede mantener la flexibilidad a temperaturas más bajas y puede tener una retracción mejorada y una baja expansión térmica en el rango de temperaturas más bajas.

La adición del primer recubrimiento inorgánico 401 puede añadir relativamente poco peso a un conductor aéreo 400. Por ejemplo, el aumento de peso de un solo conductor aéreo revestido según una realización preferida de la presente invención puede ser < 5%, 5-10 %, 10-15% o 15-20 %.

Otra ventaja significativa es que el primer recubrimiento inorgánico 401 tiene una resistencia a la corrosión buena o excelente, a diferencia de algunos recubrimientos simples conocidos.

40 Datos experimentales

Se realizaron varias simulaciones siguiendo la especificación técnica 601 del CIGRE, cuyos detalles se detallan a continuación.

45 Para las situaciones estacionarias, se partió de parámetros meteorológicos y de conductores fijos para calcular los valores nominales máximos previstos o las temperaturas de los conductores. Los datos ambientales se eligieron para representar un lugar desértico subtropical, caluroso, sin nubes y soleado, como se detalla a continuación.

Datos medioambientales	
Ubicación	30 grados Norte
Fecha	10 de junio
Tiempo	12 horas
Temperatura ambiente (°C)	40
Velocidad del viento perpendicular al conductor (m/s)	0,6096
Orientación del conductor	E-W
Condiciones atmosféricas	Despejado
Albedo	0,1
Irradiancia solar calculada (W/m ²)	Variaba de la noche al mediodía

50 Tabla 2

Reducción de la temperatura de funcionamiento

55 Por lo general, un conductor nuevo sin recubrimiento tendrá una emisividad $E = 0,5$ y una absorptividad solar $A = 0,5$. En el transcurso de un año, la emisividad E de un conductor sin recubrimiento aumentará hasta, por ejemplo,

aproximadamente 0,8 a medida que la superficie del conductor se recubre de materia orgánica y/o se exponga a la contaminación. Del mismo modo, la absorptividad también aumentará en el transcurso del año hasta 0,8. Estas cifras dependen de la ubicación y se entenderá, por ejemplo, que si el conductor está situado en un lugar menos contaminado, los valores finales pueden acabar siendo diferentes (por ejemplo, más altos/bajos).

5

La tabla 3 muestra la corriente y la temperatura en función de las características de la superficie.

	Conductor Drake envejecido sin recubrimiento E = 0,8 A = 0,8	Nuevo conductor Drake sin recubrimiento E = 0,5 A = 0,5	Conductor con recubrimiento preferente E = 0,95 A = 0,1
Corriente a 100 °C (A)	907	908	1126
Temperatura (°C) a 976 amperios	n/a	99,9	78,75
Aumento de la corriente	n/a	1	119
Ahorro de energía I ² R (funcionamiento a menor temperatura)	n/a	n/a	6 %

Tabla 3

10

Se entenderá que los conductores ACSR Drake se utilizan habitualmente para las simulaciones de CIGRE.

Aumento de la ampacidad

15

La tabla 4 muestra cómo varía la ampacidad con la hora del día y la irradiancia solar correspondiente para un conductor perfecto, un conductor envejecido, un conductor nuevo sin recubrimiento y un conductor con recubrimiento según una realización preferida.

		Conductor Drake teórico perfecto (26/7) E = 1,0 A = 0,0	Conductor Drake (26/7) después de 1 año E = 0,8 A = 0,8	Nuevo conductor Drake (26/7) E = 0,5 A = 0,5	Conductor Drake (26/7) con recubrimiento preferente E = 0,95 A = 0,1		
Hora del día	Irradiancia solar total (W/m ²)	Corriente (A)	Corriente (A)	Corriente (A)	Corriente (A)	% Elevación en E = 0,8 A = 0,8	% Elevación en E = 0,8 A = 0,8
04:00:00	0	1161	1115	1043	1149	3 %	10 %
05:00:00	0	1161	1115	1043	1149	3 %	10 %
06:00:00	266	1161	1078	1018	1145	6 %	12 %
07:00:00	463	1161	1044	996	1141	9 %	15 %
08:00:00	689	1161	1006	971	1137	13 %	17 %
09:00:00	911	1161	967	946	1133	17 %	20 %
10:00:00	1093	1161	935	926	1129	21 %	22 %
11:00:00	1210	1161	914	912	1127	23 %	24 %
12:00:00	1251	1161	907	908	1126	24 %	24 %

20

Tabla 4

La figura 5 muestra un diagrama de la ampacidad o capacidad de corriente en función de la intensidad solar a la hora del día para un conductor nuevo, uno envejecido y uno con doble recubrimiento (incluidos sólo con fines ilustrativos) comparado con un conductor teórico perfecto.

25

La figura 5 muestra que la ampacidad de un conductor modificado se aproxima a la de un conductor teóricamente perfecto (en el que la ampacidad no disminuye con el aumento de la irradiancia solar). En particular, se observa en la figura 5 que el rendimiento de un conductor modificado muestra un alto nivel de rendimiento después de 8 horas, en marcado contraste con los conductores convencionales.

30

Validación de la tecnología en un entorno de laboratorio

Se fabricaron y probaron prototipos iniciales a escala de laboratorio basados en el rendimiento de láminas de aluminio planas del mismo grado que las líneas eléctricas, pero configuradas en plano para facilitar las pruebas. En consecuencia, los recubrimientos se aplicaron a láminas planas en lugar de a cables cilíndricos.

La prueba óptica de concepto se demostró demostrando que el recubrimiento o la película 401 tiene el rendimiento óptico necesario (por ejemplo, alta reflectividad, alta emisividad) en las longitudes de onda específicas requeridas para producir un enfriamiento radiativo óptimo.

Además, la prueba de concepto eléctrica se demostró demostrando que un conductor modificado funciona a una temperatura significativamente más fría que la de un conductor sin recubrimiento cuando transmite una corriente relativamente alta.

La prueba de concepto eléctrico incluyó ambas cosas: (i) pruebas de corriente constante, en las que se prueban múltiples conductores planos revestidos al aire libre, siendo sus temperaturas el resultado; y (ii) pruebas de temperatura constante, en las que se prueban múltiples recubrimientos diferentes a la misma temperatura, pero siendo el resultado la potencia en vatios necesaria para calentar cada uno de ellos.

Capa reflectante solar

El análisis espectral UV-VIS-NIR de una capa reflectante solar fue realizado por un tercero utilizando un espectrómetro JASCO (RTM) V670 UV-VIS-NIR con accesorio de esfera integradora ISN-723. Un accesorio de esfera integradora permitía recoger la radiación difusa (unos 180°) reflejada por la muestra. El análisis se realizó en modo de reflectancia, excluyendo la reflectancia especular. Se recogió un espectro de cada lado de la muestra. La muestra también se giró 90° alrededor del haz incidente para analizar la segunda cara. Debe tener baja absorbancia en el espectro solar (0,3-2,5 μm). El conductor modificado lo demuestra.

La figura 6 muestra espectros de absorbancia o reflectividad UV-VIS-NIR de una capa reflectante solar según una realización de la presente invención. Los espectros de absorbancia o reflectividad demuestran que más del 90 % de la energía solar no se absorbe, lo que favorece el enfriamiento bajo la luz solar directa. En particular, la reflectividad se reduce hacia 2,5 μm , lo cual es ventajoso para no impedir o interferir con la emisión térmica de radiación infrarroja en la gama de longitudes de onda de 2,5-30,0 μm . La capa reflectante solar particular que se probó con referencia a la figura 6 comprendía un recubrimiento de silicato reflectante/emisivo de una sola capa según una realización preferida.

La figura 7 muestra el espectro solar a efectos comparativos con la figura 6. El espectro solar en la parte superior de la atmósfera corresponde a grandes rasgos a un espectro de cuerpo negro de 5250 °C. La radiación solar a nivel del mar presenta varias bandas de absorción debidas a la absorción por las moléculas de O₂, H₂O y CO₂.

Prueba de concepto eléctrica de corriente constante

Diseño del equipo y método experimental

Se realizaron más pruebas para demostrar que un recubrimiento 401 modificado según una realización preferida de la presente invención funciona para reducir la temperatura de funcionamiento de un conductor eléctrico. Se conectaron en serie una serie de conductores que comprendían varias longitudes de conductor plano de aluminio de alelo 1350 y se probaron con al menos uno de los conductores sin recubrimiento.

La superficie superior de cada uno de los conductores estaba expuesta a la atmósfera, mientras que la superficie inferior de los conductores estaba aislada térmicamente por adherencia a una plancha de espuma CELOTEX (RTM). A continuación, se aplicó corriente continua a los conductores, que se calentaron debido al calentamiento Joule. Se tomaron mediciones de temperatura de los conductores revestidos y no revestidos para demostrar la eficacia del recubrimiento simple 401 según una realización preferida de la presente invención en términos de reducción de la temperatura de un conductor de aluminio 400. Los sensores se montaron detrás de los conductores y se situaron entre éstos y el aislamiento para reducir la influencia de las malas conexiones térmicas que, de lo contrario, podrían introducir errores si se conectaran al lado directamente expuesto a la radiación solar.

Se diseñaron varios equipos y se optimizaron de forma iterativa para eliminar la posibilidad de que las mediciones de rendimiento se debieran a artefactos del diseño experimental. Se deseaba explorar el rendimiento de diferentes recubrimientos cuando se exponen a la luz solar y a la convección natural, ya que estas condiciones ambientales representan las condiciones de funcionamiento del producto final.

Dado que no existen normas para las pruebas de corriente constante en un entorno exterior, se diseñó un nuevo equipo específicamente para las pruebas al aire libre. Cuando se realizan pruebas al aire libre y bajo la luz del sol y se utilizan termopares aislados montados en superficie para medir la temperatura pueden surgir una serie de problemas. Los termopares pueden introducir una irregularidad óptica en la superficie del conductor. Además, puede

formarse un gradiente de temperatura desde la superficie del conductor hasta el aire, donde pequeñas desviaciones en la distancia del termopar al conductor pueden dar lugar a grandes diferencias en la precisión de medición de la temperatura entre los termopares.

- 5 A su vez, se diseñó un banco de pruebas que igualmente aislaba térmicamente los termopares y que minimizaba las posibles diferencias de gradiente térmico entre los sensores y los conductores. Como base del banco de pruebas se utilizó una pieza de aislamiento CELOTEX (RTM) de dimensiones 50 x 450 x 600 mm.

10 CELOTEX (RTM) tiene una conductividad térmica inferior a la del aire y puede funcionar a las temperaturas más elevadas requeridas para las pruebas de corriente constante. Se perforaron agujeros en la parte posterior del aislamiento CELOTEX (RTM) y se introdujeron sensores termopares hasta la superficie. A continuación, se tiró de unos milímetros del cable del sensor para que éste quedara paralelo a la superficie de CELOTEX (RTM). Los sensores termopares se mantuvieron aislados eléctricamente de las tiras de ensayo mediante una cinta adhesiva de doble cara de alta temperatura de 0,1 mm de grosor que se colocó encima para fijar los termopares y que quedaran a menos de 15 1 mm de la línea central del conductor. A continuación, los conductores de aluminio se colocaron encima de los sensores de forma que los termopares quedaran ocultos entre el CELOTEX (RTM) y el conductor de aluminio, minimizando así la posibilidad de que existieran gradientes térmicos entre los sensores y los conductores. El número de conexiones entre los conductores y la fuente de alimentación se redujo al mínimo utilizando un solo trozo de conductor cortado en forma de onda o serpentina, como se muestra en la figura 8.

20 La figura 8 muestra un conductor de prueba de aluminio con varias dimensiones indicadas. El conductor estaba dispuesto en diez filas, de las cuales las dos exteriores se utilizaban para las conexiones eléctricas y las ocho interiores para las pruebas de recubrimiento. A continuación, el conductor en forma de onda o serpentina se colocó encima de los sensores y se fijó por debajo con cinta termoestable de doble cara. El conductor de aluminio era de aleación 1350 y tenía un grosor de 0,7 mm. El punto de transición de un tipo de recubrimiento a otro se dispuso en la mitad de las 25 porciones de la curva de conexión semicircular.

Pruebas de temperatura hasta 100 °C

- 30 Se probaron cuatro bandas conductoras diferentes, a saber: (i) un conductor (de control) de aluminio brillante sin recubrimiento; (ii) un conductor que tiene un recubrimiento emisivo gris que comprende carburo de silicio al 10 % en peso en un aglutinante de caucho de silicona curado por condensación; (iii) un conductor que tiene un recubrimiento emisivo negro que comprende una capa de negro de humo que comprende negro de humo al 1 % en peso en acetona; y (iv) un conductor 400 según una realización preferida que comprende una primera o única capa 401 que comprende un agente fotocatalítico, en el que el agente fotocatalítico comprende ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) que tiene un tamaño medio de partícula ("aps") ≤ 100 nm.

40 Las muestras se probaron al aire libre en condiciones de poco viento con niveles de radiación solar superiores a 800 W/m^2 . Se probaron dos rangos de temperatura nominal. Se conectó continuamente al banco de pruebas una fuente de alimentación de CC de baja tensión compuesta por baterías de 1,5 V que suministraban corrientes de hasta 100 A, lo que provocó un aumento de la temperatura de los conductores hasta una temperatura de aproximadamente 0-100 °C por encima de la temperatura ambiente. La temperatura ambiente solía ser de 20 °C, pero oscilaba entre 10 y 30 °C.

- 45 Se calcularon las temperaturas medias de cada uno de los recubrimientos en el punto máximo. Las condiciones ambientales clave eran: (i) 10-30 °C de temperatura ambiente; (ii) poco viento (escala Beaufort típicamente 2-3); y (iii) $\geq 800 \text{ W/m}^2$ de irradiación solar perpendicular.

50 Los resultados se muestran en la figura 9, que muestra las temperaturas medias de los distintos conductores durante el periodo de pico. En estas temperaturas es evidente que un solo conductor revestido según una realización preferida de la invención presente es particularmente ventajoso. Los datos empíricos de las pruebas concuerdan con los valores calculados que se muestran y describen anteriormente con referencia a la Tabla 1. Por consiguiente, los datos de las pruebas demuestran las importantes ventajas de rendimiento que se derivan del aumento de la reflectividad solar en presencia de luz solar mediante la utilización de un único conductor revestido según una realización preferida de la 55 presente invención.

Pruebas de temperatura hasta 250 °C

- 60 Se probaron tres bandas conductoras diferentes, a saber: (i) un conductor de aluminio brillante (de control) sin recubrimiento; (ii) un conductor que tiene un recubrimiento emisivo negro que comprende una capa de negro de humo que comprende 1 % en peso de negro de humo en acetona; (iii) un conductor según una realización preferida que tiene un recubrimiento blanco que incluye un agente fotocatalítico, en el que el agente fotocatalítico comprende ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ≤ 100 nm.

- 65 Las muestras se probaron al aire libre en condiciones de poco viento. Se utilizó una batería de plomo-ácido de 6V y 70AH de capacidad nominal. La batería se cortocircuitó con cables de arranque para calentar la banda hasta unos

250 °C. La corriente se fijó entre 100 y 150 A y se conectó continuamente al banco de pruebas. La corriente se fijó entre 100 y 150 A y se conectó continuamente al banco de pruebas, lo que provocó un aumento de la temperatura de los conductores hasta que el conductor de control sin recubrimiento alcanzó una temperatura media de 249,5 °C.

- 5 Se calcularon las temperaturas medias de cada uno de los recubrimientos en el punto máximo.

Los resultados se muestran en la figura 10, que muestra las temperaturas medias de los distintos conductores durante el periodo de pico. En estas temperaturas elevadas es otra vez evidente que un solo conductor recubierto según una realización preferida de la presente invención es particularmente ventajoso. En particular, los resultados de las pruebas muestran que, en comparación con el conductor de control, el recubrimiento simple proporciona un efecto de reducción de la temperatura de 55,4 °C, lo que representa una ventaja de rendimiento muy significativa.

Recubrimientos fotónicos autolimpiantes para aumentar la capacidad de los conductores aéreos

- 15 La presente invención se refiere en particular a la inclusión de un agente fotocatalítico en el recubrimiento 401 proporcionado en un conductor aéreo 400 con el fin de hacer que el recubrimiento sea autolimpiable. En particular, debe entenderse que el recubrimiento es autolimpiante en el sentido de que cuando el agente fotocatalítico se excita con luz ultravioleta ("UV"), el agente fotocatalítico crea preferentemente radicales hidroxilo (OH-) y superóxido (Of) que descomponen preferentemente la materia orgánica superficial que pueda haberse acumulado en el conductor aéreo en dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O).

El recubrimiento 401 proporcionado en el conductor aéreo 400 según la realización preferida es preferiblemente blanco (o menos preferiblemente puede considerarse que tiene un alto grado de blancura). Según la realización preferida, el blanco puede definirse como $L^* \geq 80$.

- 25 A continuación se expondrán con más detalle dos realizaciones especialmente preferidas, a saber: (i) una única capa inorgánica 401 formada a partir de un kit de dos partes; y (ii) una única capa inorgánica 401 formada a partir de un kit de una parte.

- 30 La modificación de superficies ha surgido recientemente como un método rentable para aumentar el rendimiento de los conductores aéreos. Funcionan optimizando la superficie externa del conductor aéreo en términos de reflectividad solar y emisividad térmica. Tener valores altos (por ejemplo, $\geq 0,9$) tanto para la reflectividad solar (R) como para la emisividad térmica (E) favorece un efecto de enfriamiento significativo en los conductores aéreos. Esta reducción de la temperatura de funcionamiento reduce la resistencia del conductor y aumenta la capacidad de transporte de corriente.

Para lograrlo, se han propuesto varias soluciones basadas en el recubrimiento. Por ejemplo, se conocen varios recubrimientos de base inorgánica y orgánica que reducen la temperatura de funcionamiento de las líneas aéreas.

- 40 Sin embargo, los recubrimientos conocidos son predominantemente no blancos. Además, un problema conocido de los conductores blancos es que sufren decoloración con el tiempo.

Los expertos en la materia apreciarán que los productos convencionales de recubrimiento blanco de una sola capa (o monocapa) acumularán suciedad y se oscurecerán invariablemente con el tiempo al estar expuestos a contaminantes ambientales.

- 50 Por ello, en las disposiciones convencionales se hace especial hincapié en fomentar la emisividad térmica, lo que a su vez aumenta la absorptividad solar. Dado que los conductores aéreos pueden funcionar a más de 90 °C, este enfoque produce un efecto de refrigeración neto.

Sin embargo, según la presente invención, la reflectividad solar (R) también se maximiza, lo que ventajosamente puede aumentar la potencia de refrigeración.

- 55 Así, ventajas de rendimiento sustanciales existen proporcionando ambos un altamente reflectante y un recubrimiento altamente emisivo para un conductor en una manera según varias realizaciones de la presente invención.

Por el contrario, las disposiciones convencionales como las divulgadas, por ejemplo, en el documento FR-2971617 (Nexan) y el documento WO 2007/034248 (Simic) se consideran ineficaces desde una perspectiva comercial debido a la propensión de los recubrimientos blancos a oscurecerse y decolorarse con el tiempo.

- 60 El oscurecimiento progresivo de los recubrimientos inicialmente blancos con el paso del tiempo hace que los recubrimientos blancos convencionales sean excluyentes como soluciones para los conductores aéreos, ya que los operadores de redes necesitan poder clasificar térmicamente sus líneas con confianza según niveles estables de reflectividad solar y emisividad térmica.

- 65 Así pues, los usuarios finales y los operadores de redes deben planificar en función de una reflectancia solar

envejecida y no de la reflectancia solar nueva o inicial. Se apreciará que las caídas significativas y variables en la reflectancia solar no son prácticas desde la perspectiva de los operadores de red que necesitan ser capaces de clasificar térmicamente sus líneas aéreas.

5 La superficie del conductor también puede lavarse con un chorro de alta potencia. Sin embargo, un experto en la materia entenderá que esto es poco práctico desde una perspectiva comercial, de seguridad y de costes, especialmente si se tiene en cuenta que la línea de distribución o de alimentación será una línea aérea de alta tensión.

10 La provisión de un recubrimiento que tenga un agente fotocatalítico según la presente invención que proporcione un efecto de autolimpieza se reconocerá inmediatamente como ventajosa.

Una ventaja particular de incorporar un fotocatalizador autolimpiante en el recubrimiento según la presente invención es la capacidad de proporcionar un recubrimiento blanco duradero que requiere poco o ningún mantenimiento a lo largo del tiempo. Según diversas realizaciones de la presente invención, el recubrimiento (blanco) mantendrá un alto grado de blancura (es decir, $L^* \geq 80$) durante un período de tiempo sustancialmente más largo que los recubrimientos blancos convencionales.

Según una realización, el recubrimiento puede permanecer blanco con un $L^* \geq 80$ durante un periodo de tiempo indefinido cuando se somete a niveles estándar de contaminación atmosférica.

20 Según diversas realizaciones, las capacidades de autolimpieza se integran preferentemente en una monocapa reflectante blanca.

25 Los recubrimientos autolimpiantes pueden tener varios mecanismos de funcionamiento. Según diversas realizaciones, el recubrimiento puede ser simultáneo: (i) antiestático, reduciendo así la capacidad de las partículas de adherirse a la superficie; (ii) superhidrofílico, reduciendo así el ángulo de contacto con el agua de la superficie, actuando así para recoger y limpiar más eficazmente las partículas de la superficie en presencia de agua atmosférica; y (iii) fotocatalítico.

30 Según una realización particularmente preferida, el dióxido de titanio anatasa (TiO_2) puede utilizarse como agente fotocatalítico. El dióxido de titanio anatasa (TiO_2) es un semiconductor con un intervalo de banda de 3,2 eV que, cuando se excita con luz ultravioleta, crea radicales hidroxilo (OH^-) y superóxido (O_2^-) que actúan preferentemente para descomponer la materia orgánica superficial adherida al recubrimiento en dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O).

35 Capa inorgánica única formada a partir de un kit de dos partes

Un recubrimiento fotónico blanco autolimpiante según una realización menos preferida puede formarse mezclando dos partes de un kit.

40 La composición de dos partes puede comprender una primera composición (parte A) que comprende:

(i) un aglutinante de recubrimiento 50-70 % en peso (de la parte A); (ii) opcionalmente nanosílice ("nS") 2-5 % en peso (de la parte A); (iii) opcionalmente uno o más pigmentos ópticamente activos, p. ej. dióxido de titanio rutilo (TiO_2) 10-20 % en peso (de la parte A); (iv) un fotocatalizador, p. ej. dióxido de titanio anatasa (TiO_2) 1,76-2,75 % en peso (de la parte A); (v) opcionalmente cargas inertes 10-20 % en peso (de la parte A); (vi) opcionalmente p. ej., dióxido de titanio anatasa (TiO_2) 1,76%-2,75 % en peso (de la parte A); y (v) opcionalmente, cargas inertes 10-20 % en peso (de la parte A); y (vi) opcionalmente, coadyuvantes a base de zinc 0,4-1 % en peso (de la parte A).

50 La composición en dos partes comprende preferentemente una segunda composición (parte B) que comprende: (i) agua 50-70 % en peso (de la parte B); (ii) opcionalmente un modificador reológico 0,3-1 % en peso (de la parte B); (iii) opcionalmente cocurativos a base de magnesio 10-15 % en peso (de la parte B); (iv) opcionalmente cocurativos a base de zinc 1-3 % en peso (de la parte B); y (v) opcionalmente una emulsión acuosa 7-15 % en peso (de la parte B).

Sin embargo, como se detallará más adelante, más preferiblemente la composición comprende una composición a base de disolvente.

55 Aglutinante de recubrimiento

60 Dado que el agente fotocatalítico realiza preferentemente una función de autolimpieza mediante la oxidación de materiales orgánicos, los aglutinantes orgánicos no se utilizan preferentemente para este fin, al menos no en un grado significativo. Como tal, el aglutinante comprende preferentemente un aglutinante inorgánico o un aglutinante sustancialmente inorgánico.

65 Según una disposición que se divulga únicamente con fines ilustrativos, el aglutinante puede comprender un aglutinante de silicato alcalino o de metal alcalino y el aglutinante puede ser de base acuosa. Por ejemplo, el silicato de metal alcalino (o alcalino) preferiblemente comprende silicato de potasio (K_2SiO_3). Alternativamente, el silicato de metal alcalino (o alcalino) puede comprender silicato de sodio. El silicato de sodio puede comprender metasilicato de

sodio (Na_4SiO_3), ortosilicato de sodio (Na_4SiO_4) o piroxilicato de sodio ($\text{Na}_6\text{Si}_2\text{O}_7$). El silicato de metal alcalino (o alcalino) puede comprender silicato de litio (Li_2SiO_3), silicato de calcio (Ca_2SiO_4) u ortosilicato de calcio o silicato de aluminio (AlMgSiO_4).

- 5 Sin embargo, según la presente invención, el aglutinante comprende uno o más aglutinantes de silicato de alquilo basados en disolventes y no en agua.

Nanosílice ("nS") o sílice coloidal (SiO_2)

- 10 Puede añadirse nanosílice ("nS") o sílice coloidal (SiO_2) para aumentar la proporción Si:metal alcalino y, de este modo, aumentar la polimerización de un recubrimiento. El recubrimiento resultante puede comprender un polímero de siloxano. La nanosílice ("nS") o la sílice coloidal (SiO_2) pueden aumentar la resistencia a la abrasión y la adherencia del silicato al aluminio. Además, la adición de nanosílice ("nS") o sílice coloidal (SiO_2) aumenta aún más la emisividad inherente del aglutinante de silicato mejorando aún más el efecto de enfriamiento.

- 15 Polímeros de siloxano (silicona)

Según diversas disposiciones, puede formarse un recubrimiento único que puede comprender, al menos parcialmente, un polímero de siloxano (silicona).

- 20 A modo de referencia, en la Tabla 5 se muestra la estructura química de varios siloxanos diferentes:

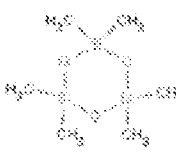
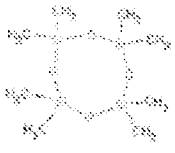
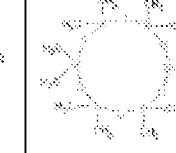
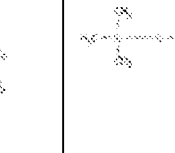
Nombre	Hexametilciclo-trisiloxano (D3)	Octametilciclotetrasiloxano (D4)	Decametilciclo-pentasiloxano (D5)	Dodecametilciclo-hexasiloxano (D6)	Hexametildisiloxano (HMDS)
Fórmula molecular	$\text{C}_8\text{H}_{19}\text{O}_3\text{Si}_3$	$\text{C}_9\text{H}_{24}\text{O}_4\text{Si}_4$	$\text{C}_{10}\text{H}_{30}\text{O}_5\text{Si}_5$	$\text{C}_{12}\text{H}_{36}\text{O}_6\text{Si}_6$	$\text{C}_8\text{H}_{19}\text{O-Si}_2$
Fórmula estructural					
Peso molecular	222,46	296,64	370,80	444,93	162,42
n.º CAS	541-05-9	556-67-2	541-02-6	540-97-6	107-46-0
Sinónimos (entre otros)	Trímero cíclico de dimetilsiloxano	Tetrámero de dimetilsiloxano cíclico, KF994 Parte de ciclometicona	Pentámero cíclico de dimetilsiloxano, KF995 Fluido Dow Corning 245 Parte de ciclometicona	Ciclohexasiloxano	Oxibis (trimetilsilano), Bis (trimetilsilil)éter

Tabla 5

- 25 Aditivo de flexibilidad y/o reología

- 30 Para mejorar la flexibilidad y/o las propiedades reológicas, puede añadirse opcionalmente al recubrimiento un aditivo de flexibilidad y/o un aditivo reológico. Según una realización, puede utilizarse polidimetilsiloxano ("PDMS") acuoso ($(\text{C}_2\text{H}_5\text{OSi})_n$) de 40-50 % de sólidos como aditivo de flexibilidad para el recubrimiento. Aunque el polidimetilsiloxano ("PDMS") ($(\text{C}_2\text{H}_5\text{OSi})_n$) es orgánico, su principal componente es a base de siloxano, que no es oxidado por los agentes fotocatalíticos del recubrimiento. También puede añadirse un aditivo reológico como la hidroxietilcelulosa ($\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$). En cualquier caso, el aditivo de flexibilidad y/o el aditivo reológico representan preferentemente menos del 5 % del peso de la película seca.

- 35 Entre los agentes reológicos adecuados se encuentran la metilcelulosa, la hidroxietilcelulosa ("HEC"), la carboximetilcelulosa ("CMC"), la hidroxipropilcelulosa ("HPC") o la HEC modificada hidrofóbicamente. Como alternativa, pueden utilizarse emulsiones hinchables en álcali ("ASE"), emulsiones hinchables en álcali hidrófobas ("HASE"), modificadores reológicos de uretano etilenoxilado modificado hidrofóbicamente ("HUER"), organoarcillas, poliamidas y sílices pirogénicas.

- 40 Agente hidrofobizante

Para aumentar la estabilidad a la humedad, puede añadirse opcionalmente un agente hidrofobizante a la

composición/recubrimiento de la invención. Entre los agentes hidrofobizantes adecuados se encuentran los polisiloxanos funcionales que confieren un fuerte efecto hidrofóbico. El polisiloxano funcional puede modificarse con uno o más grupos amina o fluoro. Los aditivos de polisiloxano pueden añadirse en una cantidad de aproximadamente 1 a aproximadamente 5 % en peso de la formulación total y pueden modificarse con grupos amina o grupos que contengan flúor. Estos sistemas pueden ser de base acuosa o 10 sin disolventes. Algunos ejemplos disponibles en el mercado son Silsan 1300 (RTM), TEGO Phobe 1505 (RTM) y RUCOSIL B-HS (RTM).

Pigmentos activos fotocatalíticos

Según una realización particularmente preferida, se incluye preferentemente un agente fotocatalítico en el recubrimiento conductor.

Según una realización preferida, el agente fotocatalítico puede comprender ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2), preferiblemente con un tamaño medio de partícula ≤ 100 nm.

El agente fotocatalítico produce preferentemente la conversión fotocatalítica de la materia orgánica que pueda haberse adherido al recubrimiento previsto en el conductor. En concreto, cuando el dióxido de titanio anatasa (TiO_2) es excitado por la luz ultravioleta crea radicales hidroxilo (OH^-) y superóxido (O_2^-) que descompondrán preferiblemente la materia orgánica superficial en dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O).

Según una realización, el agente fotocatalítico puede comprender una forma comercialmente disponible de dióxido de titanio (TiO_2) conocida o como DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25 o AEROXIDE (RTM) TiO_2 P25.

DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25 dióxido de titanio (TiO_2) es una forma en polvo de dióxido de titanio (TiO_2). Se han investigado en detalle las propiedades del dióxido de titanio (TiO_2) P25 y se hace referencia al Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 216(2-3): 179-182 que se refiere a la forma en polvo de dióxido de titanio (TiO_2) como comprendiendo una mezcla de dióxido de titanio (TiO_2) anatasa, rutilo y amorfo en la proporción anatasa:rutilo:amorfo 78:14:8.

Cabe señalar que el dióxido de titanio (TiO_2) DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25 se presenta a menudo (incorrectamente) como compuesto de 70:30, 80:20 u 85:15 cristalitas de anatasa:rutilo. En consecuencia, la presencia de la forma amorfa del dióxido de titanio (TiO_2) en el dióxido de titanio (TiO_2) DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25 parece ignorarse a menudo (incorrectamente).

Se ha informado de que el tamaño medio de las partículas ("aps") del dióxido de titanio (TiO_2) anatasa en DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25 es de aproximadamente 85 nm y que el tamaño medio de las partículas ("aps") de dióxido de titanio (TiO_2) rutilo en DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25 es de aproximadamente 25 nm.

El dióxido de titanio (TiO_2) puede utilizarse como fotocatalizador para la descomposición de contaminantes orgánicos porque es químicamente estable y biológicamente benigno. La brecha de banda del dióxido de titanio (TiO_2) es superior a 3 eV ($\sim 3,0$ para el rutilo y $\sim 3,2$ para la anatasa), por Así que el dióxido de titanio puro (TiO_2) es principalmente activo para la luz ultravioleta.

Se cree que la mezcla específica de fases de diferentes polimorfos de dióxido de titanio (TiO_2) como los presentes en DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25 tienen un efecto sinérgico y se observa una mayor actividad fotocatalítica en comparación con las fases puras (es decir, en relación con el dióxido de titanio (TiO_2) rutilo puro o con el dióxido de titanio (TiO_2) anatasa puro).

También está generalmente aceptado que el dióxido de titanio anatasa (TiO_2) puro presenta una mayor actividad fotocatalítica que el dióxido de titanio rutilo (TiO_2) puro.

Se sabe que el dióxido de titanio anatasa (TiO_2) tiene una brecha de banda mayor que el dióxido de titanio rutilo (TiO_2). Aunque esto reduce la luz que se puede absorber, puede elevar el máximo de la banda de valencia a niveles de energía más altos en relación con los potenciales redox de las moléculas adsorbidas. En consecuencia, el poder de oxidación de los electrones puede incrementarse y la transferencia de electrones puede facilitarse desde el dióxido de titanio (TiO_2) a las moléculas adsorbidas.

Pigmentos ópticamente activos

Dependiendo de la composición, el recubrimiento puede contener además pigmentos no fotocatalíticos. Los pigmentos son preferiblemente de color blanco. Según una realización particularmente preferida, el recubrimiento puede disponerse de modo que tenga una reflectividad solar total superior al 90 %. Esto puede lograrse en parte mediante la inclusión de pigmentos ópticamente activos en el recubrimiento que, preferiblemente, promueven la reflectancia solar sin aumentar la absorción de luz visible.

Los pigmentos ópticamente activos pueden incluir dióxido de titanio rutilo (TiO_2).

Según otras realizaciones, el pigmento ópticamente activo puede comprender dióxido de silicio (SiO_2) o hidróxido de cerio ($\text{Ce}(\text{OH})_3$).

5 Rellenos

Puede incluirse un relleno inorgánico para diversos fines, como la extensión del pigmento y el aumento de la emisividad térmica. Es preferible que los pigmentos no aumenten la absorción de la radiación solar. Según diversas realizaciones, la carga puede comprender carbonato de calcio (CaCO_3), caolín calcinado ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) o talco (por ejemplo, silicato de magnesio hidratado [$\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$ o $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$]).

Según otra realización, puede utilizarse un relleno de alto brillo, como el silicato alumínico de sodio, para aumentar la reflectividad solar total.

15 Agente de curado - sales metálicas cocurativas

Según una disposición, el recubrimiento puede comprender una sal metálica. En particular, los cationes metálicos polivalentes, como Zn^{2+} , Ca^{2+} y Mg^{2+} pueden aumentar la viscosidad de los recubrimientos de silicato de metal alcalino (y los recubrimientos de siloxano) y disminuir el tiempo de curado. Pueden añadirse para obtener una solución de dos partes. La solubilidad de la sal metálica añadida determina la vida útil del recubrimiento. Por ejemplo, las sales metálicas muy solubles, como el sulfato de magnesio (MgSO_4), reaccionarán fácilmente con el recubrimiento de silicato de metal alcalino (o el recubrimiento de siloxano) y reducirán sustancialmente la vida útil. Las sales preferidas incluyen el óxido de zinc (ZnO), el estearato de zinc ($\text{C}_{36}\text{H}_{70}\text{O}_4\text{Zn}$), el ortofosfato de trimagnesio ($\text{Mg}_3\text{O}_8\text{P}_2$), el óxido de magnesio (MgO) y el carbonato de magnesio (MgCO_3).

La referencia a la "vida útil" del recubrimiento debe entenderse en el sentido convencional de los sistemas de recubrimiento de dos componentes o multicomponentes que se curan mediante una reacción química. Estos sistemas suelen constar de un componente base (a menudo denominado "Parte A") y un componente catalizador o endurecedor (a menudo denominado "Parte B"). Cuando estos componentes se mezclan, se inicia una reacción química que dará lugar al curado del recubrimiento. En términos prácticos, el término "vida útil" puede considerarse como el tiempo que transcurre desde la combinación de los componentes del recubrimiento hasta el momento en que el recubrimiento mezclado deja de ser utilizable. Se suele considerar que la vida útil es el tiempo que un sistema de recubrimiento mezclado (catalizado) conserva una viscosidad lo suficientemente baja como para aplicarse a una superficie (aunque esto no es estrictamente cierto).

Estos materiales pueden combinarse para hacer un recubrimiento de silicato de dos partes con propiedades autolimpiantes que se adhiere fuertemente al aluminio y proporciona la flexibilidad suficiente necesaria para aplicarse en conductores que se envuelven alrededor de tambores cilíndricos. El cocurador a base de zinc es importante tanto en la parte A como en la parte B para permitir un curado rápido y la formación de películas insolubles. La siguiente sección demuestra cómo se comparan los índices de autolimpieza con la acumulación de suciedad en superficies blancas.

Índices de autolimpieza frente a la deposición de carbono elemental

Cuando el carbono negro (BC) se deposita sobre una superficie blanca, absorbe fuertemente la luz incidente, disminuye la reflectancia solar y degrada el aspecto estético. Este aumento de la absorbancia se traduce en un aumento de la temperatura de la superficie, lo que significa una reducción de la potencia de refrigeración de este tipo de recubrimientos fotónicos. Para mantener la potencia de refrigeración en este escenario, será necesario eliminar el carbono negro.

Los conductores según diversas realizaciones pueden ensuciarse con materia particulada (PM) como el hollín que es un carbono elemental (EC). Un método sencillo y no destructivo para medir la cantidad de carbono elemental en una superficie es medir su blancura (L^*) en relación con su estado limpio, donde $L^* = 0$ es el negro más oscuro y $L^* = 100$ es el blanco más brillante.

Se entenderá que midiendo L^* es posible estimar el grado de limpieza de una superficie. También es posible predecir el rendimiento de un recubrimiento autolimpiante fotocatalítico en diversos lugares del mundo y evaluar su eficacia como método para mantener la reflectividad solar.

60 Metodología

Se compararán dos parámetros para evaluar la eficacia de una capa fotocatalítica de dióxido de titanio (TiO_2): (i) el tiempo necesario para que $8 \mu\text{g cm}^{-2}$ de carbono negro se acumulen en la superficie del recubrimiento; y ii) el tiempo necesario para eliminar $8 \mu\text{g cm}^{-2}$ de carbono negro de la superficie.

El recubrimiento analizado es un recubrimiento de silicato blanco con una concentración de fotocatalizador fijada en

1,6 % en peso.

El tiempo que tardan $8 \mu\text{g cm}^{-2}$ de carbono negro en acumularse en la superficie depende de la concentración media de carbono negro en la atmósfera y de la velocidad de deposición de las partículas.

La velocidad de deposición se rige por el diámetro aerodinámico equivalente ("aed") de la partícula. El carbono negro es un carbono elemental (CE) y se aloja principalmente en las PM_{2,5}.

Las PM_{2,5} son un grupo de partículas con un diámetro aerodinámico equivalente ("aed") $\leq 2,5 \mu\text{m}$ y la velocidad de deposición correspondiente para partículas de este tamaño es de $1,89 \times 10^{-4} \text{ ms}^{-1}$.

La concentración media de carbono negro en la atmósfera puede cambiar rápidamente en un área pequeña, con concentraciones máximas junto a carreteras muy transitadas y zonas industriales.

La concentración también varía mucho con la hora del día, la temperatura y la humedad. Los datos utilizados a continuación se han tomado como media anual y, en la medida de lo posible, en varios sitios de la ciudad o el país.

La concentración de carbono negro en Singapur, Delhi, Londres y Gante se encuentra en la literatura.

Las demás concentraciones de carbono negro a las que se hace referencia a continuación se estimaron a partir de las concentraciones de PM_{2,5} combinadas con los datos recogidos por la Surface PARTICulate mAtter Network ("SPARTAN").

SPARTAN recopila datos sobre la composición de las PM_{2,5} en diferentes entornos de todo el mundo utilizando un muestreador de filtro (TEFLON (RTM) y NUCLEOPORE (RTM)) y un nefelómetro.

Según los datos de SPARTAN, la fracción media de carbono negro en PM_{2,5} era del 11,9 % ($\pm 8,2$ %). Se estableció una tasa de deposición y luego se escaló para obtener un tiempo total de acumulación de $8 \mu\text{g cm}^{-2}$ de carbono negro.

La concentración de carbono negro en la atmósfera está fuertemente correlacionada con la industria y la densidad del tráfico automovilístico más que con la ubicación, por lo que se puede adoptar un enfoque más generalizado de este problema y se han calculado las siguientes estimaciones: (i) rural $1,2\text{-}1,7 \mu\text{g m}^{-3}$; (ii) ciudades pequeñas $2,4\text{-}3,0 \mu\text{g m}^{-3}$; y (iii) ciudades grandes $4,6\text{-}7,9 \mu\text{g m}^{-3}$.

Para una concentración fotocatalítica fija de dióxido de titanio (TiO₂), el tiempo necesario para eliminar $8 \mu\text{g cm}^{-2}$ de carbono negro depende principalmente de la intensidad de la luz que incide sobre la superficie, ya que ésta impulsa el proceso fotocatalítico.

La intensidad de la luz variará de un lugar a otro. La radiación solar total acumulada en una superficie horizontal por año natural para cada uno de los lugares procedía del proyecto POWER (Prediction of Worldwide Energy resources) de la NASA. Estos datos eran una media de los últimos 10 años, siempre que los datos lo permitían. En el caso de los países, la cifra de radiación solar total acumulada se obtuvo promediando los datos solares de cada ciudad importante del país.

Los datos de radiación solar acumulados se utilizaron después para calcular una tasa de recuperación de la superficie, que es una estimación de la tasa a la que la limpieza fotocatalítica recupera la blancura de la superficie (L*) por día. Para ello, se multiplicó la insolación solar media en cada lugar por un escalar, denominado factor de automantenimiento efectivo ("SM"). El factor de automantenimiento ("SM") es un escalar que representa el cambio total de color (L*) por $8 \mu\text{g cm}^{-2}$ de carbono negro normalizado por la correspondiente irradiación solar total (es decir, el producto de la intensidad solar y la duración de la irradiación) en el entorno de estudio. Para el dióxido de titanio (TiO₂) fotocatalítico al 1,6 % en peso con una carga de carbono negro de $8 \mu\text{g cm}^{-2}$, el factor de automantenimiento resultó ser de $1,9 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ h}^{-1} \text{ W}^{-1}$.

A continuación, se utilizó la tasa de recuperación de la superficie para calcular el número total de días necesarios para recuperar completamente la blancura superficial (L*) perdida por una superficie manchada con $8 \mu\text{g cm}^{-2}$ de carbono negro.

Para un 1,6 % en peso de dióxido de titanio (TiO₂) se observó que la pérdida de L* era de 11,2.

Resultados

Ubicación	Deposición de $8 \mu\text{g cm}^{-2}$ BC (días)	Recuperación superficial de $8 \mu\text{g cm}^{-2}$ BC (días)
Singapur	1814	15
Delhi	471	14
*Dubai	968	12

*Arabia Saudí	392	11
*Pekín	557	18
Londres	1339	25
*Brasil	2745	14
*Sudáfrica	1328	12
*Australia	5881	12
*China	792	17
Gante	1376	24
*EAU	722	12

Tabla 6

*Nota: No se dispone de datos empíricos sobre el carbono elemental (CE). En su lugar, se estimó utilizando un porcentaje global (11,9 %) de datos empíricos de PM_{2,5} con el porcentaje procedente del proyecto Surface Particulate mAtter Network ("SPARTAN").

Para los lugares evaluados, el tiempo medio de recuperación de la superficie es aproximadamente 100 veces más rápido que la tasa de deposición de 8 µg cm⁻² de carbono negro.

Por consiguiente, un 1,6 % en peso de óxido de titanio fotocatalítico (TiO₂) en silicato actuará como una capa autolimpiante muy eficaz para las condiciones estándar a las que probablemente se enfrenten los recubrimientos.

Ejemplo 1A no fotocatalítico

El siguiente ejemplo se refiere a una composición de recubrimiento base no fotocatalítica.

Se fabricó un recubrimiento fotónico inorgánico de base acuosa de dos partes que comprendía una primera composición (parte A) y una segunda composición (parte B).

La primera composición (parte A) comprendía: (i) silicato potásico (BETOLIN (RTM) K35, Wollner GmbH, Ludwigshafen) 68,3 p.b.p.; (ii) dióxido de titanio rutilo (TiO₂) con un tamaño medio de partículas de 500 nm 20 p.b.p.; (iii) caolín calcinado (Al₂O₃.2SiO₂) 7,4 p.b.p.; (iv) talco (por ejemplo, silicato de magnesio hidratado [H₂Mg₃(SiO₃)₄ o Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂] 9,6 p.b.p.; (v) estearato de zinc (C₃₆H₇₀O₄Zn) 0,3 p.b.p.; y (vi) óxido de zinc (ZnO) 0,2 p.b.p.

La segunda composición (parte B) comprendía: (i) agua 56,7 p.b.p.; (ii) hidroxietilcelulosa (CH₂CH₂OH) 0,6 p.b.p.; (iii) ortofosfato de trimagnesio (Mg₃O₂P₂) 9,4 p.b.p.; (iv) carbonato de magnesio (MgCO₂) 6 p.b.p.; y (v) óxido de zinc (ZnO) 2,3 p.b.p..

Se entenderá que "p.b.p." se refiere a "partes en peso" y puede utilizarse para indicar la proporción relativa de componentes que deben incluirse en cada composición.

Los reactivos se mezclaron en ese orden en dos vasos de precipitados separados. A continuación, se mezclaron en una proporción de 1:1 y se agitaron con un mezclador de alta velocidad hasta conseguir una dispersión uniforme.

Cabe señalar que este ejemplo no es fotocatalíticamente activo, ya que no se incluyeron nanopartículas fotocatalíticamente activas en esta formulación.

Sin embargo, como formulación de base, se realizaron las siguientes pruebas: (i) acabado del recubrimiento; (ii) ensayo de curvatura del mandril; y (iii) acabado del recubrimiento. Los resultados se presentan en la Tabla 7.

No fotocatalítico Ejemplo 1 B

El siguiente ejemplo se refiere a una composición de recubrimiento base no fotocatalítica.

Se fabricó un recubrimiento fotónico inorgánico de base acuosa de dos partes que comprendía una primera composición (parte A) y una segunda composición (parte B).

La primera composición (parte A) comprendía: (i) silicato potásico (BETOLIN (RTM) K35, Wollner GmbH, Ludwigshafen) 68,3 p.b.p.; (ii) dióxido de titanio rutilo (TiO₂) con un tamaño medio de partículas de 500 nm 20 p.b.p.; (iii) caolín calcinado (Al₂O₃.2SiO₂) 7,4 p.b.p.; (iv) talco (por ejemplo, silicato de magnesio hidratado [H₂Mg₃(SiO₃)₄ o Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂] 9,6 p.b.p.; (v) estearato de zinc (C₃₆H₇₀O₄Zn) 0,3 p.b.p.; y (vi) óxido de zinc (ZnO) 0,2 p.b.p.

La segunda composición (parte B) comprendía: (i) agua 56,7 p.b.p.; (ii) hidroxietilcelulosa (CH₂CH₂OH) 0,6 p.b.p.; (iii) ortofosfato de trimagnesio (Mg₃₀O₂P₂) 9,4 p.b.p.; (iv) carbonato de magnesio (MgCO₂) 6 p.b.p.; (v) óxido de zinc (ZnO) 2,3 p.b.p.; y (vi) aditivo de emulsión de látex acrílico 40 % sólidos 3,5 p.b.p.

Los reactivos se mezclaron en ese orden en dos vasos de precipitados separados. A continuación, se mezclaron en una proporción de 1:1 y se agitaron con un mezclador de alta velocidad hasta conseguir una dispersión uniforme.

5 Cabe señalar que este ejemplo no es fotocatalíticamente activo, ya que no se incluyeron nanopartículas fotocatalíticamente activas en esta formulación.

Sin embargo, como formulación de base, se realizaron las siguientes pruebas: (i) acabado del recubrimiento; (ii) ensayo de curvatura del mandril; y (iii) acabado del recubrimiento. Los resultados se presentan en la Tabla 7.

10 Ejemplo 1C no fotocatalítico

El siguiente ejemplo se refiere a una composición de recubrimiento base no fotocatalítica. Se fabricó un recubrimiento fotónico inorgánico de base acuosa de dos partes que comprendía una primera composición (parte A) y una segunda composición (parte B).

La primera composición (parte A) comprendía: (i) silicato potásico (BETOLIN (RTM) K35, Wollner GmbH, Ludwigshafen) 68,3 p.b.p.; (ii) dióxido de titanio rutilo (TiO_2) con una granulometría media de 500 nm 20 p.b.p.; (iii) caolín calcinado ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) 7,4

20 p.b.p.; (iv) talco (por ejemplo, silicato de magnesio hidratado [$\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$ o $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$] 9,6 p.b.p.; (v) estearato de zinc ($\text{C}_{36}\text{H}_{70}\text{O}_4\text{Zn}$) 0,3 p.b.p.; (vi) óxido de zinc (ZnO) 0,2 p.b.p.

La segunda composición (parte B) comprendía: (i) agua 56,7 p.b.p.; (ii) hidroxietilcelulosa ($\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) 0,6 p.b.p.; (iii) ortofosfato de trimagnesio ($\text{Mg}_3\text{O}_2\text{P}_2$) 9,4 p.b.p.; (iv) carbonato de magnesio (MgCO_2) 6 p.b.p.; (v) óxido de zinc (ZnO) 2,3 p.b.p.; y (vi) aditivo de emulsión de látex acrílico 40 % sólidos 7,55 p.b.p.

Los reactivos se mezclaron en ese orden en dos vasos de precipitados separados. A continuación, se mezclaron en una proporción de 1:1 y se agitaron con un mezclador de alta velocidad hasta conseguir una dispersión uniforme.

30 Cabe señalar que este ejemplo no es fotocatalíticamente activo, ya que no se incluyeron nanopartículas fotocatalíticamente activas en esta formulación.

35 Sin embargo, como formulación de base, se realizaron las siguientes pruebas: (i) acabado del recubrimiento; (ii) ensayo de curvatura del mandril; y (iii) acabado del recubrimiento. Los resultados se presentan en la Tabla 7.

Ejemplo 1 D no fotocatalítico

40 El siguiente ejemplo se refiere a una composición de recubrimiento base no fotocatalítica.

Se fabricó un recubrimiento fotónico inorgánico de base acuosa de dos partes que comprendía una primera composición (parte A) y una segunda composición (parte B).

45 La primera composición (parte A) comprendía: (i) silicato potásico (BETOLIN (RTM) K35, Wollner GmbH, Ludwigshafen) 68,3 p.b.p.; (ii) dióxido de titanio rutilo (TiO_2) con un tamaño medio de partículas de 500 nm 20 p.b.p.; (iii) caolín calcinado ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) 7,4 p.b.p.; (iv) talco (por ejemplo, silicato de magnesio hidratado [$\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$ o $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$] 9,6 p.b.p.; (v) estearato de zinc ($\text{C}_{36}\text{H}_{70}\text{O}_4\text{Zn}$) 0,3 p.b.p.; y (vi) óxido de zinc (ZnO) 0,2 p.b.p.

50 La segunda composición (parte B) comprendía: (i) agua 56,7 p.b.p.; (ii) hidroxietilcelulosa ($\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) 0,6 p.b.p.; (iii) ortofosfato de trimagnesio ($\text{Mg}_3\text{O}_2\text{P}_2$) 9,4 p.b.p.; (iv) carbonato de magnesio (MgCO_2) 6 p.b.p.; (v) óxido de zinc (ZnO) 2,3 p.b.p.; y (vi) aditivo de emulsión de látex de polidimetilsiloxano ("PDMS" ($\text{C}_2\text{H}_6\text{OSi}$)_n) con 40 % de sólidos 3,5 p.b.p.

Los reactivos se mezclaron en ese orden en dos vasos de precipitados separados. A continuación, se mezclaron en una proporción de 1:1 y se agitaron con un mezclador de alta velocidad hasta conseguir una dispersión uniforme.

55 Cabe señalar que este ejemplo no es fotocatalíticamente activo, ya que no se incluyeron nanopartículas fotocatalíticamente activas en esta formulación.

60 Sin embargo, como formulación de base, se realizaron las siguientes pruebas: (i) acabado del recubrimiento; (ii) ensayo de curvatura del mandril; y (iii) acabado del recubrimiento. Los resultados se presentan en la Tabla 7.

Ejemplo 1 E no fotocatalítico

65 El siguiente ejemplo se refiere a una composición de recubrimiento base no fotocatalítica.

Se fabricó un recubrimiento fotónico inorgánico de base acuosa de dos partes que comprendía una primera

composición (parte A) y una segunda composición (parte B).

La primera composición (parte A) comprendía: (i) silicato potásico (BETOLIN (RTM) K35, Wollner GmbH, Ludwigshafen) 68,3 p.b.p.; ii) dióxido de titanio rutilo (TiO_2) con un tamaño medio de partículas de 500 nm 20 p.b.p.; iii) caolín calcinado ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) 7,4 p.b.p.; (iv) talco (por ejemplo, silicato de magnesio hidratado [$\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$ o $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$]) 9,6 p.b.p.; (v) estearato de zinc ($\text{C}_{36}\text{H}_{70}\text{O}_4\text{Zn}$) 0,3 p.b.p.; y (vi) óxido de zinc 0,2 p.b.p.

La segunda composición (parte B) comprendía: (i) agua 56,7 p.b.p.; (ii) hidroxietilcelulosa ($\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) 0,6 p.b.p.; (iii) ortofosfato de trimagnesio ($\text{Mg}_3\text{O}_2\text{P}_2$) 9,4 p.b.p.; (iv) carbonato de magnesio (MgCO_3) 6 p.b.p.; (v) óxido de zinc (ZnO) 2,3 p.b.p.; y (vi) aditivo de emulsión de látex de polidimetilsiloxano ("PDMS" ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OSi}$) $_n$) con 40 % de sólidos 7.55 p.b.p.

Los reactivos se mezclaron en ese orden en dos vasos de precipitados separados. A continuación, se mezclaron en una proporción de 1:1 y se agitaron con un mezclador de alta velocidad hasta conseguir una dispersión uniforme.

Cabe señalar que este ejemplo no es fotocatalíticamente activo, ya que no se incluyeron nanopartículas fotocatalíticamente activas en esta formulación.

Sin embargo, como formulación de base, se realizaron las siguientes pruebas: (i) acabado del recubrimiento; (ii) ensayo de curvatura del mandril; y (iii) acabado del recubrimiento. Los resultados se presentan en la Tabla 7.

Resultados - aplicación, adherencia y acabado/flexibilidad del recubrimiento

Los ejemplos 1A-1E detallados anteriormente se sometieron a las siguientes pruebas.

Ensayo de doblado con mandril Las muestras se doblaron alrededor de un mandril cilíndrico de 6 mm. Si el recubrimiento se agrietaba y se desprendía de la muestra de aluminio, se consideraba un fallo.

Ensayo de adherencia en cruz La adherencia de las muestras al aluminio se comprobó mediante un ensayo de adherencia en cruz.

Acabado del recubrimiento: La usabilidad general del recubrimiento se calificó de "Suspendo", "Aceptable" o "Aprobado" según el número de defectos del recubrimiento y la facilidad de aplicación del mismo.

Ejemplo	Aplicación	Adhesión	Acabado del recubrimiento/flexibilidad
1C	Aprobado	4A	Suspendo
1B	Aprobado	4A	Suspendo
1E	Pobre	4A	Suspendo
1D	Aprobado	4A	Aprobado
1A	Aprobado	4A	Aprobado

Tabla 7

Esto demuestra que, si bien los aditivos de látex acrílico pueden mejorar la reología y la facilidad de uso del recubrimiento, en general vician las propiedades mecánicas del mismo. Los aditivos de la emulsión de PDMS (($\text{C}_2\text{H}_5\text{OSi}$) $_n$) deben minimizarse por debajo del 5 % en peso para garantizar que no se produzcan efectos significativos sobre la facilidad de uso o la flexibilidad.

Composiciones de recubrimiento fotocatalítico

La sección anterior demostró que era factible obtener recubrimientos flexibles con alta reflectancia solar para el aluminio. En la siguiente sección se describen variantes de formulación para incorporar capacidades fotocatalíticas dentro de la capa de silicato.

Ejemplo de referencia 2

Se preparó un recubrimiento de base acuosa mezclando dos composiciones.

La primera composición (parte A) comprendía: (i) silicato potásico (BETOLIN (RTM) K35, Wollner GmbH, Ludwigshafen) 26 p.b.p.; ii) dióxido de titanio fotocatalítico (TiO_2) (DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25) 15 p.b.p.; iii) sílice coloidal (SiO_2) (LUDOX (RTM) SK, Grace GMBH and Co) 18 p.b.p.; iv) carbonato cálcico (CaCO_3) 5 μm 30 p.b.p.; v) aluminosilicato sódico ($\text{AlNa}_{12}\text{SiO}_5$) 1,5 p.b.p.; y vi) estabilizador 1,5 p.b.p.

La segunda composición (Parte B) comprendía: (i) agua 70,4 p.b.p.; (ii) hidroxietilcelulosa ($\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) 0,6 p.b.p.; (iii) carbonato de magnesio (MgCO_3) 9,2 p.b.p.; (iv) óxido de magnesio (MgO) 4,6 p.b.p.; y (v) óxido de zinc (ZnO) 2 p.b.p.

Los reactivos o composiciones se mezclaron en el orden indicado anteriormente en dos vasos de precipitados separados. A continuación, el contenido de los dos vasos se mezcló en un recipiente de 1 : 1 y se mezcló con una batidora de alta velocidad hasta conseguir una dispersión uniforme.

Ejemplo de referencia 3

Se preparó un recubrimiento de base acuosa mezclando dos composiciones.

La primera composición (parte A) comprendía: (i) silicato potásico (BETOLIN (RTM) K35, Wollner GmbH, Ludwigshafen) 26 p.a.v.; ii) dióxido de titanio (TiO_2) fotocatalítico (DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25) 15 p.a.v.; iii) sílice coloidal (SiO_2) (LUDOX (RTM) SK, Grace GMBH and Co) 18 p.a.v.; iv) caolín calcinado ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) 12 p.a.v.; v) talco (por ejemplo, silicato de magnesio hidratado) [$\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$ o $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$] 18 p.b.p.; (vi) aluminosilicato de sodio ($\text{AlNa}_{12}\text{SiO}_5$) 1.5 p.b.p.; y (vii) estabilizador 1.5 p.b.p.

La segunda composición (parte B) comprendía: (i) agua 70,4 p.b.p.; (ii) hidroxietilcelulosa ($\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) 0,6 p.b.p.; (iii) ortofosfato de trimagnesio ($\text{Mg}_3\text{O}_2\text{P}_2$) 9,2 p.b.p.; (iv) carbonato de magnesio (MgCO_3) 4,6 p.b.p.; y (v) óxido de zinc (ZnO) 2 p.b.p.

Los reactivos o composiciones se mezclaron en el orden indicado anteriormente en dos vasos de precipitados separados. A continuación, el contenido de los dos vasos se mezcló en un recipiente de 1 : 1 y se mezcló con una batidora de alta velocidad hasta conseguir una dispersión uniforme.

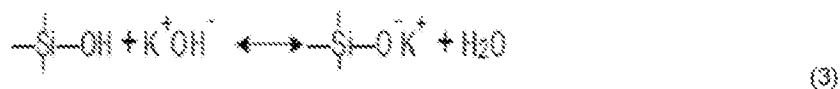
En el Ejemplo de referencia 2 y el Ejemplo de referencia 3, la alta reflectividad solar se consigue con volúmenes relativamente altos o % en peso de dióxido de titanio (TiO_2) (DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25) o equivalente y otros materiales de alto brillo, incluido el aluminosilicato de sodio ($\text{AlNa}_{12}\text{SiO}_5$). Estos ejemplos combinan las propiedades de recubrimiento del Ejemplo 1 A con propiedades fotocatalíticas para proporcionar un recubrimiento duradero y autolimpiable para líneas aéreas de refrigeración. Una vez aplicado el recubrimiento, la película o la mezcla a un conductor eléctrico, el recubrimiento, la película o la mezcla se deshidratan o secan preferentemente. Según una realización preferida, el conductor y el recubrimiento aplicado se curan preferiblemente térmicamente.

Anteriormente se han dado ejemplos de diversas composiciones en dos partes. Sin embargo, de acuerdo con varias realizaciones adicionales de la presente invención, los componentes necesarios para proporcionar el recubrimiento o película 401 pueden proporcionarse en una única composición que se forma o mezcla y luego se rocía o pinta sobre el conductor 400.

Por consiguiente, aunque se prefiera un kit de dos partes, no es esencial proporcionar los diversos componentes que forman el recubrimiento único en un kit de varias partes. En su lugar, todos los componentes pueden suministrarse en una única mezcla.

Revestimientos inorgánicos de silicato de metales alcalinos al agua

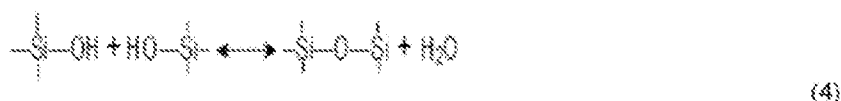
Según varias disposiciones divulgadas, el recubrimiento o mezcla que se proporciona sobre el conductor eléctrico puede comprender un aglutinante inorgánico que menos preferentemente comprende un aglutinante de silicato de metal alcalino a base de agua. Los recubrimientos de silicato a base de agua incluyen un anión silicato estabilizado por un catión de metal alcalino como se muestra en la Ecuación. 3 abajo:



La ecuación 3 ilustra el equilibrio entre grupos silanol (Si-OH) no disociados y un anión silicato (Si-O^-) estabilizado por metales alcalinos

El catión de metal alcalino puede ser sodio, potasio o litio, creando silicato de sodio, silicato de potasio o silicato de litio.

Los recubrimientos acuosos anteriores pueden curarse mediante una reacción de condensación en la que los aniones de silicato se condensan para formar una cadena de siloxano y producir agua, como se muestra a continuación:



La ecuación 4 muestra el equilibrio entre dos grupos silanol y un enlace siloxano, con agua como subproducto.

La eliminación total del agua es deseable para que el polímero de silicato se forme por completo, es decir, el equilibrio debe dirigirse completamente hacia la derecha. Sin la eliminación total del agua, la película podría resolubilizarse y el recubrimiento podría degradarse.

Los recubrimientos pueden ser autocurados mediante la adición de cationes metálicos divalentes y/o pueden ser postcurados con ácido fosfórico diluido. Las películas secas pueden ayudarse añadiendo cationes metálicos divalentes como Mg^{2+} y Ca^{2+} . Los recubrimientos resultantes son estables a la humedad a temperatura ambiente.

La película o recubrimiento de silicato de metal alcalino puede curarse. El recubrimiento puede someterse a un proceso de curado térmico escalonado durante varias horas. El proceso de curado térmico puede durar entre 4 y 24 horas. La película o recubrimiento de silicato metálico alcalino puede curarse térmicamente durante un periodo de < 1 hora, 1-2 horas, 2-3 horas, 3-4 horas, 4-5 horas, 5-6 horas, 6-7 horas, 7-8 horas, 8-9 horas, 9-10 horas, 10-11 horas, 11-12 horas, 12-13 horas, 13-14 horas, 14-15 horas, 15-16 horas, 16-17 horas, 17-18 horas, 18-19 horas, 19-20 horas, 20-21 horas, 21-22 horas, 22-23 horas, 23-24 horas o > 24 horas.

El proceso de curado térmico puede disponerse para deshidratar la película de silicato o el recubrimiento inorgánico que incluye un agente fotocatalítico autolimpiante.

El proceso de curado térmico puede comprender un proceso de curado por etapas para deshidratar la película de forma incremental y hacer que el recubrimiento, la película o la mezcla se solidifiquen o endurezcan de otro modo.

La temperatura final de curado puede estar entre 50-80 °C. Por ejemplo, la temperatura de curado final puede estar comprendida entre 50-60 °C, 60-70 °C o 70-80 °C. En particular, si el recubrimiento se aplica a un conductor que tiene una temperatura máxima de funcionamiento de 80 °C, la temperatura de curado final puede ser ≤ 80 °C, ≤ 90 °C o ≤ 100 °C.

Según otras disposiciones, la temperatura de curado final puede estar comprendida entre 150 y 250 °C. Por ejemplo, la temperatura final de curado puede estar comprendida entre 150-160 °C, 160-170 °C, 170-180 °C, 180-190 °C, 190-200 °C, 200-210 °C, 210-220 °C, 220-230 °C, 230-240 °C o 240-250 °C. En particular, si el recubrimiento se aplica a un conductor que tiene una temperatura máxima de funcionamiento de 250 °C, entonces la temperatura de curado final puede disponerse para que sea ≤ 250 °C, ≤ 260 °C, ≤ 270 °C, ≤ 280 °C, ≤ 290 °C o ≤ 300 °C.

El recubrimiento de silicato que se aplica a los conductores según diversas disposiciones puede tener una larga vida útil debido a su naturaleza puramente inorgánica, que hace que la degradación por los rayos UV y la exposición atmosférica general sea muy limitada.

El recubrimiento inorgánico de silicato que incluye un agente fotocatalítico también es particularmente eficaz como capa autolimpiante que mantiene el recubrimiento sustancialmente blanco a un alto nivel de blancura durante un largo período de tiempo.

Ejemplo de referencia 4

Se preparó un recubrimiento de base acuosa mezclando dos composiciones. La primera composición (parte A) comprendía: (i) silicato de potasio (BETOLIN (RTM) 20 K35, Wollner GmbH, Ludwigshafen) 64 p.b.p.; (ii) dióxido de titanio rutilo (500 nm APS) 8 p.b.p.; (iii) dióxido de titanio fotocatalítico (TiO_2) (DEGUSSA (EVONIK) (RTM) P25) 3. (iv) caolín calcinado (Mattex Pro BSF) 1,88 p.b.p.; (v) aluminosilicato de sodio ($AlNa_{12}SiO_5$) 1,5 p.b.p.; y (vi) un estabilizador 1,5 p.b.p.

La segunda composición (Parte B) comprendía: (i) agua 15 p.b.p.; (ii) hidroxietilcelulosa (CH_2CH_2OH) 0,6 p.b.p.; (iii) ortofosfato de trimagnesio (4,5 p.b.p) y (iv) óxido de zinc (ZnO) 2 p.b.p..

Los reactivos o composiciones se mezclaron en el orden indicado anteriormente en dos vasos de precipitados separados. A continuación, el contenido de los dos vasos se mezcló en un recipiente de 1 : 1 y se mezcló con una batidora de alta velocidad hasta conseguir una dispersión uniforme.

Pruebas realizadas en el ejemplo de referencia 4

Se realizaron las siguientes pruebas con el Ejemplo de Referencia 4.

Acabado del recubrimiento : La usabilidad general del recubrimiento se calificó de "Suspenso", "Aceptable" o "Aprobado" según el número de defectos del recubrimiento y la facilidad de aplicación del mismo.

Ensayo de adherencia en cruz La adherencia de la muestra al aluminio se comprobó mediante un ensayo de adherencia en cruz.

Ensayo de doblado con mandril: La muestra se dobló alrededor de un mandril cilíndrico de 6 mm. Si el recubrimiento se agrietaba y se desprendía de la muestra de aluminio, se consideraba un fallo.

- 5 Reflectividad solar. El análisis UV-VIS-NIR se llevó a cabo utilizando un espectrómetro Jasco V670 UWIS-NIR con accesorio de esfera integradora ISN-723. Un accesorio de esfera integradora permitía recoger la radiación difusa (unos 180°) reflejada por la muestra. Se calculó la reflectancia solar total.

- 10 Emisividad térmica. De conformidad con la norma ASTM C 1371-15 Método de ensayo estándar para la determinación de la transmitancia de materiales cerca de la temperatura ambiente utilizando emisómetros portátiles. La emisividad se midió utilizando un emisómetro D & S sin trazabilidad a patrones de referencia como se describe en la cláusula 6.1.5 de la norma. Los resultados corresponden a cinco posiciones distintas de la superficie de la muestra, que luego se han promediado.

- 15 Ciclo actual. Se estableció un circuito con un conductor revestido y otro sin revestir conectados en serie. El conductor era un conductor de aluminio reforzado con acero ("ACSR"). Se insertaron termopares en el núcleo del conductor. Se transmitió un nivel específico de corriente a través del conductor durante 30 minutos, lo que tuvo el efecto de aumentar la temperatura del conductor. A continuación, se dejó enfriar el conductor durante 30 minutos. A continuación, se repitió el proceso y se realizaron ciclos. Esta prueba demuestra un coeficiente de dilatación térmica compatible entre el recubrimiento y el conductor de aluminio.

- 25 Rendimiento de refrigeración exterior. Se conectaron en serie un conductor sin recubrimiento y un conductor con recubrimiento de aluminio reforzado con acero ("ACSR") y se suspendieron a dos metros del suelo con plena exposición a las condiciones meteorológicas. Los conductores se sometieron a una corriente de 200 A y las temperaturas resultantes se registraron cada segundo durante una semana mediante termopares que se insertaron en los núcleos conductores. Esta prueba demostró el rendimiento de refrigeración en el mundo real de los conductores revestidos en comparación con los no revestidos en el Reino Unido durante el mes de mayo.

- 30 Resultados de las pruebas Ejemplo de referencia 4

A continuación se resumen los resultados de las pruebas del ejemplo de referencia 4:

Acabado del recubrimiento	Aprobado
Adhesión cruzada	5B
Ensayo de flexión de Mandel	Aprobado
Reflectancia solar	0,903
Emisividad térmica	0,93

- 35 La figura 12 muestra los resultados de la prueba de ciclos de corriente y muestra que el Ejemplo Inventivo 4 fue particularmente eficaz en la reducción de la temperatura del conductor de aluminio reforzado con acero ("ACSR").

La figura 13 muestra los resultados del ensayo de ciclos de corriente realizado sobre el Ejemplo Inventivo 4 en términos de reducción de temperatura (%) por ciclo.

- 40 La figura 14 muestra los resultados de la prueba de rendimiento de refrigeración exterior realizada con el Ejemplo Inventivo 4.

- 45 La figura 15 muestra la diferencia de reducción de temperatura (%) entre el Ejemplo de Referencia 4 y un conductor sin recubrimiento durante una semana del mes de mayo en el Reino Unido.

Los resultados y pruebas anteriores ilustran que el Ejemplo de Referencia 4 comprende una composición particularmente beneficiosa que, en uso, forma un recubrimiento o película sobre un conductor que es particularmente eficaz para reducir la temperatura del conductor, además de tener propiedades beneficiosas de autolimpieza.

- 50 Composición que comprende aglutinantes de silicato de alquilo a base de disolvente

Los recubrimientos a base de agua que comprenden un silicato de metal alcalino y un agente fotocatalítico que comprende ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ("aps") ≤ 100 nm se han tratado anteriormente con cierto detalle.

- 55 Los recubrimientos a base de agua descritos anteriormente que comprenden un silicato de metal alcalino y un agente fotocatalítico que comprende ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ("aps") ≤ 100 nm han resultado ser particularmente ventajosos en comparación con los recubrimientos convencionales que pueden aplicarse a los conductores aéreos.

- 60

Sin embargo, un problema de los recubrimientos de silicato metálico alcalino a base de agua es que deben curarse térmicamente, por ejemplo a 200-300 °C, para que sean estables a la humedad.

Es evidente que puede no ser deseable el curado térmico de conductores aéreos que sólo pueden estar clasificados hasta una temperatura máxima de funcionamiento de 80 °C. Además, también puede ser indeseable curar térmicamente conductores aéreos que están clasificados para una temperatura máxima de funcionamiento superior de 150-250 °C a una temperatura en el rango de 200-300 °C, es decir, potencialmente también por encima de la temperatura máxima de funcionamiento nominal del conductor.

Como comprenderán los expertos en la materia, someter un conductor de aluminio con una temperatura de funcionamiento máxima de 80 °C a un proceso de curado térmico a alta temperatura en el intervalo de 200-300 °C durante un período de tiempo potencialmente prolongado (4-24 horas) aumenta el riesgo de provocar el recocido del aluminio, con los consiguientes cambios en la estructura cristalina y las propiedades del conductor de aluminio.

También es evidente que, si bien los nuevos conductores aéreos revestidos con un silicato metálico alcalino a base de agua pueden someterse a una etapa de curado térmico como parte del proceso de fabricación, se plantean considerables problemas prácticos y económicos si se pretende reequipar un conductor aéreo existente in situ con una composición que necesita curado térmico para formar un recubrimiento de control de la temperatura para el conductor aéreo. De hecho, se apreciará que en muchas circunstancias será esencialmente impracticable intentar reequipar una gran red de conductores aéreos tratando de curar térmicamente los recubrimientos aplicados a una temperatura de hasta 300 °C durante un período de tiempo de, por ejemplo, hasta 24 horas.

En consecuencia, en virtud de su requisito de altos niveles de curado térmico, las composiciones convencionales a base de agua no son adecuadas para conductores de 80 °C (por ejemplo, ACSR, que representan la mayor parte del mercado) y no son susceptibles de retroadaptación.

Según realizaciones preferidas de la presente invención, se ha desarrollado un recubrimiento de polisiloxano puramente inorgánico que proporciona los niveles necesarios de durabilidad para conductores aéreos sobre el terreno.

Una ventaja significativa de los recubrimientos según diversas realizaciones preferidas es que es posible conseguir una película de siloxano puramente inorgánica mediante el curado por humedad en contraposición al curado térmico.

Los recubrimientos de silicato de alquilo (como el silicato de etilo) se aplican con disolventes y no con agua. Las composiciones según la presente invención forman recubrimientos que se curan únicamente mediante curado por humedad dando como resultado la misma película polimérica que los recubrimientos a base de agua y teniendo las mismas propiedades finales y ventajas sobre otros tipos de recubrimientos.

Los recubrimientos de silicato a base de agua incluyen un anión silicato estabilizado por un catión de metal alcalino como se ha comentado anteriormente con referencia a la Ec. 3.

El catión de metal alcalino puede ser sodio, potasio o litio creando silicato de sodio, silicato de potasio, silicato de litio. Se han descrito anteriormente y pueden utilizarse solos como aglutinantes o combinados. Estos recubrimientos a base de agua se curan mediante una reacción de condensación por la que los aniones de silicato se condensan para formar una cadena de siloxano y producir agua, como se ha comentado anteriormente con referencia a la Ec. 4.

Para que se forme completamente el polímero de silicato es necesario que se elimine toda el agua, es decir, que el equilibrio se desplace completamente hacia la derecha de la Ec. 4. Si no se elimina completamente el agua, la película puede resolubilizarse y el recubrimiento degradarse.

Las películas secas pueden conseguirse mediante la adición de cationes metálicos divalentes como Mg^{2+} y Ca^{2+} . Estos recubrimientos son estables a la humedad a temperatura ambiente. Sin embargo, esta solubilidad de la película de silicato aumenta con la temperatura. Por lo tanto, mientras que los recubrimientos catalizados por cationes metálicos divalentes sin curado térmico mostrarán estabilidad frente a la humedad a temperaturas cercanas a la ambiente, si no están curados térmicamente y la película está sujeta tanto a altas temperaturas (50 °C en adelante) como a altos niveles de humedad, la película se resolverá y desaparecerá.

Es evidente que la estabilidad a la humedad a altas temperaturas es esencial para el recubrimiento de conductores aéreos debido al hecho de que el sustrato, la línea aérea, suele funcionar por encima de los 50 °C. Por consiguiente, cuando hay humedad, ya sea por humedad o por lluvia, el recubrimiento experimenta altas temperaturas y altos niveles de humedad que pueden provocar la disolución del recubrimiento.

El curado de las películas de silicato al agua requiere un proceso de curado por etapas durante varias horas. Lo normal es que dure un mínimo de 4 horas, pero lo ideal es que dure hasta 24 horas. El proceso de curado térmico implica la deshidratación de la película de silicato. Sin embargo, si esto ocurre demasiado rápido, pueden formarse ampollas debido a la rápida evaporación del agua, que puede reaccionar con el carbonato de la película.

Una vez que el recubrimiento se ha ampollado y ha reaccionado con el carbonato, se produce una pérdida sustancial de adherencia y flexibilidad. Para evitarlo, es deseable un curado térmico escalonado durante varias horas con el fin de deshidratar progresivamente la película y evitar la formación de ampollas. Además, la temperatura final de curado también es importante. Por ejemplo, el documento WO 2015/191736 hace referencia a una temperatura de curado final que puede ser de 200 °C en algunas situaciones, de 250 °C en otras y de 325°C en otras más. Las investigaciones llevadas a cabo por los presentes inventores sugieren que una temperatura mínima de 200 °C es deseable para conseguir la plena estabilidad a la humedad de la película.

Sin embargo, este régimen de curado térmico para recubrimientos destinados a conductores aéreos puede resultar problemático. En primer lugar, esto se debe a que una parte importante del mercado de conductores aéreos está formada por conductores que sólo pueden funcionar a 80 °C, es decir, conductores de aluminio reforzado con acero ("ACSR"). El aluminio de estos conductores no está recocido y al llevar este aluminio por encima de los 100 °C durante periodos prolongados puede producirse el recocido. El aluminio recocido tiene una resistencia mecánica sustancialmente menor y, a su vez, es probable que las propiedades fundamentales del conductor se vean comprometidas. Además, tratar de aplicar tales recubrimientos a las líneas in situ plantea una serie de problemas prácticos. En muchos casos no será factible aplicar silicatos de base acuosa a las líneas de transmisión existentes y, a continuación, tratar de curar térmicamente la línea aérea, in situ, a temperaturas superiores a 150 °C durante más de 4 horas y, de hecho, durante periodos de tiempo de hasta 24 horas.

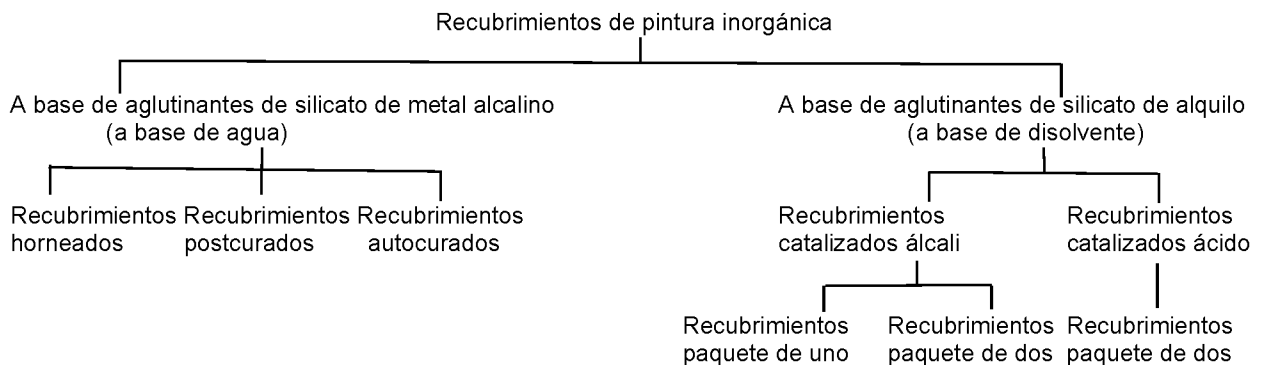
En consecuencia, el requisito de deshidratar completamente la película de silicato metálico alcalino a base de agua mediante el curado a alta temperatura introduce problemas con respecto a los conductores ACSR y los conductores de reequipamiento.

En otros contextos, los recubrimientos de silicato han demostrado tener una vida útil de 50 años. Esto se debe a su naturaleza puramente inorgánica, que hace que la degradación por los rayos UV y la exposición atmosférica en general sea muy limitada. Los recubrimientos con una vida útil tan larga son necesarios para revestir conductores aéreos, ya que las líneas aéreas de transmisión funcionan durante 30 años o más y su renovación es un proceso caro y difícil. A su vez, sigue existiendo la necesidad de un medio para conseguir un recubrimiento fotónico para conductores aéreos, que sea principalmente de silicato inorgánico por naturaleza, pero que no requiera altos niveles de curado térmico.

Se entenderá que la composición de silicato de alquilo a base de disolvente según la presente invención aborda lo anteriormente mencionado y proporciona una solución a ello.

El recubrimiento de silicato inorgánico para conductores aéreos según la presente invención no requiere curado térmico.

Los silicatos inorgánicos existen en dos formas amplias, como se ilustra a continuación:



Los silicatos de metales alcalinos son acuosos. Los silicatos de metales alcalinos incluyen el silicato de potasio, el silicato de sodio, el silicato de litio y sus combinaciones. Estos recubrimientos requieren altos niveles de curado térmico para curarse completamente, ya que los silicatos de metales alcalinos se curan mediante reacciones de condensación. Esto hace que no sean óptimos para conductores que funcionan a temperaturas más bajas y excluye de hecho el uso del recubrimiento con fines de retroadaptación por motivos económicos.

Los recubrimientos pueden autocurarse mediante la adición de cationes metálicos divalentes y postcurarse con ácido fosfórico diluido. Sin embargo, ninguno de estos enfoques da como resultado una película totalmente deshidratada que no se resolverá bajo altas temperaturas y altos niveles de humedad simultáneos.

Los silicatos metálicos alquílicos incluyen un anión silicato estabilizado por un grupo alcoxi, como el silicato de etilo, el silicato de metilo, etc. La variante de recubrimiento más popular es el silicato de etilo. Los silicatos de etilo se hidrolizan con agua en presencia de un catalizador ácido o alcalino para crear una gran capacidad aglutinante. Es muy conveniente hidrolizar el silicato de etilo tratándolo con agua para que pueda formarse un gel a partir del hidrolizado

de silicato de etilo. El silicato de etilo puede catalizarse alcalinamente, mediante el uso de amoníaco, hidróxido de amonio, hidróxido de sodio y algunas aminas.

5 Los silicatos de etilo también pueden catalizarse mediante ácidos, por ejemplo, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido fosfórico y ácido fórmico.

La velocidad de gelificación y la formación de la capa pueden controlarse cuidadosamente mediante la cantidad de agua, la cantidad de ácido y el tamaño del grupo alquilo.

10 El contenido de sílice puede variarse controlando la cantidad de disolvente utilizado en la fase de hidrólisis. Normalmente, los recubrimientos de silicato de etilo se utilizan en combinaciones con altos niveles de polvo de zinc. Esto forma una matriz de polímero de silicato de zinc que es eléctricamente conductora y tiene una durabilidad extrema a la intemperie. El uso principal de estos recubrimientos es la protección galvánica de estructuras de acero.

15 Los aglutinantes de silicato de alquilo, ya sean catalizados por ácido, catalizados por álcali, de uno o dos paquetes, curan por hidrólisis. Esto hace que los recubrimientos sean adecuados para el curado únicamente por humedad. A su vez, se puede conseguir una película inorgánica totalmente curada sin curado térmico. Como resultado, los recubrimientos se adaptan a los conductores ACSR y el recubrimiento puede aplicarse a los conductores in situ como parte de un proceso de retroadaptación. Como resultado, un recubrimiento fotónico para conductores aéreos que
20 utiliza aglutinantes de silicato de alquilo según la presente invención representa un avance significativo en la técnica.

La realización preferida se refiere a una composición que comprende un aglutinante, un disolvente, uno o más agentes ópticos, un agente autolimpiante y, opcionalmente, una o más cargas.

25 Aglutinante

El aglutinante comprende preferentemente aglutinantes de silicato de alquilo. Las resinas de silicato de alquilo adecuadas incluyen los silicatos de metilo y etilo, así como otros silicatos de alquilo. Los grupos alquilo pueden
30 contener hasta ocho átomos de carbono. Pueden emplearse solos o mezclados. Las resinas de silicato de alquilo pueden utilizarse en su forma primaria y son adecuadas para la hidrólisis en diversos grados. Esto puede hacerse mediante la adición de un ácido adecuado, incluyendo ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido fosfórico y ácido fórmico como ejemplos. Por ejemplo, el material de partida para un aglutinante de silicato de etilo es el tetraetil-ortosilicato ("TEOS"). Puede hidrolizarse con alcohol isopropílico, agua y una solución de HCL para formar un aglutinante parcialmente hidrolizado. Como alternativa, se puede utilizar un aglutinante ya preparado, por ejemplo, Silicato S100
35 de Wacker.

Preferiblemente, el aglutinante no es fluorado.

40 El aglutinante puede comprender hexametildisilazano (HMDS), ortosilicato de tetraetilo (TEOS), ortosilicato de tetrametilo (TMOS), metiltrimetoxisilano (MTMS), viniltrimetoxisilano (VTMS), trimetoxifenilsilano, (3-aminopropil)triethoxisilano (APTES), trietoxi(octil)silano (C8-TEOS), 3-(2-aminoetilamino)propildimetoximetilsilano (AEAPS), (3-glicidioxipropil)trimetoxisilano (GPTMS), [3-(metacriloxi)propil]trimetoxisilano (MAPTS), hexadeciltrimetoxisilano, (3-mercaptopropil)trimetoxisilano (MPTMS) o trietoxifenilsilano.

45 La composición de la invención comprende preferentemente de aproximadamente 20 a aproximadamente 80 % en peso, más preferentemente de aproximadamente 30 a aproximadamente 75 % en peso y aún más preferentemente de aproximadamente 35 a aproximadamente 70 % en peso de aglutinante de silicato de alquilo, basado en el peso total de la composición.

50 La composición de la invención contiene preferentemente de aproximadamente 24 a aproximadamente 60 % en peso y más preferentemente de aproximadamente 28 a aproximadamente 55 % en peso de disolvente no acuoso, basado en el peso total de la composición.

55 La composición de la invención puede comprender alternativamente de aproximadamente 40 a aproximadamente 60 % en peso y más preferentemente de aproximadamente 45 a aproximadamente 55 % en peso de disolvente no acuoso, basado en el peso total de la composición.

Agente óptico

60 El agente óptico comprende preferentemente un agente reflectante y/o un agente emisor.

Según la realización preferida, el agente reflectante comprende dióxido de titanio rutilo (TiO₂). El dióxido de titanio rutilo (TiO₂) tiene preferentemente un tamaño medio de partícula ("aps"): (i) ≥ 100 nm; (ii) 100-200 nm; (iii) 200-300 nm; (iv) 300-400 nm; (v) 400-500 nm; (vi) 500-600 nm; (vii) 600-700 nm; (viii) 700-800 nm; (ix) 800-900 nm; y (x) 900-
65 1000 nm.

El dióxido de titanio rutilo (TiO_2) comprende preferentemente partículas sustancialmente esféricas.

Según otra realización, el agente reflectante puede comprender aluminosilicato de sodio ($\text{AlNa}_{12}\text{SiO}_5$), óxido de zinc (ZnO) u óxido de cobre (CuO).

El agente óptico puede comprender un agente reflectante que comprende una carga blanca. El relleno blanco puede comprender: (i) óxido de magnesio (MgO); (ii) óxido de calcio (CaO); (iii) óxido de aluminio (Al_2O_3); (iv) óxido de zinc (ZnO); (v) carbonato de calcio (CaCO_3); (vi) silicato de aluminio (Al_2SiO_5); (vii) caolín ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$); (viii) dióxido de titanio (TiO_2); o (viii) sulfato de bario (BaSO_4).

El agente óptico puede comprender un agente emisor. El agente emisor puede comprender un relleno inorgánico como, por ejemplo: (i) carbonato de calcio (CaCO_3); (ii) caolín calcinado ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$); o (iii) talco (silicato de magnesio hidratado [$\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$ o $\text{Mg}_3\text{SiO}_4(\text{OH})_2$]).

La composición de la invención comprende preferentemente de aproximadamente 5 a aproximadamente 25 % en peso, más preferentemente de aproximadamente 10 a aproximadamente 20 % en peso y aún más preferentemente de aproximadamente 12 a aproximadamente 17 % en peso de agente reflectante, basado en el peso total de la composición.

La composición de la invención comprende preferentemente de aproximadamente 25 a aproximadamente 50 % en peso, más preferentemente de aproximadamente 30 a aproximadamente 45 % en peso y aún más preferentemente de aproximadamente 35 a aproximadamente 40 % en peso de agente reflectante, basado en el peso seco de la composición.

Agente autolimpiante o fotocatalítico

La composición según la realización preferida comprende preferentemente un agente autolimpiante o fotocatalítico que comprende preferentemente ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ("aps") ≤ 100 nm.

La composición de la invención comprende preferentemente de aproximadamente 1 a aproximadamente 5 % en peso, más preferentemente de aproximadamente 2 a aproximadamente 4 % en peso y aún más preferentemente de aproximadamente 2 a aproximadamente 3,5 % en peso de agente fotocatalítico, basado en el peso total de la composición.

La composición de la invención comprende preferentemente de aproximadamente 5 a aproximadamente 20 % en peso, más preferentemente de aproximadamente 6 a aproximadamente 18 % en peso y aún más preferentemente de aproximadamente 8 a aproximadamente 15 % en peso de agente reflectante, basado en el peso seco de la composición.

Rellenos

La composición puede comprender uno o más rellenos como los descritos anteriormente.

Resina auxiliar

La flexibilidad de las resinas de silicato de alquilo puede mejorarse drásticamente mediante la adición de resinas auxiliares que formen parte de la red de polímeros de siloxano. Por consiguiente, según diversas realizaciones, la composición y, en última instancia, el recubrimiento final puede comprender una o más resinas auxiliares.

La flexibilidad es una propiedad clave de los recubrimientos de conductores, tanto en lo que se refiere a su fabricación como a las fuerzas de vibración que experimenta un conductor aéreo en el aire. Los polímeros de silicato constituyen una red altamente reticulada. Esto da lugar a una flexibilidad limitada en comparación con los recubrimientos elastoméricos, por ejemplo, en los que los puntos de enlace cruzado de la red polimérica tienen el potencial de cambiar temporalmente de confirmación sin romper los enlaces. Se contemplan varias realizaciones en las que la composición incluye una o más resinas auxiliares, como un polidimetilsiloxano ("PDMS"), que puede reticularse en la red de siloxano introduciendo cierta elasticidad. La resina auxiliar puede añadirse en un 3%, 5%, 10 %, 15%, 25% o 33% del peso total del aglutinante.

Resultados experimentales

Se realizaron las siguientes pruebas para demostrar el rendimiento de diversos recubrimientos:

Prueba	Descripción
Acabado del recubrimiento	¿Se puede pulverizar y endurecer el recubrimiento sin que se produzcan defectos en el recubrimiento (agujeros de alfiler, ojos de pescado o grietas)? ¿Puede el recubrimiento de silicato

	de etilo curarse completamente según la prueba de fregado con disolvente ASTM D4752?
Adhesión	ASTM D5339. Ensayo normalizado de adherencia cruzada para demostrar la adherencia del recubrimiento a la superficie metálica.
Flexibilidad	Adaptado de ASTM D552. Doblar una placa metálica alrededor de un cilindro de 2,36 mm de diámetro especificado para demostrar la flexibilidad del recubrimiento
Estabilidad térmica	Las muestras se llevaron a 200 °C en un horno durante 5 horas y se dejaron enfriar. Se realizaron pruebas de flexibilidad y adhesión.
Estabilidad a la humedad	Introducción de una muestra metálica en un baño de agua a 90 °C durante 4 días. Realización de pruebas de adherencia tras la exposición.
Ciclo actual	Se colocaron en paralelo 2 fuentes de alimentación programables de CC de 150 A (Kikusui PWX1500L). Secciones de 50 cm de ACSR de conejo se sometieron a 20 ciclos de corriente. Los ciclos fueron de 30 minutos a 300 A y 30 minutos a 0 A. Se colocaron termopares (punta soldada tipo K) en el interior de los conductores y en los conectores. Los datos de temperatura se registraron con un registrador de datos de termopares TC-08 de 8 canales y se trazaron en PicoLog 6. La corriente se controló a distancia mediante el software de control de secuenciación de Kikusui (Wavy) utilizando TeamViewer para acceder a distancia al PC y evitar los cambios de temperatura causados por la convección del personal que se desplazaba cerca del circuito. Esto demuestra un coeficiente de dilatación térmica compatible entre el recubrimiento y el conductor de aluminio.
Rendimiento de refrigeración del conductor	se colocaron en paralelo fuentes de alimentación programables de CC de 2x150 A (Kikusui PWX1500L). Secciones de 2,8 m de Gopher ACSR se energizaron a una corriente constante de 195A (@ 4V) en una plataforma al aire libre. Los conductores revestidos se conectaron en serie con conductores no revestidos. Se colocaron termopares (punta soldada de tipo K) en el interior de los conductores y en los conectores. Los datos de temperatura se registraron con transmisores inalámbricos situados bajo los conductores, que transmitían a un receptor situado en el interior del edificio más cercano. Los datos meteorológicos se registraron con una estación meteorológica Davis Vantage Pro2 y se registraron de forma inalámbrica. La corriente se controló a distancia mediante el software de control de secuenciación de Kikusui (Wavy) utilizando TeamViewer para acceder a distancia al PC y evitar los cambios de temperatura causados por la convección del personal que se desplazaba cerca del circuito. Los datos recogidos permiten comparar la temperatura del conductor revestido según la realización preferida con la del conductor no revestido sometido a corriente constante durante 4 días.

Ejemplo Comparativo # 5

- 5 El Ejemplo comparativo n.º 5 comprende un silicato de metal alcalino a base de agua como el descrito anteriormente. Esta formulación se pulverizó y se dejó curar a temperatura ambiente, sin curado térmico.

Ejemplo Comparativo # 6

- 10 El Ejemplo comparativo n.º 6 comprende un silicato de metal alcalino a base de agua como el descrito anteriormente. Esta muestra se pulverizó y luego se curó térmicamente con incrementos graduales durante 7 horas desde 50 °C hasta 200 °C.

Ejemplo de referencia n.º 7

- 15 El Ejemplo de referencia n.º 7 comprendía una composición a base de disolvente que incluía el aglutinante de silicato de etilo prehidrolizado "Jotun Resist parte A" disponible comercialmente 24 g, dióxido de titanio rutilo 500 nm APS 9 g, caolín calcinado 2 g, silicato de magnesio 2 g, dióxido de titanio anatasa 3 g, disolvente de xileno 0,84 g y 1-metoxi-2-propanol 0,92 g que se mezclaron en un mezclador de alta velocidad y se dispersaron hasta que se formó una composición o recubrimiento uniforme.

- 20 A continuación, se pulverizó la composición o el recubrimiento y se sometió a una humedad relativa elevada (HR% > 60 %) para el curado únicamente por humedad.

Resultados

25		Ejemplo comparativo # 5	Ejemplo comparativo # 6	Ejemplo # 7
	Aplicabilidad	Aprobado	Aprobado	Aprobado
	Adhesión	5B	5B	5B
	Flexibilidad	Aprobado	Aprobado	Aprobado
	Estabilidad térmica	Aprobado	Aprobado	Aprobado
	Estabilidad a la humedad	Suspensión - disolución completa del recubrimiento	Aprobado. Puntuación de adherencia 4B	Aprobado. Puntuación de adherencia 5B

Las pruebas anteriores demuestran la ventaja de ambas: (i) silicatos de metales alcalinos curados térmicamente (ya que la muestra no curada térmicamente se disolvió completamente al introducirla en el baño de agua); y (ii) composiciones que comprenden aglutinantes de silicato de alquilo basados en disolventes.

5 El Ejemplo de Referencia n.º 7 y el Ejemplo Comparativo n.º 6 se sometieron a más pruebas.

Ciclo actual

Ejemplo Comparativo # 6

10 Los resultados para el silicato de metal alcalino a base de agua se muestran en la figura 16A. El enfriamiento medio del conductor fue del 24 %.

Ejemplo de referencia n.º 7

15 Los resultados del Ejemplo de Referencia n.º 7 se muestran en las figuras 16A y 16B. La formulación mostró una reducción media de la temperatura del 34 % en comparación con la muestra sin recubrimiento, lo que representa una mejora respecto al silicato de metal alcalino a base de agua.

20 Rendimiento en pruebas al aire libre

La figura 17 muestra el rendimiento de refrigeración exterior tanto del silicato con base de agua (Ejemplo comparativo n.º 6) como del silicato con base de disolvente (Ejemplo de referencia n.º 7) en comparación con la muestra sin recubrimiento (control).

25 La figura 17 muestra los datos de la instalación al aire libre durante un período de cuatro días para el Ejemplo comparativo n.º 6 (silicato a base de agua), el Ejemplo de referencia n.º 7 (silicato a base de disolvente) y el control (sin recubrimiento).

30 El ejemplo de referencia n.º 7 enfría significativamente el conductor no revestido durante un periodo de cuatro días. Se demuestra hasta un 28 % de enfriamiento mientras se supera constantemente el Ejemplo comparativo n.º 6.

Conclusiones experimentales

35 De acuerdo con la presente invención, se proporciona una composición/recubrimiento novedoso que supera los principales problemas asociados con el uso de silicatos de metales alcalinos a base de agua para revestir conductores aéreos.

40 Los principales problemas incluyen la necesidad de curar térmicamente los silicatos de metales alcalinos a base de agua para conseguir una estabilidad total frente a la humedad. Esto excluye esencialmente el uso de conductores ACSR (sólo aptos para 100 °C) y también significa que el recubrimiento no sería adecuado para reequipar las líneas existentes.

45 La presente invención aborda estos problemas proporcionando un silicato de curado por humedad que no requiere ningún curado térmico para alcanzar la estabilidad. Al tiempo que resuelve los problemas asociados a la necesidad de curado térmico, una composición/recubrimiento de base disolvente según diversas realizaciones de la presente invención también supera a las composiciones/recubrimientos de base acuosa.

50 Será evidente, por lo tanto, que la composición de silicato de alquilo a base de disolvente según la presente invención representa un avance significativo en la técnica.

Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a realizaciones preferidas, los expertos en la materia entenderán que pueden introducirse diversos cambios de forma y detalle sin apartarse del alcance de la invención tal como se expone en las reivindicaciones adjuntas.

55

REIVINDICACIONES

1. Una composición para recubrir un conductor aéreo que comprende:
un agente reflectante que comprenda dióxido de titanio rutilo con un tamaño medio de partícula de ≥ 100 nm,
5 aluminosilicato de sodio ($\text{AlNa}_{12}\text{SiO}_5$), óxido de zinc (ZnO) u óxido de cobre (CuO);
de aproximadamente 1 a aproximadamente 5 % en peso de agente fotocatalítico que comprende ≥ 70 % en peso de
dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de partícula ("aps") ≤ 100 nm;
un disolvente no acuoso; y
10 uno o más aglutinantes de silicato de alquilo.
2. Una composición según la reivindicación 1, en la que el agente reflectante comprende dióxido de titanio rutilo que
tiene un tamaño medio de partícula de ≥ 100 nm.
3. Una composición según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que la composición comprende
15 de aproximadamente un 5 a aproximadamente un 25 % en peso de agente reflectante,
de aproximadamente un 24 a aproximadamente un 60 % en peso de disolvente no acuoso, y
de aproximadamente un 20 a aproximadamente un 70 % en peso de aglutinante de silicato de alquilo.
4. Una composición según la reivindicación 3, en la que la composición comprende
20 de aproximadamente un 10 a aproximadamente un 20 % en peso de agente reflectante,
de aproximadamente un 2 a aproximadamente un 4 % en peso de agente fotocatalítico,
de aproximadamente un 28 a aproximadamente un 55 % en peso de disolvente no acuoso, y
de aproximadamente un 30 a aproximadamente un 60 % en peso de aglutinante de silicato de alquilo.
5. Una composición según cualquier reivindicación anterior, en la que el agente reflectante comprende un relleno
25 blanco, preferentemente en la que el relleno blanco comprende: (i) óxido de magnesio (MgO); (ii) óxido de calcio
(CaO); (iii) óxido de aluminio (Al_2O_3); (iv) óxido de zinc (ZnO); (v) carbonato de calcio (CaCO_3); (vi) silicato de aluminio
(Al_2SiO_5); (vii) caolín ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$); (viii) dióxido de titanio (TiO_2); o (viii) sulfato de bario (BaSO_4).
6. Una composición según cualquier reivindicación anterior, en la que el disolvente comprende xileno, xilol o
30 dimetilbenceno que tiene la fórmula $(\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_5$, tolueno que tiene la fórmula $(\text{CH}_3)\text{C}_6\text{H}_5$, etanol que tiene la fórmula
 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, isopropanol que tiene
la fórmula $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$, 2-etoxietanol que tiene la fórmula $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_4\text{OH}$ o 2-etoxieti acetato que tiene la fórmula
 $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{OC}_2\text{H}_4\text{OC}_2\text{H}_5$.
7. Una composición según cualquier reivindicación anterior, en la que el aglutinante de silicato de alquilo comprende
35 silicato de metilo, silicato de etilo, silicato de propilo, silicato de butilo, silicato de pentilo, silicato de hexilo, silicato de
heptilo o silicato de octilo, preferentemente en la que el aglutinante de silicato de alquilo comprende silicato de n-
propilo, silicato de isopropilo u ortosilicato de butilo.
8. Una composición según cualquier reivindicación anterior, en la que el aglutinante de silicato de alquilo no está
40 fluorado.
9. Una composición según cualquier reivindicación anterior, que comprende además un agente de curado,
45 preferentemente en el que el agente de curado se selecciona del grupo que consiste en: (i) cloruro de zinc (ZnCl_2); o
(ii) cloruro de magnesio (MgCl_2).
10. Una composición según cualquier reivindicación anterior, que comprende además un agente de flexibilidad y/o un
50 agente reológico, preferentemente en la que el agente reológico comprende metilcelulosa, hidroxietilcelulosa,
carboximetilcelulosa, hidroxipropilcelulosa, hidroxietilcelulosa modificada hidrofóticamente, una emulsión hinchable
con álcali, una emulsión hinchable con álcali hidrofóbica, un modificador reológico de uretano etilenoxidado modificado
hidrofóticamente, una organoarcilla, una poliamida o sílice pirógena.
11. Un conductor aéreo recubierto al menos parcialmente con una composición como la reivindicada en cualquier
55 reivindicación precedente, en la que, en uso, la composición se cura para formar un recubrimiento o película sobre al
menos una porción del conductor aéreo, preferentemente en la que el recubrimiento o película tiene un espesor en el
rango de 20 a 120 μm .
12. Un sistema de energía eléctrica o de distribución que comprende uno o más conductores aéreos según la
60 reivindicación 11.
13. Método de recubrimiento o aplicación de una película a un conductor aéreo que comprende:
aplicar una composición según cualquiera de las reivindicaciones 1-10 a al menos una porción de un conductor aéreo;
y
65 permitir que la composición se cure únicamente mediante curado por humedad para formar un recubrimiento o película
sobre al menos una parte del conductor aéreo.

14. Un método según la reivindicación 13, en el que la etapa de permitir que la composición se cure mediante curado por humedad no implica calentar la composición por encima de la temperatura ambiente.

- 5 15. Un kit para formar una composición para recubrir un conductor aéreo que comprende:
una primera parte que comprende: (i) un agente reflectante que comprende dióxido de titanio rutilo con un tamaño
medio de partícula ≥ 100 nm, aluminosilicato de sodio ($\text{AlNa}_{12}\text{SiO}_5$), óxido de zinc (ZnO) u óxido de cobre (CuO); ii) un
agente fotocatalítico que comprende ≥ 70 % en peso de dióxido de titanio anatasa (TiO_2) con un tamaño medio de
partícula ("aps") ≤ 100 nm; y iii) uno o más aglutinantes de silicato de alquilo; y
10 una segunda parte que comprende: (i) un disolvente no acuoso;
en el que, durante el uso, la primera y la segunda parte se mezclan para formar una composición que comprende del
1 al 5 % en peso del agente fotocatalítico, y que se aplica al menos a una parte de un conductor aéreo para formar un
recubrimiento o película sobre al menos una parte del conductor aéreo.

Fig. 1
Técnica anterior

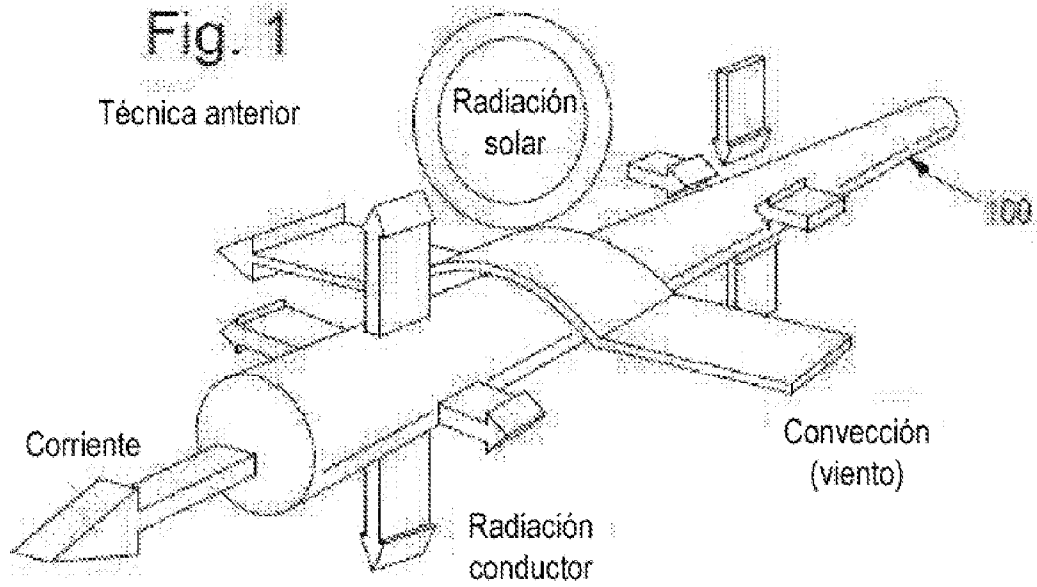


Fig. 2A
Técnica anterior

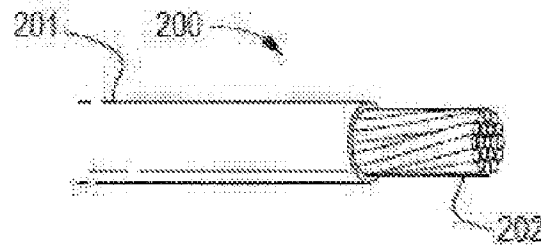


Fig. 2B
Técnica anterior

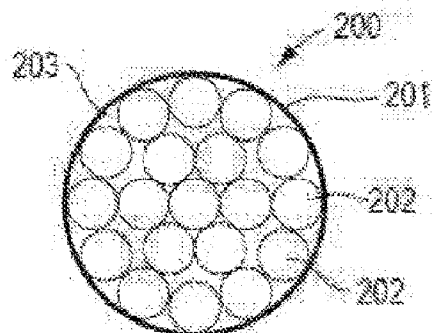


Fig. 3A

Técnica anterior

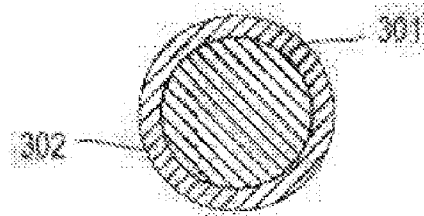


Fig. 3C

Técnica anterior

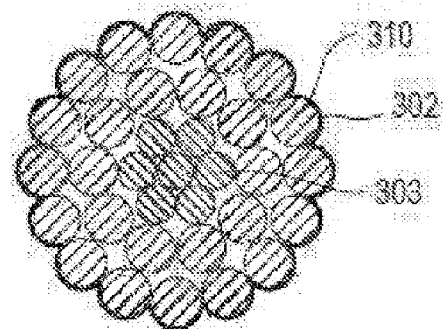


Fig. 3B

Técnica anterior

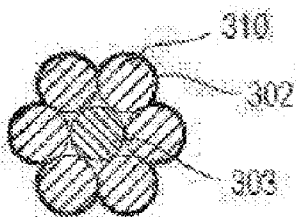


Fig. 3D

Técnica anterior

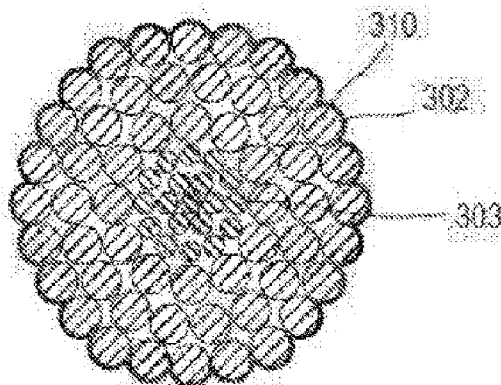


Fig. 4

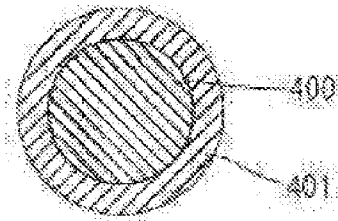


Fig. 5

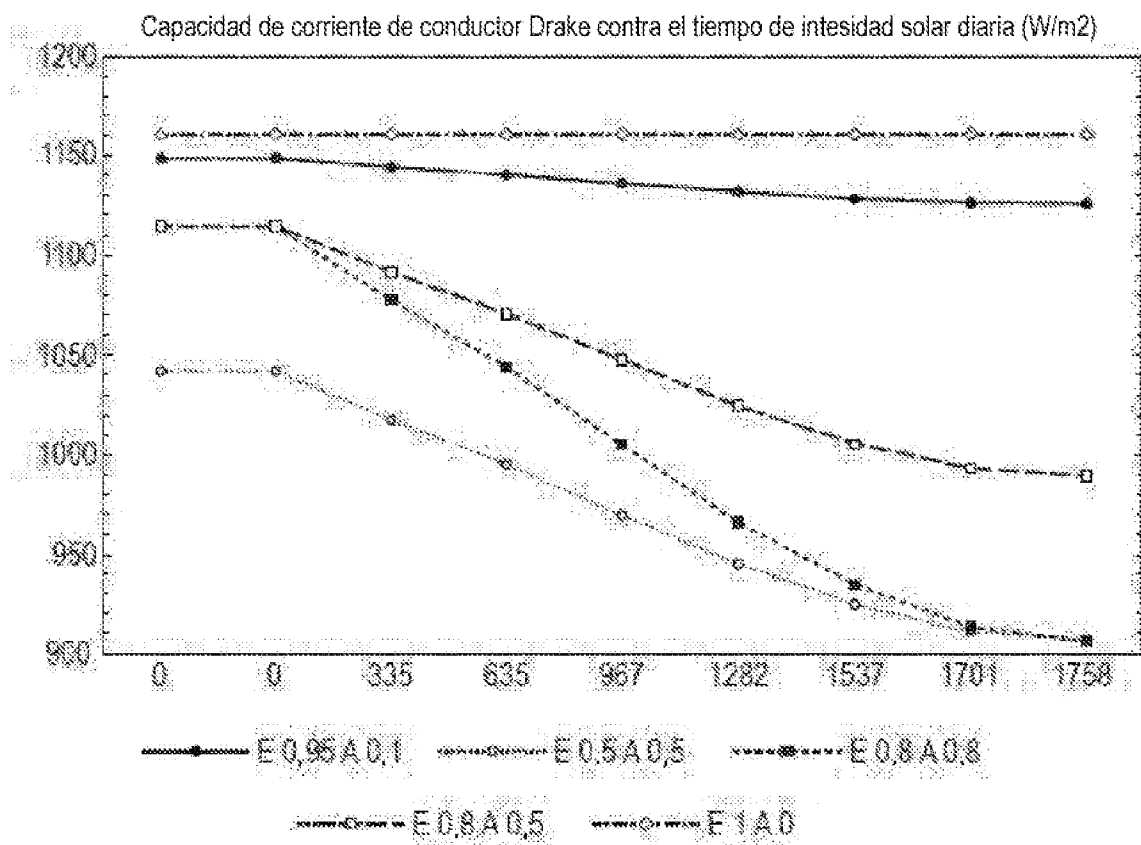


Fig. 6

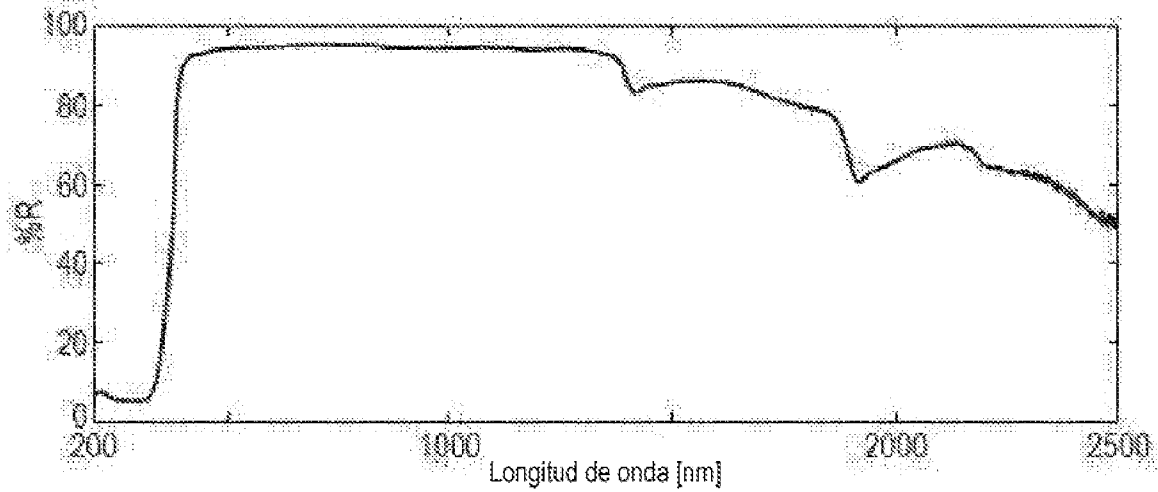


Fig. 7

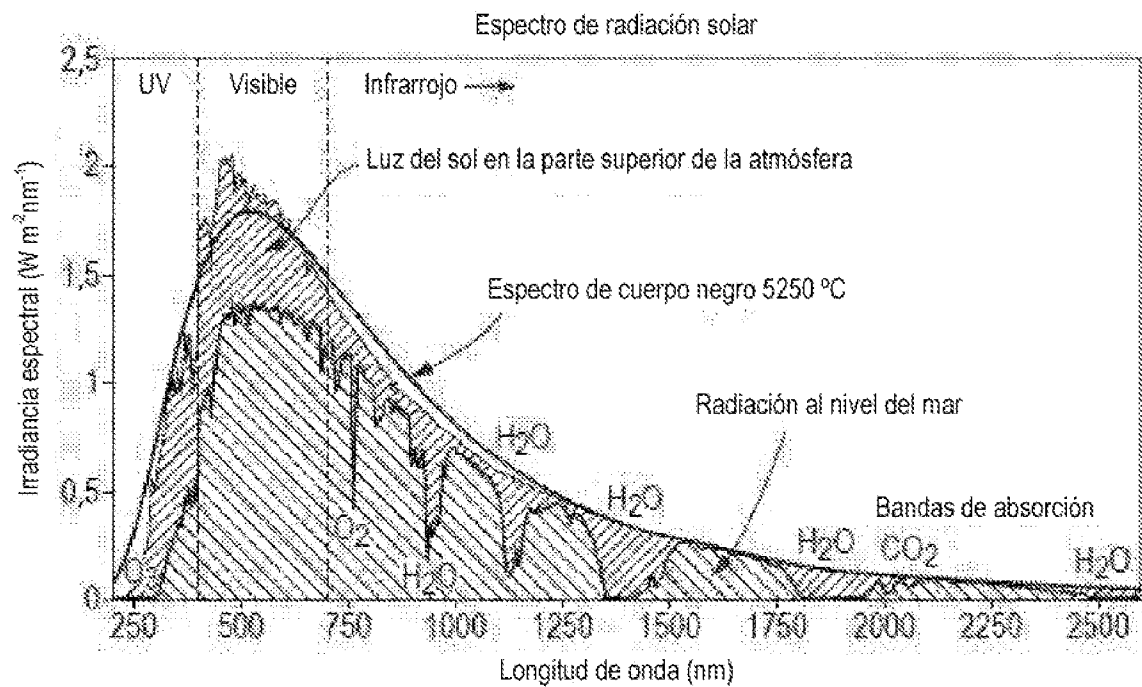


Fig. 8

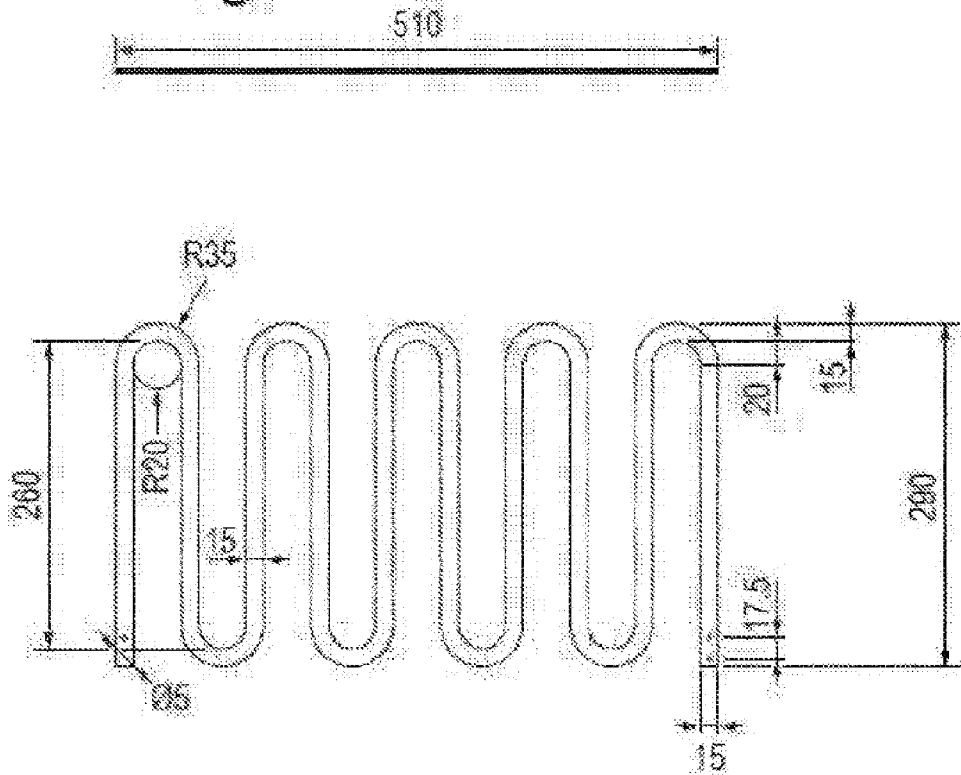


Fig. 9

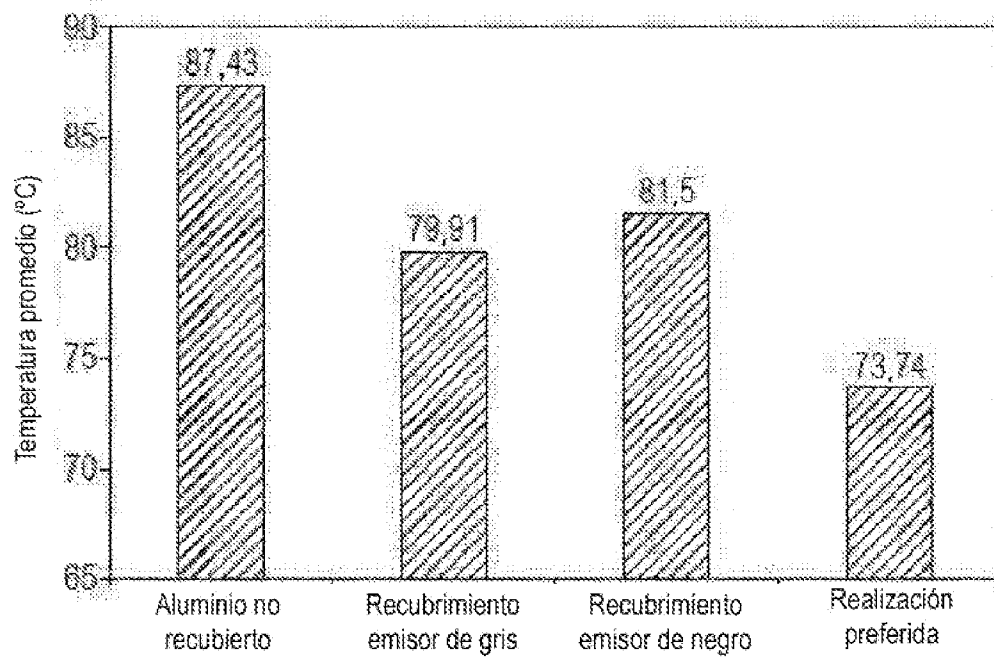


Fig. 10

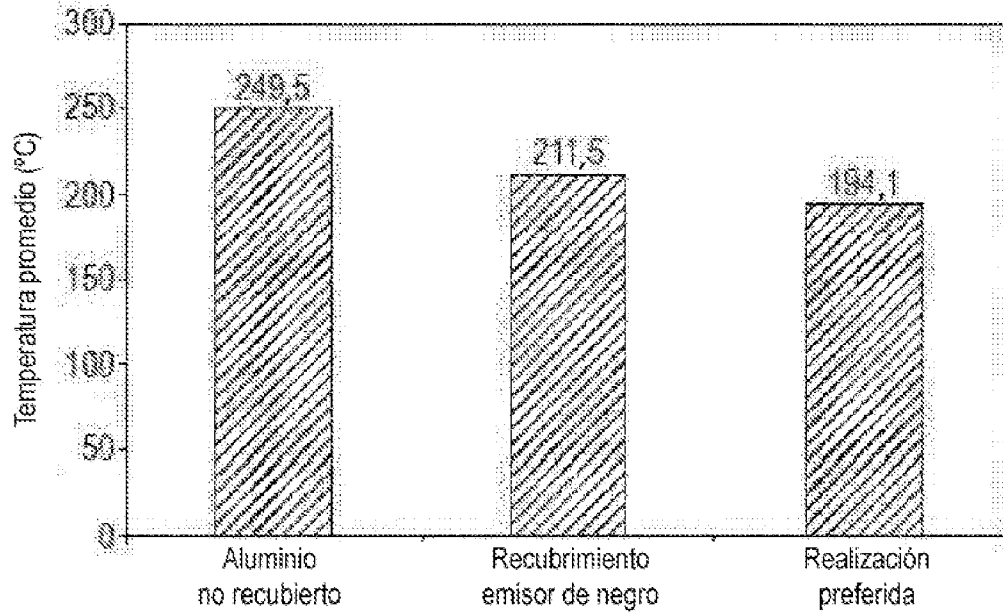


Fig. 11

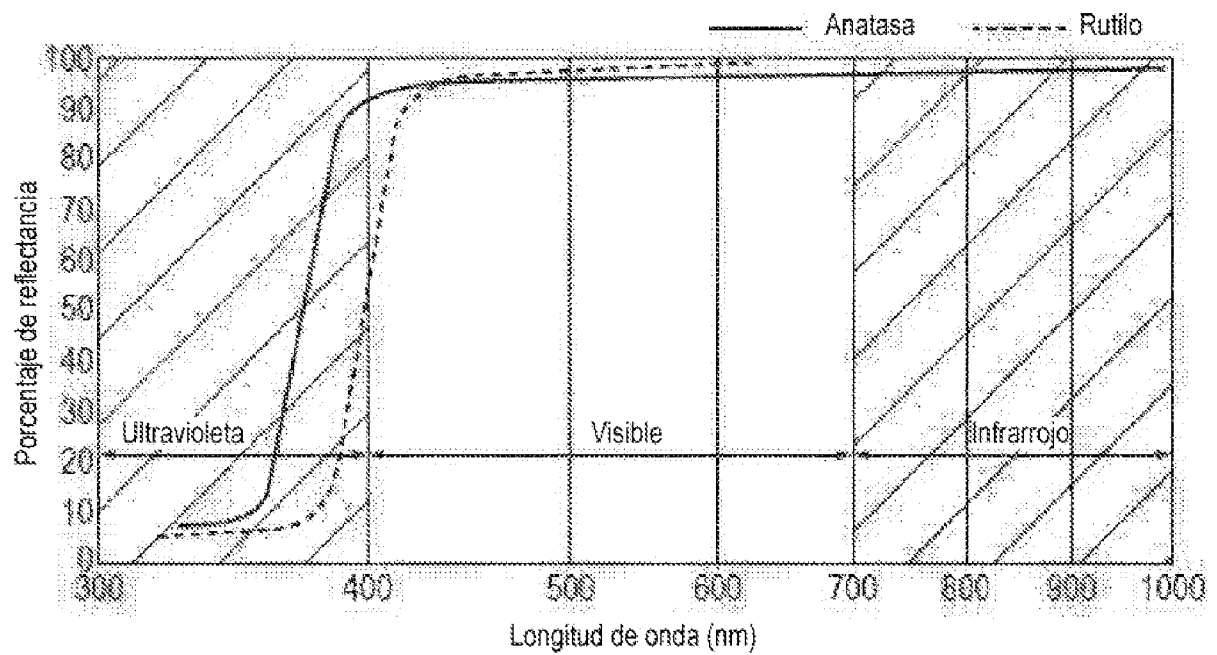


Fig. 12

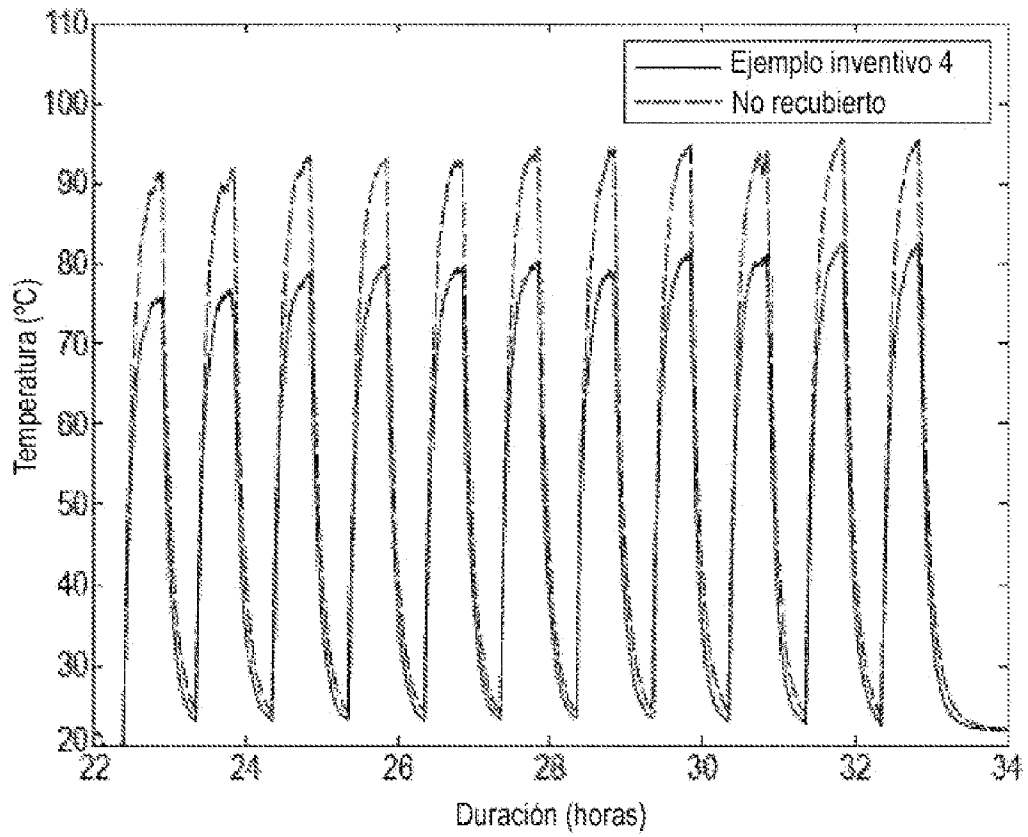


Fig. 13

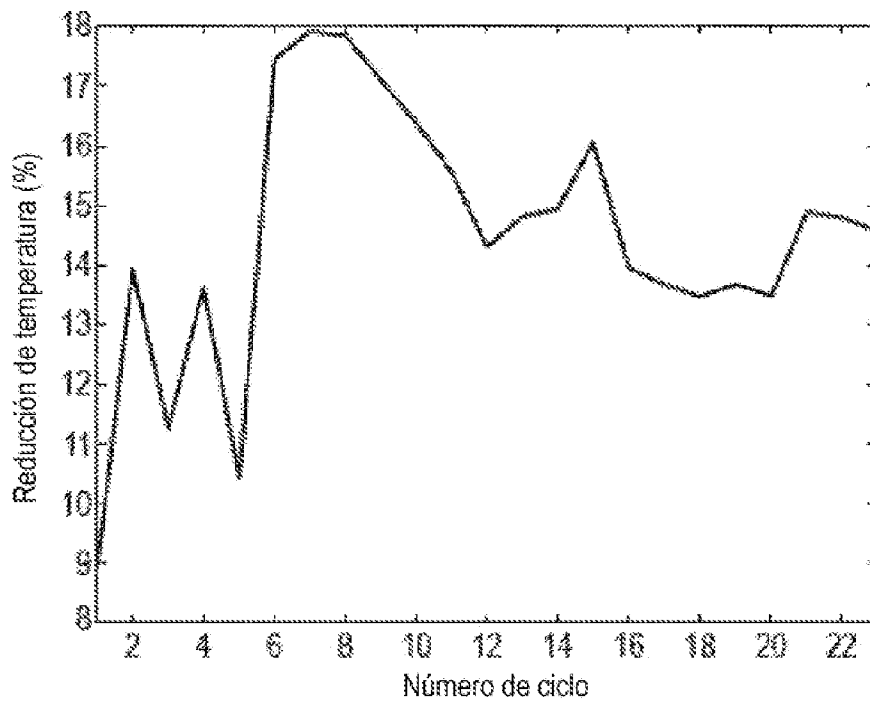


Fig. 14

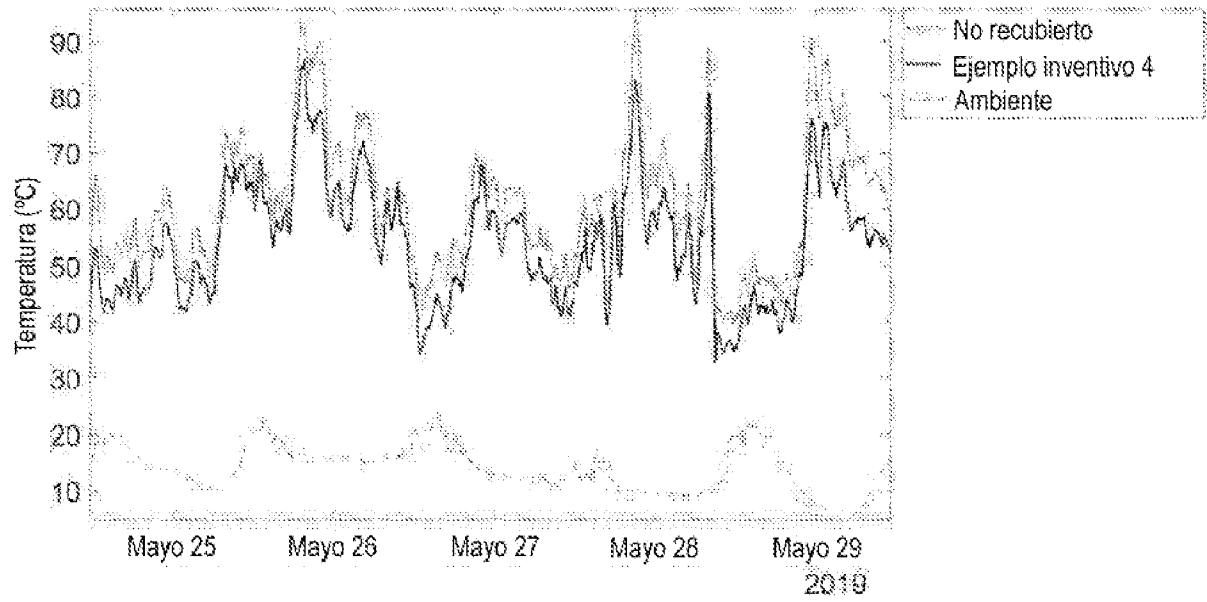
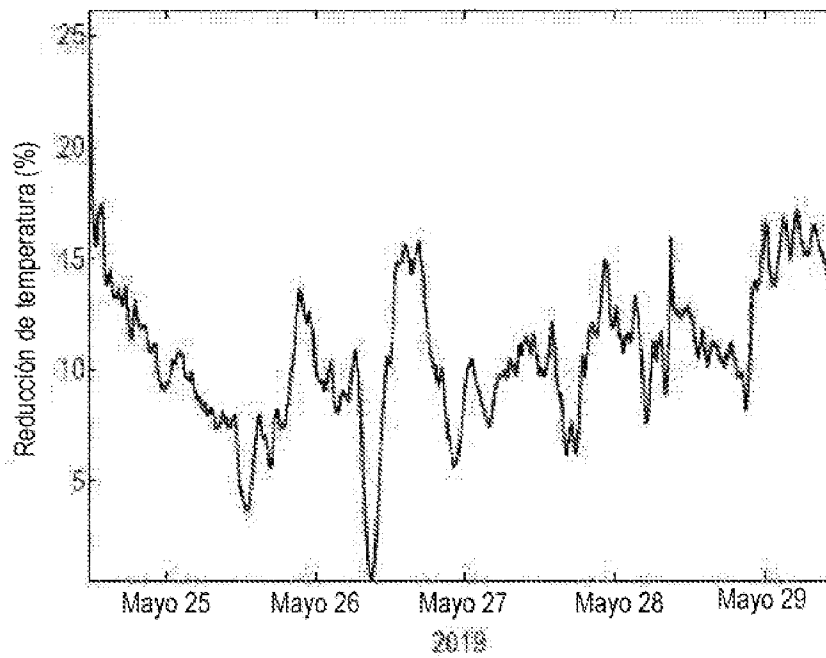


Fig. 15



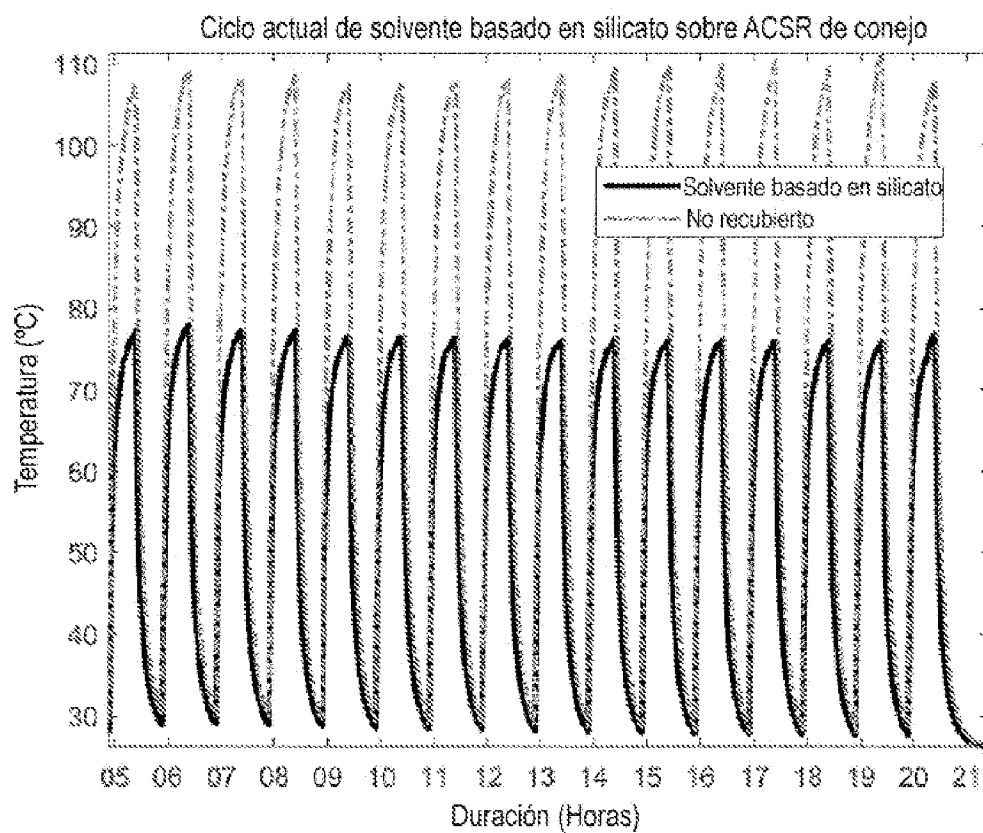


Fig. 16A

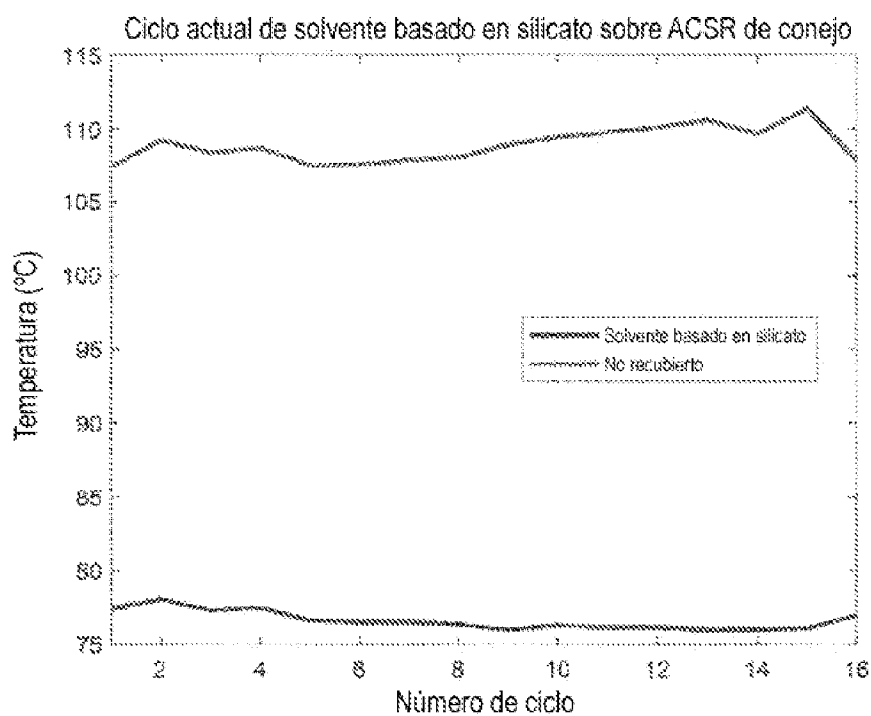


Fig. 16B

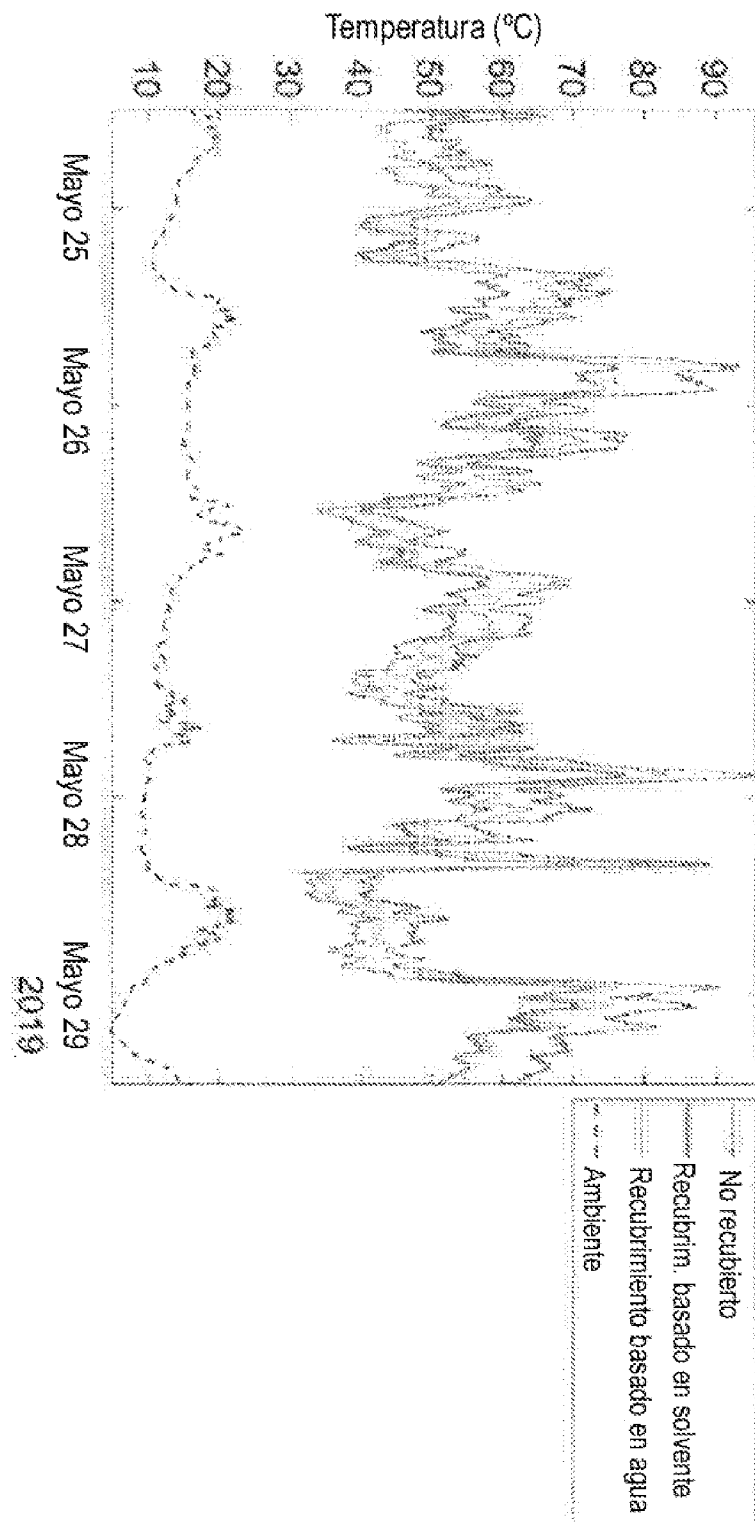


Fig. 17