

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 065**

51 Int. Cl.:

H01B 7/295 (2006.01)

H01B 3/00 (2006.01)

H01B 3/02 (2006.01)

H01B 3/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2021** **E 21214889 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2024** **EP 4020504**

54 Título: **Cable eléctrico de medio voltaje con comportamiento mejorado bajo fuego**

30 Prioridad:

23.12.2020 IT 202000032015

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

24.02.2025

73 Titular/es:

PRYSMIAN S.P.A. (100.00%)
Via Chiese, 6
20126 Milano, IT

72 Inventor/es:

SIRIN, ZEKERIYA;
OZDEMIR, BILAL y
BÜYÜK, SERDAR

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 999 065 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

Cable eléctrico de medio voltaje con comportamiento mejorado bajo fuego

5 Campo de aplicación

[0001] La presente descripción se refiere a un cable eléctrico de medio voltaje con un comportamiento mejorado bajo fuego.

- 10 **[0002]** En particular, la presente descripción se refiere a un cable eléctrico de medio voltaje que no presenta sustancialmente ningún goteo (aparición de gotitas en llamas) cuando se expone a altas temperaturas, por ejemplo en caso de incendio.

Técnica anterior

- 15 **[0003]** Los cables eléctricos utilizados en instalaciones industriales, como por ejemplo plantas terrestres y marinas, o utilizados en infraestructuras públicas, como por ejemplo líneas subterráneas, requieren mantener el funcionamiento de las instalaciones o infraestructuras durante un cierto periodo de tiempo para permitir la evacuación de las personas antes de que se produzca el incendio.

- 20 **[0004]** Debido a la creciente cantidad de equipos que funcionan con electricidad en las instalaciones industriales e infraestructuras públicas, especialmente con medio voltaje, existe la necesidad de disponer de cables eléctricos de medio voltaje resistentes al fuego.

- 25 **[0005]** Típicamente, los cables eléctricos de medio voltaje (MV) comprenden un núcleo y una funda exterior dispuestos en una posición radialmente exterior con respecto al núcleo. El núcleo comprende un conductor, un sistema aislante dispuesto en una posición radialmente exterior con respecto al conductor y una protección conductora dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto al sistema aislante.

- 30 **[0006]** El sistema aislante normalmente incluye una primera capa semiconductor dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto al conductor, una capa aislante dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la primera capa semiconductor y una segunda capa semiconductor dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la capa aislante.

- 35 **[0007]** Los rendimientos resistentes al fuego de un cable eléctrico pueden garantizarse mediante una o más capas de barrera contra incendios proporcionadas, por ejemplo, alrededor y en contacto directo con el conductor, alrededor del núcleo del cable y/o como parte de la funda exterior del cable.

- 40 **[0008]** Por ejemplo, los cables eléctricos MV pueden incluir una capa de barrera contra incendios dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la protección conductora que se interpone entre la protección conductora y la funda exterior.

- 45 **[0009]** En caso de incendio, una capa de barrera contra incendios debe mostrar ciertas propiedades que pueden evaluarse mediante el cumplimiento y la certificación de las normas nacionales y/o internacionales. En particular, las normas de calificación internacionales requieren que los cables eléctricos tengan, en caso de incendio, una propagación de la llama y una producción de humo tóxico limitadas, y una producción baja o nula de gotitas en llamas. Estas normas son cada vez más estrictas en cuanto a las prestaciones que debe tener un cable con el fin de mejorar la seguridad en caso de incendio.

- 50 **[0010]** Un procedimiento para mejorar el comportamiento al fuego de los cables eléctricos, como los cables MV, es proporcionarles un recubrimiento hecho de materiales sin humo y sin halógenos (LSOH - *Low-Smoke and Halogen-Free*) obtenidos a partir de un polímero base (por ejemplo, polietileno y/o copolímeros o derivados de polietileno, opcionalmente reticulados) rellenos con cargas de hidróxidos inorgánicos, como hidróxido de magnesio y/o hidróxido de aluminio.

- 55 **[0011]** Sin embargo, dichos materiales de LSOH solo ayudan a la resistencia al fuego del cable mediante una acción ignífuga y no impiden la formación de gotitas en llamas cuando el cable se expone a altas temperaturas, por ejemplo, en caso de incendio. Además, se requiere un alto contenido de rellenos para obtener propiedades retardantes de llama adecuadas que pueden resultar en una disminución de las propiedades mecánicas del recubrimiento del cable.

- 60 **[0012]** Como resultado, muchos cables eléctricos de MV presentan un rendimiento adecuado en caso de incendio, en particular en relación con la generación de gotitas durante la combustión, por lo que solo obtienen la certificación en clases inferiores de las normas internacionales actuales, por ejemplo, la norma europea EN 50399:2011/A1 (2016), o incluso pueden no cumplir con dicha norma o algunas de ellas.

[0013] El documento WO 2008071237 se refiere a un cable de transmisión de energía provisto de una funda libre de halógeno ignífuga que comprende una capa interior y una exterior. El cable puede ser un cable de medio voltaje que comprende tres conductores y un lecho. El lecho está rodeado por una armadura en forma de trenzas de cobre. La armadura está a su vez rodeada por una funda que comprende una capa interior y una capa exterior. El material polimérico de la capa interior es etileno acetato de vinilo (EVA) y/o etileno acrilato de alquilo y se carga con un relleno ignífugo, por ejemplo, hidróxido de magnesio o hidróxido de aluminio. El material polimérico de la capa exterior es etileno alquil acrilato y se carga con un relleno ignífugo similar a los de la capa interior.

10 **[0014]** El documento US6998536 se refiere a una funda de cable, en particular para un cable de telecomunicaciones, por ejemplo, un cable compuesto por una pluralidad de núcleos de cable rodeados por una funda que comprende al menos una capa interior y una capa exterior. La capa exterior está hecha de una composición ignífuga libre de halógenos que contiene una mezcla de una matriz de polímero y de al menos un aditivo ignífugo. La matriz se elige de un polietileno, un copolímero de etileno (EVA) y una mezcla de los mismos. El aditivo está constituido por un primer y un segundo compuesto inorgánico, el primer compuesto inorgánico se denomina "filosilicato", como una arcilla. Entre tales arcillas, es posible usar montmorillonita, bentonita, beidelita y una mezcla de las mismas. El segundo compuesto inorgánico puede ser un ácido fuerte tal como ácido sulfúrico.

20 **[0015]** El documento US20050045368 se refiere a construcciones de doble capa de alambre y cable no halogenados con altos niveles de retardante de llama útiles como fundas. El cable comprende una capa intumesciente protectora exterior extruida sobre una capa interior de poliolefina retardante de llama no halógena como una capa doble. La cubierta ignífuga interior comprende una resina a base de poliolefina (LLDPE, metaloceno o sitio único) que contiene un aditivo ignífugo no halogenado tal como hidróxido de magnesio. La capa exterior comprende una resina a base de polipropileno que contiene aditivos de relleno intumescentes.

25 **[0016]** El documento US7504451 se refiere a una composición polimérica que comprende un polímero y una combinación de aditivos ignífugos sinérgicos que comprende una nanoarcilla y un segundo relleno. La segunda carga podría ser un retardante de llama conocido tal como trihidróxido de aluminio (ATH - *Aluminum Tri Hydroxide*). Ejemplos de polímeros adecuados incluyen polietilenos tales como EVA. Las composiciones están indicadas para su uso en cables para transmisión eléctrica. El recubrimiento puede ser, por ejemplo, una funda, camisa o aislamiento. Ni el ATH ni la nanoarcilla dieron un carbón lo suficientemente fuerte cuando se usaron por su cuenta. Los resultados demuestran que la única forma de obtener un carácter fuerte es usar ambos juntos.

30 **[0017]** En un aspecto, el documento WO 2005/062315 A1 se refiere a un cable autoextinguible para transportar o distribuir energía eléctrica de medio/ alto voltaje. El cable tiene una capa de recubrimiento semiconductora interior dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a un elemento conductor, una capa de recubrimiento semiconductora exterior dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a un elemento de aislamiento eléctrico, una protección metálica dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a dicha capa de recubrimiento semiconductora exterior, y una capa de recubrimiento exterior dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a dicha protección metálica. La capa de recubrimiento exterior comprende un material ignífugo expandido.

Resumen de la descripción

45 **[0018]** Un objeto principal de la presente descripción es proporcionar un cable eléctrico de medio voltaje (MV) que tenga un rendimiento mejorado contra el fuego, en particular que no gotee sustancialmente (aparición de gotitas en llamas) cuando se expone a altas temperaturas, por ejemplo, en caso de incendio, para cumplir con los requisitos más estrictos para la certificación según las normas internacionales actuales en una clase de dichas normas lo más alta posible.

50 **[0019]** Otro objeto de la presente descripción es proporcionar un cable eléctrico de medio voltaje como el mencionado anteriormente que, además de no presentar sustancialmente ningún goteo bajo el fuego, mantiene buenas propiedades mecánicas y es fácilmente trabajable, particularmente en procedimientos de extrusión.

55 **[0020]** El Solicitante descubrió que un cable eléctrico de MV exhibe propiedades mejoradas bajo el fuego, particularmente goteo nulo bajo el fuego, cuando está provisto de una capa de relleno que rodea e interpenetra dentro de los alambres metálicos de una protección conductora del cable. La capa de relleno está hecha de una composición polimérica elastomérica extruida de baja emisión de halógeno (LSOH) que comprende un polietileno (PE) que tiene una densidad inferior a 0,93 g/cm³ y un hidróxido metálico. Se proporciona una funda exterior hecha de una composición que comprende una mezcla polimérica de etileno acetato de vinilo (EVA) y un polietileno que tiene una densidad inferior a 0,93 g/cm³, a la que se le añade un hidróxido metálico y una arcilla de filosilicato en contacto directo con la capa de relleno.

60 **[0021]** Por consiguiente, la presente descripción se refiere a un cable eléctrico de MV que comprende:

- un conductor;
- una capa semiconductor interna dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto al conductor;
- una capa aislante dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la capa semiconductor interior y en contacto directo con la capa semiconductor interior;
- 5 - una capa semiconductor exterior dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la capa aislante y en contacto directo con la capa aislante;
- una protección metálica de alambre dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la capa semiconductor exterior;
- 10 - una capa de relleno dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la protección metálica de alambre y que se interpenetra dentro de la protección metálica de alambre, la capa de relleno está hecha de una composición elastomérica extruida de bajo nivel de humo cero halógeno (LSOH) que comprende un homopolímero y/o copolímero de polietileno que tiene una densidad inferior a 0,93 g/cm³ y un hidróxido metálico; y
- 15 - una funda exterior dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la capa de relleno y en contacto directo con la capa de relleno, la funda exterior está hecha de una composición de halógeno cero bajo humo (LSOH) que comprende una mezcla polimérica de un polímero EVA y un homopolímero y/o copolímero de polietileno que tiene una densidad inferior a 0,93 g/cm³, la mezcla polimérica está cargada con un hidróxido metálico y una arcilla de filosilicato.

[0022] El Solicitante descubrió que un cable eléctrico de MV provisto de una combinación de una capa de relleno que rodea e interpenetra una protección metálica de alambre y una funda exterior (por ejemplo, la capa más exterior) hecha de las composiciones como se especifica anteriormente, tiene una reacción mejorada al fuego con una ausencia sustancial de goteo durante la combustión que permite que el cable se certifique para pasar estándares de calificación específicos en clases más altas.

[0023] Además, el Solicitante descubrió que la provisión de una capa de relleno que rodea e interpenetra una protección de metal de alambre y una funda exterior como se ha especificado anteriormente permite impartir propiedades mejoradas bajo el fuego, especialmente sin goteo bajo el fuego, al cable sin perjudicar sus propiedades mecánicas, así como facilitar la trabajabilidad del material polimérico que forma la capa de relleno y la funda exterior, especialmente en la fase de extrusión.

Descripción detallada

[0024] A efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, debe entenderse que las palabras "un/una" o "unos/unas" incluyen uno o al menos uno y que el singular también incluye el plural a menos que sea obvio que se quiere decir otra cosa. Esto se hace meramente por conveniencia y para dar una idea general de la descripción.

[0025] Dentro de la presente descripción y de las reivindicaciones subsiguientes, a menos que se indique lo contrario, todos los números que expresan cifras, cantidades, porcentajes y así sucesivamente, deben entenderse como modificados, en todos los casos, por el término «aproximadamente». Además, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos descritos e incluyen cualquier intervalo intermedio en los mismos, que puede o no enumerarse específicamente en los mismos.

[0026] En la presente descripción, debe entenderse que las características técnicas descritas específicamente anteriormente y a continuación pueden combinarse entre sí de cualquier manera, constituyendo realizaciones adicionales de la presente descripción que pueden no describirse específicamente por concisión, pero que se encuentran dentro del alcance de la presente descripción.

[0027] En la presente descripción y reivindicaciones, a menos que se especifique lo contrario, la cantidad de los componentes en las composiciones poliméricas se da como porcentaje en peso sobre el peso total de la composición y/o en phr, donde el término "phr" se utiliza para indicar partes en peso por cada 100 partes en peso del material polimérico base.

[0028] El cable eléctrico según la invención se puede utilizar en particular, pero no exclusivamente, para aplicaciones de media tensión (MT). En la presente descripción y las reivindicaciones adjuntas, como "medio voltaje" se entiende un voltaje de 1 kV a 35 kV.

[0029] El cable de la presente invención es especialmente adecuado para transportar y distribuir corriente eléctrica en instalaciones industriales e infraestructuras públicas.

[0030] Las características y ventajas adicionales de la presente descripción se harán evidentes mediante la siguiente descripción detallada de algunas realizaciones ejemplares de la misma, dicha descripción se proporcionará simplemente a modo de ejemplo no limitativo con referencia a la figura 1 adjunta, donde se muestra una vista esquemática en sección transversal de un cable eléctrico de medio voltaje según la presente descripción.

[0031] En la Figura 1 se muestra un cable eléctrico MV 10 según una realización no limitante de la descripción.

[0032] El cable 10 tiene un núcleo simple que comprende un conductor 11 hecho de un material eléctricamente conductor, por ejemplo, aluminio, cobre o material compuesto de los mismos. El conductor 11 puede tener la forma de una barra sólida o un haz de alambres, por ejemplo, un haz de alambres trenzados. Por ejemplo, el conductor 10 comprende alambres de cobre estañado trenzados y alambres de cobre comprimidos.

[0033] El núcleo puede incluir un único conductor o una pluralidad de conductores, donde cada conductor está rodeado por un sistema aislante (capa semiconductora interior + capa aislante + capa semiconductora exterior) como se describió anteriormente y a continuación.

[0034] El conductor 11 está aislado eléctricamente por un sistema aislante que comprende una capa semiconductora interior 12 dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto al conductor 11 y en contacto directo con el mismo, una capa aislante 13 dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la capa semiconductora interior 12 y en contacto directo con la misma, y una capa semiconductora exterior 14 dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la capa aislante 13 y en contacto directo con la misma.

[0035] La capa semiconductora interior 12 mitiga picos del campo eléctrico dentro del cable 10 al distribuir uniformemente las cargas sobre la superficie del conductor 11. Además, la capa semiconductora interior 12 minimiza la degradación de la capa aislante 13, rellenando los espacios posiblemente formados entre el conductor 11 y la capa aislante 13.

[0036] La capa aislante 13 aísla eléctricamente al conductor 11 del exterior de modo que la corriente no pueda fluir fuera del cable 10.

[0037] La capa semiconductora exterior 14 distribuye uniformemente el voltaje eléctrico dentro del sistema de aislamiento.

[0038] Cada una de las capas 12, 13 y 14 que forman el sistema aislante puede extruirse. En una realización, las capas 12, 13 y 14 que forman el sistema aislante están coextruidas.

[0039] El cable 10 incluye además una protección conductora 15 hecha de alambres metálicos y, en la presente realización, de cinta de aglutinante metálico 15a radialmente exterior a los alambres metálicos y en contacto directo con los mismos. La protección conductora puede estar hecha de cobre, aluminio, una aleación de cobre, una aleación de aluminio o una combinación de ellos.

[0040] Por ejemplo, la protección conductora 15 puede estar hecha de alambres de cobre recocido estañado y una cinta aglutinante de cobre. La protección conductora 15 puede conectar el cable 10 con la tierra.

[0041] El cable 10 incluye además una capa de relleno 16 dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la protección conductora 15, 15a.

[0042] Según la descripción, la capa de relleno 16 está hecha de una composición de LSOH que comprende un polietileno (PE) que tiene una densidad inferior a 0,93 g/cm³ y un hidróxido metálico. La capa de relleno 16 se extruye sobre la protección conductora 15, por ejemplo, mediante extrusión a presión, y entra y llena los espacios entre los alambres metálicos y la cinta de unión metálica 15a de la protección conductora 15.

[0043] El cable 10 incluye además una funda exterior 17 dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la capa de relleno 16 y en contacto directo con la capa de relleno 16. Según la descripción, la funda exterior 16 está hecha de una composición polimérica de bajo contenido de halógeno (LSOH) que comprende una mezcla de un etileno acetato de vinilo (EVA) y un polietileno que tiene una densidad inferior a 0,93 g/cm³, al que se le añade un hidróxido metálico y una arcilla de filosilicato.

[0044] La combinación de la capa de relleno 16 y la funda exterior 17 hecha de las composiciones especificadas anteriormente proporciona una barrera para la propagación del fuego hacia las capas más internas del cable 10 y evita la producción de gotitas en llamas cuando se expone a altas temperaturas, por ejemplo, en caso de incendio.

[0045] En el cable según la presente descripción, la capa semiconductora interior, la capa aislante y la capa semiconductora exterior (en lo sucesivo también denominadas colectivamente "sistema aislante") pueden estar hechas de material polimérico. Materiales poliméricos adecuados incluyen homopolímeros o copolímeros de polietileno, polímeros de polipropileno y mezclas de los mismos.

[0046] Ejemplos de homopolímeros o copolímeros de etileno adecuados para la capa semiconductora interior (12), la capa aislante (13) y la capa semiconductora exterior (14) incluyen homopolímeros y copolímeros de polipropileno, polietileno de densidad media (MDPE), polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de muy baja

densidad (VLDPE), polietileno de densidad ultrabaja (ULDPE), copolímero de etileno con una o más alfa-olefinas que tienen de 3 a 12 átomos de carbono, por ejemplo de 4 a 8 átomos de carbono, como caucho de etileno-propileno (EPR) o polietileno de baja densidad lineal (LLDPE), opcionalmente, que comprende un dieno, tal como copolímero de caucho de etileno/propileno/dieno (EPDM). Ejemplos de las alfa-olefinas son propileno, 1-buteno, 1-hexeno, 4-metil-1-penteno y 1-octeno. El material del sistema aislante se puede reticular, por ejemplo, mediante un agente de reticulación de peróxido.

[0047] Ejemplos de materiales a base de propileno son los materiales a base de propileno descritos en los documentos WO 02/03398, WO 04/066317, WO 04/066318, WO 07/048422, WO11/092533 y WO 08/058572.

[0048] El material de las capas semiconductoras comprende además una cantidad adecuada de un relleno conductor, por ejemplo, negro de humo.

[0049] En la presente descripción y reivindicaciones como "capa semiconductor" se refiere a una capa hecha de un material que tiene propiedades eléctricamente semiconductoras, tal como una matriz polimérica agregada con, por ejemplo, negro de carbón para obtener un valor de resistividad volumétrica, a temperatura ambiente, de menos de 500 Q•m, por ejemplo, menos de 20 Q•m. La cantidad de negro de humo puede oscilar entre el 1 y el 50 % en peso, por ejemplo, entre el 3 y el 30 % en peso, en relación con el peso del polímero.

[0050] En una realización, la capa aislante del cable de la descripción está hecha de un polietileno reticulado (XLPE) o EPR.

[0051] Según la descripción, la capa de relleno está hecha de una composición polimérica de LSOH que contiene un polietileno (PE) que tiene una densidad inferior a 0,93 g/cm³ y un hidróxido metálico.

[0052] Ejemplos de polietileno adecuados para la composición polimérica de la presente capa de relleno son homopolímeros o copolímeros de polietileno como polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de muy baja densidad (VLDPE), polietileno de densidad ultrabaja (ULDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), caucho de etileno-propileno (EPR), caucho de etileno/propileno/dieno (EPDM) o mezclas de los mismos.

[0053] En una realización, el polietileno adecuado para la composición polimérica de la presente capa de relleno tiene una densidad menor que 0,91 g/cm³, por ejemplo, menor que 0,90 g/cm³, medida según ASTM D792-08.

[0054] En una realización, la composición polimérica de la presente capa de carga comprende LLDPE como copolímero de polietileno y un comonomero seleccionado de buteno, hexeno u octeno. El LLDPE según la presente descripción puede ser fabricado por Ziegler-Natta o catalizadores de metaloceno.

[0055] En una realización, la composición polimérica que forma la capa de relleno comprende una mezcla de LLDPE y EPR o EPDM como polímeros base.

[0056] Por ejemplo, el hidróxido metálico se selecciona de entre hidróxido de magnesio, hidróxido de aluminio o una combinación de los mismos. Un ejemplo de hidróxido metálico adecuado para la composición polimérica que forma la capa de relleno del cable es el hidróxido de magnesio, de origen sintético o natural (brucita), opcionalmente tratado en superficie.

[0057] La cantidad de hidróxido metálico, tal como hidróxido de magnesio o hidróxido de aluminio, en la composición polimérica de LSOH que forma la capa de relleno puede ser superior a 400 phr, por ejemplo, de 600 phr a 950 phr.

[0058] En una realización, la composición polimérica de la presente capa de relleno comprende aditivos tales como auxiliares de procesamiento, lubricantes, agentes de acoplamiento y antioxidantes.

[0059] Antioxidantes convencionales que son adecuados para este propósito son, a modo de ejemplo: trimetildihidroquinolina polimerizada, 4,4'-tiobis (3-metil-6-terc-butil) fenol, pentaeritritol tetraquis [3-(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenil) propionato], 2,2'-tio-dietilen-bis- [3-(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenil) propionato] y similares o mezclas de los mismos.

[0060] Auxiliares de procedimiento que se añaden normalmente al polímero base son, por ejemplo, estearato de calcio, estearato de zinc, ácido esteárico, cera de parafina, cauchos de silicona y similares, y mezclas de los mismos.

[0061] Los lubricantes utilizados son, por ejemplo, parafinas de bajo peso molecular, ácido esteárico, estearamida, oleamida, erucamida.

[0062] El agente de acoplamiento se puede utilizar con el objetivo de mejorar aún más la compatibilidad entre

los rellenos inorgánicos como se indicó anteriormente y la matriz polimérica. Este agente de acoplamiento puede seleccionarse entre los conocidos en la técnica, por ejemplo: compuestos de silano saturados o compuestos de silano que contengan al menos una insaturación etilénica; peróxidos o sus mezclas. Como alternativa, pueden utilizarse anhídridos de ácidos monocarboxílicos o dicarboxílicos, opcionalmente injertados en la base polimérica.

5 **[0063]** La capa de relleno de la presente descripción hecha del material LSOH indicado anteriormente se extruye sobre la protección conductora y entra y llena los espacios entre los alambres metálicos y, si están presentes, las bandas metálicas de la protección conductora. De esta manera, la capa de relleno puede ayudar a mantener las propiedades de aislamiento y garantizar el funcionamiento del cable durante el tiempo deseado en caso de incendio
10 al dificultar la propagación del calor hacia las capas más internas del cable.

[0064] Según la descripción, la funda exterior del cable está hecha de una composición de baja emisión de humo y cero halógenos (LSOH) que comprende una mezcla polimérica de EVA y un polietileno que tiene una densidad inferior a 0,93 g/cm³, estando la mezcla polimérica llena de un hidróxido metálico y una arcilla de filosilicato.

15 **[0065]** En una realización, la composición de LSOH que forma la funda exterior está libre de cualquier material intumescente.

[0066] Ejemplos de polietileno adecuados para la composición polimérica de la presente funda exterior son
20 como los enumerados anteriormente para la presente capa de relleno.

[0067] En una realización, el polímero de polietileno en la composición polimérica de la presente funda exterior tiene una densidad inferior a 0,91 g/cm³, medida según ASTM 792-08.

25 **[0068]** En una realización, el polímero de polietileno en la composición polimérica de la presente funda exterior es un LLDPE.

[0069] El polímero de EVA en la composición polimérica que forma la funda exterior del presente cable puede tener un contenido promedio de comonomero de acetato de vinilo de al menos 15 % en peso, por ejemplo, de 15 %
30 en peso y 35 % en peso. En la composición polimérica que forma la presente funda exterior, pueden estar presentes mezclas de EVA que tienen diferente contenido de acetato de vinilo.

[0070] En una realización, la relación entre el polímero de EVA y el polímero de polietileno (homopolímero y/o copolímero de polietileno) en la composición polimérica que forma la funda exterior está en el intervalo de 9:1 a 1:1,
35 por ejemplo, en el intervalo de 8:2 a 6:4.

[0071] En una realización, el hidróxido metálico en la composición polimérica que forma la funda exterior se selecciona de entre hidróxido de magnesio, hidróxido de aluminio, ya sea de origen natural o sintético, o una combinación de los mismos. La cantidad de hidróxido metálico, tal como hidróxido de magnesio o hidróxido de
40 aluminio, puede ser de hasta 190 phr, por ejemplo, de 100 phr a 180 phr.

[0072] La arcilla de filosilicato puede estar comprendida en la composición polimérica que forma la funda exterior del cable en una cantidad de 1 a 15 phr, por ejemplo, en una cantidad de 5 a 13 phr.

45 **[0073]** La arcilla de filosilicato se puede estratificar. La arcilla de filosilicato puede seleccionarse del grupo que consiste en montmorillonita, bentonita, dellita, magadiita, saponita, laponita, sepiolita, atapulgita, hectorita, beidelita, vermiculita, caolinita, nontronita, volkonskoita, estevensita, pirocita, sauconita, keniaita y combinaciones de las mismas.

50 **[0074]** La arcilla de filosilicato puede ser de origen natural o sintética.

[0075] En una realización preferida, la arcilla de filosilicato incluida en la composición polimérica que forma la funda exterior del cable es una montmorillonita o bentonita.

55 **[0076]** La arcilla de filosilicato de la presente composición de la funda exterior se puede modificar químicamente, por ejemplo, mediante salificación con una sal de amonio tal como cloruro de amonio de sebo dimetil-dihidrogenado o cloruro de amonio de sebo dimetil-bencil- hidrogenado. La modificación química por recubrimiento catiónico permite aumentar la compatibilidad de la arcilla de filosilicato con la matriz polimérica.

60 **[0077]** La arcilla de filosilicato de la presente composición de funda exterior puede tener unas dimensiones de tamaño de partícula promedio (tamaño de partícula promedio d₅₀) de 5 a 20 µm.

[0078] En una realización, la composición polimérica de la presente funda exterior comprende aditivos tales como auxiliares de procesamiento, lubricantes, agentes de acoplamiento y antioxidantes, seleccionados entre los
65 ejemplificados anteriormente para la capa de relleno.

[0079] Sin desear limitarse a dicha teoría, los inventores postulan que la arcilla de filosilicato en combinación con el hidróxido metálico permite aumentar significativamente la resistencia del carbón que se forma durante la combustión del material polimérico de la funda exterior, por ejemplo, en caso de incendio. Además, la presencia de una arcilla de filosilicato en la composición polimérica que forma la funda exterior permite reducir la cantidad de hidróxido metálico utilizado en la composición mientras se mantienen las propiedades retardantes de llama deseadas, evitando así que las propiedades mecánicas de la composición polimérica se deterioren y manteniendo una buena trabajabilidad de la composición polimérica que forma la funda exterior en el procedimiento de extrusión.

[0080] Como la funda exterior está en contacto directo con la capa de relleno subyacente, la funda exterior y la capa de relleno se unen entre sí formando un conjunto integral que, en caso de incendio, permite que el material polimérico de la funda exterior quemado permanezca en su lugar y actúe como una barrera para la propagación del fuego dentro del cable. Al mismo tiempo, el material de la funda exterior se carboniza en una materia sustancialmente uniforme y crea una barrera térmica que evita que la temperatura dentro del cable aumente rápida y altamente y que el material polimérico fundido del conjunto integral se mueva, mejorando así la resistencia al goteo del cable.

[0081] Como se muestra en los ejemplos, el Solicitante experimentó que los cables de MV formados usando las composiciones de polímero de la descripción para la capa de relleno y para la funda exterior respectivamente no exhiben producción de gotitas en llamas (goteo) cuando se exponen a altas temperaturas, por ejemplo, en caso de incendio, sin perjudicar otras propiedades de resistencia al fuego probadas relacionadas con la producción y propagación limitada de llamas y humo tóxico, lo que permite que el cable se certifique para pasar los requisitos más estrictos para la certificación de las normas internacionales actuales, como EN 50399:2011/A1 (2016), en clases más altas.

[0082] El cable eléctrico según la presente descripción se puede fabricar con base en técnicas de fabricación de cables conocidas por los expertos en la materia. En particular, el sistema aislante interno, la capa de relleno y la funda exterior del cable de MV según la presente descripción pueden formarse mediante procedimientos convencionales con un espesor elegido para cumplir los requisitos y las necesidades de la aplicación particular del cable.

[0083] La presente descripción se describirá ahora con referencia a los siguientes ejemplos que se proporcionan solamente con fines ilustrativos y, por lo tanto, no han de ser interpretados como limitativos del alcance de la presente descripción de ninguna manera.

Ejemplo 1

[0084] Se preparó una muestra de cable de MV según la descripción (en lo sucesivo denominado Cable A) utilizando un procedimiento de extrusión convencional.

[0085] El cable A tiene una estructura como el cable 10 que se muestra en la Figura 1.

[0086] La capa aislante del cable A fue hecha de EPR.

[0087] La capa de relleno del cable A se fabricó a partir de una composición de polímero LSOH que comprende los componentes y las cantidades relacionadas como se informa en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1

Componente	PHR	% en peso
Base polimérica A1	100	11,5
Hidróxido de magnesio	804	85,3
Aditivos	38	3,2
Base polimérica A1 = copolímero de etileno-octeno (densidad: 0,87 g/cm ³)/polímero de etileno-propileno-dieno (densidad: 0,86 g/cm ³) 85:15. Hidróxido de magnesio = hidróxido de magnesio natural con superficie no tratada y que tiene un tamaño de partícula promedio (d50) de aproximadamente 5 mm.		

[0088] La funda exterior del cable A se fabricó a partir de una composición de LSOH que comprende los componentes y las cantidades relacionadas como se informa en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2

Componente	PHR	% en peso
Base polimérica B 1	34,1	11,6
Base polimérica B2	65,9	22,5
Arcilla de filosilicato	9,9	3,4
Hidróxido de aluminio	170,5	58,2
Aditivos	12,5	4,3

Base de polímero B1 = polietileno lineal de baja densidad (densidad: 0,90 g/cm³).
Base polimérica B2 = etileno acetato de vinilo (contenido de VA: 27 %)/etileno acetato de vinilo (contenido de VA: 19 %) 1:1.
Arcilla de filosilicato = sal de amonio de sebo dimetil-dihidrogenado de montmorillonita (tamaño de partícula 7-9 µm)
Hidróxido de aluminio = hidróxido de aluminio precipitado (sintético) con superficie no tratada y que tiene un tamaño de partícula promedio (d₅₀) de 1 mm.

Ejemplo 2 (Comparativo)

- 5 **[0089]** Se preparó una muestra de un cable de MV comparativo (en lo sucesivo denominado Cable B) utilizando un procedimiento de extrusión convencional.

[0090] El Cable B tiene una estructura como el Cable A del Ejemplo 1.

- 10 **[0091]** Sin embargo, la capa aislante del Cable B estaba hecha de XLPE.

[0092] La capa de relleno del cable B se preparó a partir de una composición de LSOH como se informa en la Tabla 1 anterior.

- 15 **[0093]** La funda exterior del cable B se fabricó a partir de una composición de LSOH que comprende los componentes y las cantidades relacionadas como se informa en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3

Componente	PHR	% en peso
Polímero base C	100	31,5
Hidróxido de magnesio:	204	64,12
Aditivos	13,9	4,38

Base polimérica C = copolímero de etileno-octeno (densidad: 0,88 g/cm³)/polietileno lineal de baja densidad (densidad: 0,91 g/cm³) 1:0,4.
Hidróxido de magnesio = hidróxido de magnesio natural con superficie no tratada y que tiene un tamaño de partícula promedio (d₅₀) de aproximadamente 3-4 mm.

20 Ejemplo 3 (Comparativo)

[0094] Se preparó una muestra de un cable de MV comparativo (en lo sucesivo denominado Cable C) utilizando un procedimiento de extrusión convencional.

- 25 **[0095]** El Cable C tiene una estructura que difiere de la estructura del Cable A del Ejemplo 1 en que la capa de relleno está ausente. Por lo tanto, en el cable C, la funda exterior está en contacto directo con la protección conductora.

[0096] La capa aislante del cable C estaba hecha de XLPE.

- 30 **[0097]** La funda exterior del cable C se hizo a partir de una composición de LSOH que comprende los componentes y las cantidades relacionadas como se informa en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4

Componente	PHR	% en peso
Base polimérica D	100	45,9
Hidróxido de magnesio:	113,3	52,11
Aditivos	4,114	1,9

Base polimérica D = copolímero de etileno-octeno (densidad: 0,88 g/cm³)/ polietileno (densidad: 0,94 g/cm³) 1:0,6.
Hidróxido de magnesio = hidróxido de magnesio natural con superficie no tratada y que tiene un tamaño de partícula promedio (d50) de aproximadamente 3 mm.

Ejemplo 4

5 **[0098]** Se llevaron a cabo pruebas en condiciones de fuego en los cables A a C de los Ejemplos 1-3.

[0099] La configuración utilizada para las pruebas en condiciones de incendio es sustancialmente la especificada en la norma europea EN 50399:2011/A1 (2016) e IEC 61034-2 (2005), que, según la Tabla 4 del Reglamento Delegado (UE) 2016/364 de la Comisión de 1 de julio de 2015, permite determinar, *entre otros*, los
10 siguientes parámetros: Propagación de llama (FS), tasa de liberación de calor (HRR), liberación total de calor (THR), tasa de producción de humo (SPR), producción total de humo (TSP), índice de tasa de crecimiento de fuego (FIGRA) y duración de gotitas en llamas.

[0100] Durante la prueba, todos los cables anteriores se sometieron a una prueba de llama con una fuente de
15 ignición de propano/aire de 20,5 kW durante 20 minutos.

[0101] Los resultados de las pruebas se muestran en la siguiente Tabla 5, donde los cables comparativos B y C están marcados con un asterisco.

20

Tabla 5

Parámetro	Cable A	Cable B*	Cable C*
FS (metros)	0,64	0,79	0,8/0,82
HRR de pico (KW)	24,9	7,2	26,4/30,3
SPR de pico (m ² /s)	0,01	0,01	0,02
THR (MJ)	6,50	4,9	7,2/10,0
TSP (m ²)	5,20	4,3	11,3/13,4
FIGRA (W/s)	26,80	19,4	29,3/38,5
Gotita	d0	d2	d1 / d2
Clase	B2ca,s1,d0	B2ca,s1,d2	B2ca,s1,d1/Cca,s1,d2

[0102] De los resultados anteriores, tanto el cable A según la descripción como el cable comparativo B se calificaron como B2ca (cable de bajo riesgo de incendio) según la Tabla 4 del Reglamento delegado (UE) 2016/364 de la Comisión por tener

25

FS (propagación de llama) ≤1,5 m;

THR (liberación total de calor) ≤15 MJ;

HRR de pico (velocidad de liberación de calor) ≤30 kW;

y

FIGRA (Índice de tasa de crecimiento de incendio) ≤150 W/s.

30

[0103] De manera diferente, el cable C calificó como B2ca o Cca porque el pico de HRR también resultó ser ligeramente superior a 30 kW y ≤ 60 kW.

[0104] Además, todos los cables anteriores calificaron como s1 porque TSP ≤ 50 m² y SPR de pico $\leq 0,25$ m²/s.

[0105] Sin embargo, ambos cables comparativos B y C exhibieron producción de gotitas en llamas y el cable B calificó como d2 (gotitas/partículas en llamas que persisten más de 10 segundos dentro de 1,200 segundos) mientras que el cable C calificó como d2 o d1 (sin gotitas/partículas en llamas que persisten más de 10 segundos dentro de 1,200 segundos).

[0106] Sorprendentemente, el cable A que incluía una capa de relleno y una funda exterior hecha de composiciones según la descripción no exhibió gotitas/partículas en llamas dentro de 1,200 segundos y, por lo tanto, calificó como d0, es decir, en la clase más alta según la Tabla 4 del Reglamento delegado (UE) 2016/364 de la Comisión. Al mismo tiempo, se mantienen las otras propiedades de resistencia al fuego probadas relacionadas con la producción y propagación limitadas de llamas y humo tóxico.

REIVINDICACIONES

1. Un cable eléctrico de medio voltaje (10) que comprende:
 - 5 - un conductor (11);
 - una capa interior semiconductora (12) dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto al conductor (11);
 - una capa aislante (13) dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la capa interior semiconductora (12) y en contacto directo con la capa interior semiconductora (12);
 - 10 - una capa exterior semiconductora (14) dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la capa aislante (13) y en contacto directo con la capa aislante (13);
 - una protección metálica de alambre (15) dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la capa semiconductora exterior (14);
 - una capa de relleno (16) dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la protección metálica de alambre (15) y que se interpenetra dentro de la protección metálica de alambre (15), estando hecha la capa de relleno (16) de una composición elastomérica extruida de halógeno cero con bajo contenido de humo (LSOH - *Low Smoke Zero Halogen*) que comprende un homopolímero y/o copolímero de polietileno que tiene una densidad inferior a 0,93 g/cm³ y un hidróxido metálico; y
 - 15 - una funda exterior (17) dispuesta en una posición radialmente exterior con respecto a la capa de relleno (16) y en contacto directo con la capa de relleno (16), estando hecha la funda exterior (17) de una composición de baja emisión de humo y cero halógenos (LSOH) que comprende una mezcla polimérica de un polímero Eva y un homopolímero y/o copolímero de polietileno que tiene una densidad inferior a 0,93 g/cm³, estando cargada la mezcla polimérica con un hidróxido metálico y una arcilla de filosilicato.
- 25 2. El cable eléctrico (10) según la reivindicación 1, donde la capa semiconductora interior (12), la capa aislante (13) y la capa semiconductora exterior (14) están hechas cada una de un polímero o copolímero de etileno elegido del grupo que consiste en copolímeros de polipropileno, polietileno de densidad media (MDPE), polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de muy baja densidad (VLDPE), polietileno de ultra baja densidad (ULDPE), polietileno de baja densidad lineal (LLDPE), caucho de etileno-propileno (EPR), copolímeros de etileno/propileno/caucho de dieno (EPDM).
3. El cable eléctrico (10) según la reivindicación 1, donde la capa aislante (13) está hecha de un polietileno reticulado o EPR.
- 35 4. El cable eléctrico (10) según la reivindicación 1, donde la composición de LSOH que forma la capa de relleno (16) comprende LLDPE, EPR, EPDM o mezclas de estos.
5. El cable eléctrico (10) según la reivindicación 1, donde la composición de LSOH que forma la capa de relleno (16) comprende un homopolímero y/o copolímero de polietileno que tiene una densidad inferior a 0,91 g/cm³.
- 40 6. El cable eléctrico (10) según la reivindicación 1, donde la cantidad de hidróxido metálico en la composición de LSOH que forma la capa de relleno (16) es superior a 400 phr.
7. El cable eléctrico (10) según la reivindicación 1, donde la relación entre el polímero de EVA y el homopolímero y/o copolímero de polietileno en la composición de LSOH que forma la funda exterior está en el intervalo de 9:1 a 1:1, por ejemplo, en el intervalo de 8:2 a 6:4.
- 45 8. El cable eléctrico (10) según la reivindicación 1, donde la composición de LSOH que forma la funda exterior (17) comprende LLDPE, EPR, EPDM o mezclas de estos.
- 50 9. El cable eléctrico (10) según la reivindicación 1, donde la cantidad de hidróxido metálico en la composición de LSOH que forma la funda exterior (17) es de hasta 190 phr.
10. El cable eléctrico (10) según la reivindicación 1, donde el hidróxido metálico es seleccionado de hidróxido de magnesio, hidróxido de aluminio o una combinación de los mismos.
- 55 11. El cable eléctrico (10) según la reivindicación 1, donde la arcilla de filosilicato se selecciona del grupo que consiste en montmorillonita, bentonita, dellita, magadiita, saponita, laponita, sepiolita, atapulgita, hectorita, beidelita, vermiculita, caolinita, nontronita, volkonskoita, estevensita, pirocita, sauconita, keniaita y combinaciones de las mismas.
- 60 12. El cable eléctrico (10) según la reivindicación 1, donde la arcilla de filosilicato es una montmorillonita que tiene dimensiones de tamaño de partícula promedio de 5 a 20 µm.
- 65 13. El cable eléctrico (10) según la reivindicación 1, donde la cantidad de filosilicato en la composición

polimérica que forma la funda exterior (17) es de 1 a 15 phr, por ejemplo, de 5 a 13 phr.

14. El cable eléctrico (10) según la reivindicación 1, donde la composición de LSOH que forma la funda exterior (17) está libre de cualquier material intumescente.

5

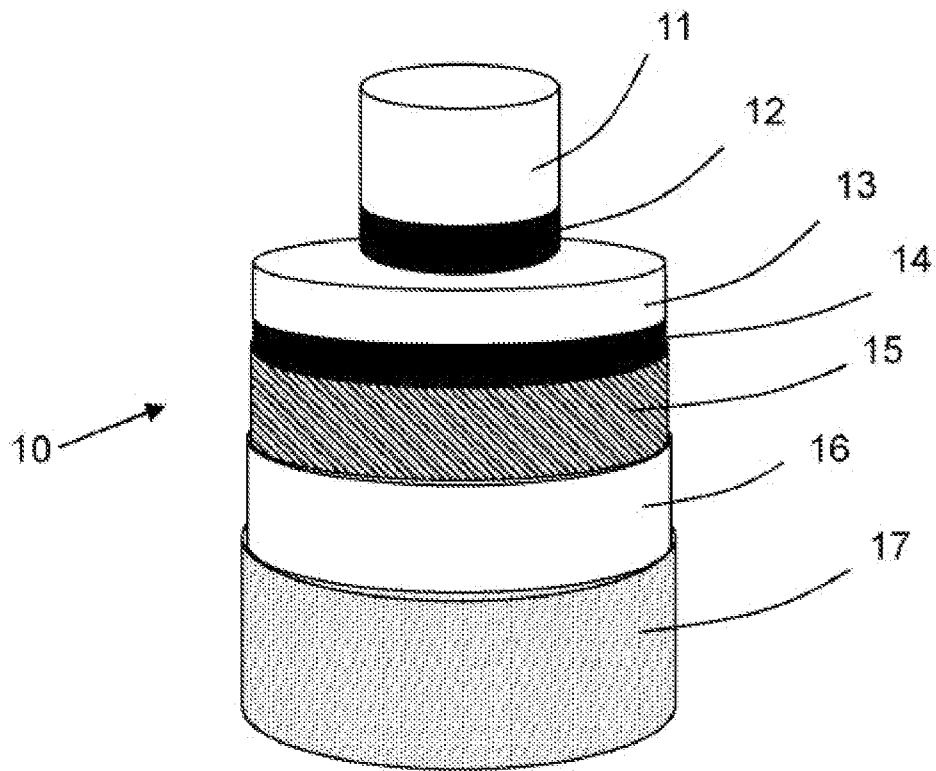


Fig. 1