

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 455 545**

51 Int. Cl.:

**H01B 7/28** (2006.01)

**H01B 3/00** (2006.01)

**H01B 1/24** (2006.01)

**H01B 3/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2010 E 10773659 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2014 EP 2483894**

54 Título: **Cable eléctrico de media o alta tensión**

30 Prioridad:

**30.09.2009 FR 0956773**

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

**16.04.2014**

73 Titular/es:

**NEXANS (100.0%)  
8, rue du Général Foy  
75008 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**KOELBLIN, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 455 545 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 media o alta tensión

La presente invención se refiere a un cable eléctrico que presenta una resistencia mejorada al envejecimiento en medio húmedo bajo tensión eléctrica.

- 5 Se aplica típicamente, pero no exclusivamente, a los ámbitos de los cables de energía de media tensión (en particular de 6 a 45-60 kV) o de alta tensión (en particular superior a 60 kV, y que puede ir hasta 500-600 kV), ya sea de corriente continua o alternativa.

10 Los cables de energía de media y alta tensión pueden estar en contacto con la humedad del entorno durante su vida útil. La presencia de la humedad combinada con la presencia de un campo eléctrico, así como de un material polimérico, favorece la degradación progresiva de las propiedades aislantes del cable.

Este mecanismo de degradación, bien conocido bajo los términos "crecimiento de arborescencia de agua", puede así llevar a la ruptura del cable en cuestión, y constituye por lo tanto una amenaza considerable para la fiabilidad de la red de transporte de energía con consecuencias económicas bien conocidas generadas por los fallos de corriente.

15 El documento EP-1 148 518 describe un cable de energía de media tensión que comprende una primera capa semi-conductora recubierta por una capa eléctricamente aislante, y una segunda capa semi-conductora que recubre la capa eléctricamente aislante, formando así un aislamiento tricapa. La capa eléctricamente aislante, extruida y reticulada, se obtiene a partir de una composición eléctricamente aislante que comprende un homopolímero de etileno de baja densidad (80 partes en peso) y un copolímero de etileno polar (20 partes en peso) como compuesto que retarda las arborescencias de agua (o compuesto WTR por "Water Tree Retardant" en inglés). Este copolímero  
20 de etileno polar es de tipo copolímero de etileno y de acetato de vinilo (EVA), copolímero de etileno y de acrilato de butilo (EBA), copolímero de etileno y de acrilato de etilo (EEA), o copolímero de etileno y de acrilato de metilo (EMA).

25 Sin embargo, incluso si esta composición permite reducir las arborescencias de agua para las capas eléctricamente aislantes, constituye sólo una parte del aislamiento tricapa, de la cual todos los componentes tienen una influencia importante sobre el origen y el crecimiento de las arborescencias de agua. Las investigaciones realizadas en el pasado han llevado a numerosas composiciones eléctricamente aislantes que retardan el origen y el crecimiento de las arborescencias de agua. Debido a esto, la influencia de las capas semiconductoras sobre el origen y el crecimiento de las arborescencias de agua no se estudió realmente, y por ello las capas semiconductoras no están hoy día optimizadas para limitar las degradaciones relacionadas con estas arborescencias de agua.

30 El objetivo de la presente invención es paliar los inconvenientes de las técnicas de la técnica anterior, proponiendo una nueva composición destinada a ser utilizada como capa semi-conductora para cable eléctrico, presentando una resistencia al envejecimiento, en un entorno húmedo en presencia de un campo eléctrico, mejorada de manera significativa.

35 La presente invención tiene por objeto un cable eléctrico que comprende un conductor eléctrico, una primera capa semiconductor que rodea el conductor eléctrico, una capa eléctricamente aislante, obtenida a partir de una composición eléctricamente aislante, que rodea la primera capa semi-conductora, y una segunda capa semi-conductora que rodea la capa eléctricamente aislante, caracterizado por que al menos una de las capas semiconductoras se obtiene a partir de una composición semi-conductora que comprende un homopolímero de etileno, un copolímero de etileno no polar, y una carga semi-conductora en cantidad suficiente para hacer a la composición semi-conductora. Preferentemente, la primera y la segunda capa semi-conductoras se obtienen a partir de dicha  
40 composición semi-conductora, teniendo la carga semi-conductora las propiedades siguientes:

- la superficie BET según la norma ASTM D 6556 es estrictamente inferior a 500 m<sup>2</sup>/g, y de manera preferente, estrictamente inferior a 350 m<sup>2</sup>/g, y

- el valor de absorción de aceite según la norma ASTM D 2414-90 es estrictamente inferior a 200 ml/100g, y de manera preferente, estrictamente inferior a 174 ml/100g.

45 Se ha descubierto de manera sorprendente que la utilización de un copolímero de etileno no polar, en sustitución de los compuestos que limitan las arborescencias de agua clásicamente utilizados en la técnica anterior, permitía limitar eficazmente las degradaciones relacionadas con las arborescencias de agua en unas composiciones que comprenden unas cargas semi-conductoras.

50 En efecto, la mezcla de un copolímero de etileno polar con una carga semi-conductora no está realmente adaptada para este tipo de aplicación (es decir, la composición semi-conductora) ya que se ha observado una degradación progresiva y significativa de las propiedades eléctricamente aislantes del cable relacionadas con las arborescencias de agua con este tipo de mezcla.

Además, la ventaja de utilizar este tipo de carga semi-conductora es que hay una estructura que le permite facilitar su dispersión en la composición de la invención, y así garantizar unas propiedades de conductividad óptimas debido

a su estructura más rígida con respecto a la de las cargas semi-conductoras denominadas de "alta estructura", que tienen una superficie específica de más de 500 m<sup>2</sup>/g.

5 Finalmente, las propiedades de retracción de las composiciones reticuladas relacionadas con la naturaleza de las cargas semi-conductoras de la invención son ventajosamente optimizadas para contribuir a una buena estabilidad dimensional del cable.

El término "semi-conductor" o "semi-conductora" utilizado en la presente invención se debe comprender también como significando "conductor" o "conductora".

10 Se entiende por "no polar" cualquier copolímero de etileno que no comprende funciones polares, tales como unos grupos acetatos, acrilatos, hidroxilos, nitrilos, carboxilos, carbonilos, o cualquier otro grupo con carácter polar bien conocido en la técnica anterior. Esto excluye en particular del ámbito de la invención los copolímeros de etileno de tipo copolímero de etileno y de acetato de vinilo (EVA), copolímero de etileno y de acrilato de butilo (EBA), copolímero de etileno y de acrilato de etilo (EEA), copolímero de etileno y de acrilato de metilo (EMA), o copolímero de etileno y de ácido acrílico (EAA).

15 El homopolímero de etileno conforme a la invención se puede seleccionar entre un polietileno de baja densidad (LDPE), un polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), y un polietileno de muy baja densidad (VLDPE), o una de sus mezclas.

Más particularmente, se prefiere utilizar un polietileno de baja densidad (LDPE) ya que presenta muy buenas propiedades de aplicación, en particular por extrusión.

20 Típicamente, el polietileno de baja densidad (LDPE) se puede obtener mediante un procedimiento de polimerización en un reactor tubular de alta presión, o en un reactor autoclave.

Se entiende por "baja densidad" una densidad que puede ir de 0,910 a 0,940 g/cm<sup>3</sup>, y preferentemente que puede ir de 0,910 a 0,930 g/cm<sup>3</sup> según la norma ISO 1183 (a una temperatura de 23°C).

Se entiende por "muy baja densidad" una densidad que puede ir de 0,860 a 0,910 g/cm<sup>3</sup> según la norma ISO 1183 (a una temperatura de 23°C).

25 El homopolímero de etileno de la invención tiene preferentemente un MFI (Melt Flow Index), determinado según la norma ISO 1133, superior a 5 g/10 min. a 190°C y 2,16 kg, y preferentemente superior a 7 g/10 min. a 190°C y 2,16 kg, a fin de facilitar la aplicación de la composición, en particular facilitar su extrusión, y poder incorporar en ella una cantidad de carga semi-conductora importante, es decir una cantidad que puede ser superior al 25% en peso de carga semi-conductora en la composición.

30 El copolímero de etileno no polar conforme a la invención puede comprender un comonómero de tipo alfa-olefina, en particular de C<sub>3</sub>-C<sub>12</sub>. Preferentemente, el comonómero de tipo alfa-olefina se puede seleccionar entre el propileno, el 4-metil-1-penteno, el 1-buteno, el 1-hexeno, el 1-octeno. Se preferirá utilizar como alfa-olefina el 1-octeno para formar el copolímero de etileno y de octeno (PEO).

35 Además, el copolímero de etileno no polar puede comprender un comonómero de tipo dieno. El comonómero de tipo dieno se puede seleccionar entre el etilideno norborneno, el dicitlopentadieno, el vinilo norborneno y el hexadieno 1-4. Este tipo de copolímero de etileno puede ser en particular un terpolímero de etileno-propileno, como por ejemplo el copolímero de etileno, de propileno y de dieno (EPDM).

40 Típicamente, el copolímero de etileno no polar se obtiene a partir de la copolimerización del etileno con dicha alfa-olefina, en presencia de un catalizador Ziegler-Natta, de un catalizador de óxido metálico o de un catalizador de sitio único.

Se preferirá utilizar un catalizador de sitio único como, por ejemplo, un catalizador metaloceno bien conocido por el experto en la materia. Un copolímero obtenido por este tipo de copolimerización se denomina habitualmente un copolímero metaloceno.

45 Los copolímeros de etileno no polares "metalocenos" tienen unas estructuras moleculares más regulares (es decir, que tienen una distribución de masa molecular "estrecha", también denominado polímero "de baja polidispersidad"), lo que les confieren excelentes propiedades mecánicas, en particular un excelente alargamiento a la ruptura, incluso en presencia de cargas con porcentajes importantes.

50 Además, tienen un grado de pureza más elevado con respecto a los residuos de catalizadores que se encuentran en el copolímero después de su fabricación, comparado con los copolímeros de etileno no polares obtenidos mediante procedimientos de polimerización que utilizan unos catalizadores de tipo Ziegler-Natta u óxido metálico.

Así, los copolímeros de etileno no polares metalocenos resisten mejor a las degradaciones térmicas (es decir, el estrés térmico) y al envejecimiento por agrietamiento (conocido bajo el anglicismo ESCR por "Environmental Stress

Cracking Resistance") que unos copolímeros de etileno no polares con un porcentaje sensiblemente idéntico de cristalinidad obtenidos mediante un procedimiento de copolimerización diferente.

5 En un modo de realización particular, la composición semi-conductora comprende al menos 50 partes en peso de homopolímero de etileno por 100 partes de polímero(s) (es decir, matriz de polímero) en dicha composición, preferentemente al menos 70 partes en peso de homopolímero de etileno por 100 partes de polímero(s) en dicha composición, y de manera particularmente preferida al menos 75 partes en peso de homopolímero de etileno por 100 partes de polímero(s) en dicha composición.

Además, es preferible que la composición semi-conductora no comprenda más de 85 partes en peso de homopolímero de etileno por 100 partes de polímero(s) en dicha composición.

10 En otro modo de realización particular, la composición semiconductora comprende al menos 15 partes en peso de copolímero de etileno no polar por 100 partes en peso de polímero(s) (es decir, matriz de polímero) en dicha composición, y preferentemente al menos 25 partes en peso de copolímero de etileno no polar por 100 partes en peso de polímero(s) en dicha composición.

15 El límite inferior de 15 partes en peso permite preservar ventajosamente las propiedades mecánicas de la capa semi-conductora: por debajo de 15 partes en peso de copolímero de etileno no polar, el alargamiento a la ruptura de la capa semi-conductora puede caer, y así volverse insuficiente para una aplicación en unos cables de energía de media y alta tensión.

20 Además, es preferible que la composición semi-conductora no comprenda más de 30 partes en peso de copolímero de etileno no polar por 100 partes en peso de polímero(s) en dicha composición a fin de facilitar la aplicación de la composición.

Típicamente, la relación del porcentaje en peso de homopolímero de etileno sobre el porcentaje en peso de copolímero de etileno en la composición semi-conductora es preferentemente superior a 1 a fin de obtener una fase mayoritaria de homopolímero de etileno y una fase minoritaria de copolímero de etileno no polar.

25 De manera particularmente preferida, los polímeros que componen la composición semi-conductora de la invención son únicamente uno o varios homopolímeros de etileno y uno o varios copolímeros de etileno no polares.

La carga semi-conductora se añade a la composición semiconductora para hacer esta última semi-conductora. En general, esta composición puede comprender del 4 al 40% en peso de carga semi-conductora, preferentemente al menos el 15% en peso de carga semi-conductora, y aún más preferiblemente al menos el 25% en peso de carga semi-conductora.

30 La carga semi-conductora se puede seleccionar ventajosamente entre los negros de carbón, y los grafitos, o una de sus mezclas.

Los negros de carbón son más particularmente preferidos y pueden tener las características físicas siguientes:

- un valor de absorción de aceite (di(n-butil)ftalato), según la norma ASTM D 2414-90, de al menos 100 cm<sup>3</sup>/100g, y
- un valor de superficie específica BET, según la norma ASTM D 6556, de al menos 40 m<sup>2</sup>/g.

35 Además, se pueden utilizar unos negros de carbón que tienen un grado de pureza elevado.

Un grado de pureza elevado puede expresarse mediante un porcentaje de azufre inferior al 1%, preferentemente inferior al 0,5% en peso, y de manera particularmente preferida inferior al 0,25% en peso, en el negro de carbón considerado, siendo este grado de pureza clásicamente determinado mediante el método de medición según la norma ASTM D-1619.

40 Puede también expresarse mediante un porcentaje de cenizas inferior al 2% en peso, preferentemente inferior al 1% en peso, y de manera particularmente preferida inferior al 0,5% en peso, en el negro de carbón considerado, siendo este porcentaje de cenizas clásicamente determinado mediante el método de medición según la norma ASTM D-1506.

45 La composición semi-conductora según la invención puede comprender además al menos un agente de protección tal como un antioxidante. Los antioxidantes permiten proteger la composición del estrés térmico generado durante unas etapas de fabricación del cable o de funcionamiento del cable.

Los antioxidantes se seleccionan preferiblemente entre:

- los antioxidantes fenólicos con impedimento estérico tales como el tetrakismetileno(3,5-di-*t*-butil-4-hidroxihidrocinnamato)metano, el 3-(3,5-di-*t*-butil-4-hidroxifenil)propionato de octadecilo, bis[3-(3,5-di-*t*-butil-4-hidroxifenil)propionato] de 2,2'-tiodietileno, el 2,2'-Tiobis(6-*t*-butil-4-metilfenol), el 2,2'-metilenbis(6-*t*-butil-4-

metilfenol), la 1,2-Bis(3,5-di-*t*-butil-4-hidroxihidrocinaoilo)hidrazina, el [2,2'-oxamido-bis(etil-3(3,5-di-*t*-butil-4-hidroxifenil)propionato), y el 2,2'-oxamido-bis[etil-3-(*t*-butil-4-hidroxifenil)propionato];

- los tioéteres tales como el 4,6-bis(octiltiometil)-*o*-cresol, el bis[2-metil-4-{3-*n*-alquil (C12 o C14)tiopropioniloxi}-5-*t*-butilfenil]sulfuro y el tiobis-[2-*t*-butil-5-metil-4,1-fenilen]-bis-[3-(dodeciltio)propionato];

5 - los antioxidantes a base de azufre tales como el dioctadecil-3,3'-tiodipropionato o el didodecil-3,3'-tiodipropionato;

- los antioxidantes a base de fósforo, tales como los fosfitos o fosfonatos como, por ejemplo, el tris(2,4-di-*t*-butilfenil)fosfito o el bis(2,4-di-*t*-butilfenil)pentaeritritol difosfito; y

- los antioxidantes de tipo amina, tales como el 2,2,4-trimetil-1,2-dihidroquinolina polimerizado (TMQ), siendo este último tipo de antioxidante particularmente preferido en la composición de la invención.

10 Los TMQ pueden tener diferentes grados, a saber:

- un grado denominado "estándar" con un bajo grado de polimerización, es decir con un porcentaje de monómero residual superior al 1% en peso y que tiene un contenido en NaCl residual que puede ir desde 100 ppm hasta más de 800 ppm (partes por millón másicas);

15 - un grado denominado "de alto grado de polimerización" con un alto grado de polimerización, es decir con un porcentaje de monómero residual inferior al 1% en peso y que tiene un contenido en NaCl residual que puede ir desde 100 ppm hasta más de 800 ppm;

- un grado denominado "de bajo contenido en sal residual" con un contenido en NaCl residual inferior a 100 ppm.

20 El tipo de estabilizante y su porcentaje en la composición semi-conductora son clásicamente seleccionados en función de la temperatura máxima sufrida por los polímeros durante la producción de la mezcla y durante la aplicación por extrusión sobre el cable, así como en función de la duración máxima de exposición a esta temperatura.

La composición semiconductora puede típicamente comprender del 0,3% al 2% en peso de antioxidante(s). Preferentemente, puede comprender como máximo el 0,7% en peso de antioxidante(s), en particular cuando el antioxidante es el TMQ.

25 Otros aditivos pueden también ser añadidos a la composición semi-conductora de la invención, tales como unos retardadores de quemado, unos coagentes de reticulación, unos agentes que favorecen la aplicación, tales como unos lubricantes o unas ceras, unos agentes compatibilizantes, unos agentes de acoplamiento, unos estabilizantes UV y unas cargas no conductoras.

30 La capa eléctricamente aislante de la invención se puede obtener además a partir de una composición eléctricamente aislante que comprende al menos 50 partes en peso de homopolímero de etileno por 100 partes en peso de polímero(s) (es decir matriz de polímero) en dicha composición, preferentemente al menos 75 partes en peso de homopolímero de etileno por 100 partes en peso de polímero(s) en dicha composición.

El homopolímero de etileno se puede seleccionar entre un polietileno de baja densidad (LDPE), un polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), y un polietileno de muy baja densidad (VLDPE), o de una de sus mezclas.

35 La composición eléctricamente aislante puede comprender además un compuesto que limita las arborescencias de agua. Este último puede ser un copolímero de etileno polar y, para ello, puede por lo tanto pertenecer a la matriz de polímero.

40 Según un modo de realización particular, la capa eléctricamente aislante del cable eléctrico se obtiene a partir de una composición eléctricamente aislante que no comprende ningún compuesto que limita las arborescencias de agua.

45 A título de ejemplo, la composición eléctricamente aislante comprende un homopolímero de etileno como único polímero en dicha composición. Así, la matriz de polímero que compone la composición eléctricamente aislante no comprende por lo tanto ningún copolímero de etileno polar, que es un compuesto que limita las arborescencias de agua. En otras palabras, la composición eléctricamente aislante comprende 100 partes en peso de polímero de etileno por 100 partes en peso de polímero(s) en la composición eléctricamente aislante.

Por consiguiente, la preparación de esta composición eléctricamente aislante no necesita ninguna etapa suplementaria de mezcla entre al menos dos polímeros, como lo necesita la composición eléctricamente aislante de la mezcla entre el homopolímero de etileno de baja densidad y el copolímero de etileno polar del documento EP-1 148 518.

Se puede añadir que el hecho de que tener un único tipo de polímero (únicamente homopolímero de etileno) en la capa eléctricamente aislante permite limitar significativamente las pérdidas dieléctricas a lo largo de la vida del cable eléctrico.

5 La capa eléctricamente aislante del cable de la invención puede comprender además al menos un agente de protección tal como los mencionados para la(s) capa(s) semiconductor(s). Además, puede comprender otros aditivos tales como los mencionados para la(s) capa(s) semiconductor(s).

Ya sea la primera capa semi-conductora, la capa eléctricamente aislante y/o la segunda capa semi-conductora, al menos una de estas capas es una capa extruida, preferentemente dos de estas tres capas son unas capas extruidas, y aún más preferiblemente estas tres capas son unas capas extruidas.

10 De la misma manera, al menos una de estas tres capas es una capa reticulada, preferentemente dos de estas tres capas son unas capas reticuladas, y aún más preferiblemente estas tres capas son capas reticuladas.

En consecuencia, la composición semi-conductora de la invención, al igual que la composición eléctricamente aislante, puede ser reticulada.

15 La reticulación de al menos una de estas composiciones (es decir, la composición semi-conductora y/o la composición eléctricamente aislante) puede efectuarse mediante las técnicas clásicas de reticulación bien conocidas por el experto en la materia, tales como, por ejemplo, la reticulación peróxido y/o la hidrosililación bajo la acción del calor; la reticulación silano en presencia de un agente de reticulación; la reticulación por haces de electrón, rayos gamma, rayos X, o microondas; la reticulación por vía fotoquímica, tal como la irradiación bajo radiación beta, o la irradiación bajo radiación ultravioleta en presencia de un fotoiniciador.

20 En el ámbito de la invención, se prefiere la reticulación peróxido bajo acción del calor. En este caso particular, la composición tomada en consideración (véase la composición semi-conductora y/o la composición eléctricamente aislante) comprende además un agente de reticulación, tal como un peróxido orgánico.

25 Unos ejemplos de peróxidos orgánicos bien conocidos por el experto en la materia pueden ser utilizados tales como, por ejemplo, el peróxido de dicumilo, el *t*-butilcumilperóxido, el 2,5-dimetil-2,5-di-(*t*-butilperoxi)hexano, el di-*t*-butilperóxido, el di-(2-*t*-butil-peroxiisopropil)-benceno.

30 En un modo de realización particular, generalmente conforme al cable eléctrico bien conocido en el campo de aplicación de la invención, la primera capa semi-conductora, la capa eléctricamente aislante y la segunda capa semi-conductora constituyen un aislamiento tricapa. En otras palabras, la capa eléctricamente aislante está directamente en contacto físico con la primera capa semi-conductora, y la segunda capa semi-conductora está directamente en contacto físico con la capa eléctricamente aislante.

El cable eléctrico de la invención puede comprender además una pantalla metálica que rodea la segunda capa semi-conductora.

35 Esta pantalla metálica puede ser una pantalla denominada "filas" compuesta de un conjunto de conductores de cobre o de aluminio dispuestos alrededor y a lo largo de la segunda capa semi-conductora, una pantalla denominada "encintada" compuesta de una o varias cintas metálicas conductoras colocada(s) en forma de hélice alrededor de la segunda capa semi-conductora, o una pantalla denominada "estanca" de tipo tubo metálico, que rodea la segunda capa semi-conductora. Este último tipo de pantalla permite en particular hacer barrera con la humedad que tenga tendencia a penetrar en el cable eléctrico en dirección radial.

40 Todos estos tipos de pantalla metálica pueden desempeñar un papel de toma de tierra del cable eléctrico y pueden así transportar las corrientes de defecto, por ejemplo en caso de cortocircuito en la red en cuestión.

45 Además, el cable eléctrico de la invención puede comprender una funda exterior de protección que rodea la segunda capa semi-conductora, o bien que rodea más particularmente dicha pantalla metálica cuando exista. Esta funda exterior de protección puede ser realizada clásicamente a partir de materiales termoplásticos apropiados, tales como los HDPE, los MDPE o los LLDPE; o también unos materiales que retrasan la propagación de la llama o resistentes a la propagación de la llama. En particular, si estos últimos materiales no contienen halógeno, se habla de funda de tipo HFFR (por el anglicismo "Halogen Free Flame Retardant").

50 Otras capas, tales como capas que se hinchan en presencia de humedad, pueden ser añadidas entre la segunda capa semi-conductora y la pantalla metálica cuando exista, y/o entre la pantalla metálica y la funda exterior cuando existan, permitiendo estas capas asegurar la estanqueidad longitudinal del cable eléctrico al agua. El conductor eléctrico del cable de la invención puede también comprender materiales que se hinchan en presencia de humedad para obtener un "alma estanca".

Otro objeto según la invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un cable eléctrico tal como se ha descrito antes, que comprende tres capas sucesivas. Este procedimiento comprende las etapas que consisten en:

i. extruir y depositar la primera capa semi-conductora alrededor del conductor eléctrico,

- ii. extruir y depositar la capa eléctricamente aislante alrededor de dicha primera capa,
- iii. extruir y depositar la segunda capa semi-conductora alrededor de dicha capa eléctricamente aislante, y
- iv. reticular las primera, segunda y tercera capas.

5 En una variante, las etapas i a iii se pueden efectuar concomitantemente, siendo la etapa iv efectuada después de la co-extrusión y la co-deposición de la primera capa semi-conductora, de la capa eléctricamente aislante y de la segunda capa semi-conductora.

En otra variante, la etapa iv se puede efectuar después de cada una de las etapas i, ii y iii.

10 Otras características y ventajas de la presente invención aparecerán a la luz de la descripción de un ejemplo no limitativo de un cable eléctrico según la invención, hecho en referencia a la figura 1, que representa una vista esquemática en perspectiva y en sección de un cable eléctrico según un modo de realización preferido conforme a la invención.

Por razones de claridad, solo se han representado de manera esquemática los elementos esenciales para la comprensión de la invención, y eso sin respetar la escala.

15 El cable de energía 1 de media o alta tensión, ilustrado en la figura 1, comprende un elemento conductor 2 central, en particular de cobre o de aluminio y, sucesiva y coaxialmente comprende alrededor de este elemento una primera capa semi-conductora 3 denominada "capa semi-conductora interna", una capa eléctricamente aislante 4, una segunda capa semi-conductora 5 denominada "capa semi-conductora externa", una pantalla metálica 6 de tipo tubo cilíndrico, y una funda exterior de protección 7, siendo las capas semi-conductoras 3 y 5 obtenidas a partir de una composición según la invención.

20 Las capas 3, 4 y 5 son unas capas extruidas y reticuladas mediante unos procedimientos bien conocidos por el experto en la materia.

Es preferible, pero no esencial, la presencia de la pantalla metálica 6 y de la funda exterior de protección 7. Esta estructura de cable es, como tal, de tipo conocido y fuera del ámbito de la presente invención.

Ejemplos

25 Fabricación de un cable eléctrico que comprende un aislamiento tricapa

Los materiales utilizados para preparar las diferentes capas del aislamiento tricapa de los cables eléctricos marcados Cc (cable comparativo) o Ci (cable de la invención) están referenciados en la tabla 1 siguiente.

30 La "capa semi-conductora 1" de la tabla 1 corresponde a la capa semi-conductora interna (por ejemplo, referenciada 3 en la figura 1) mientras que la "capa semi-conductora 2" de la tabla 1 corresponde a la capa semi-conductora externa (por ejemplo, referenciada 5 en la figura 1).

Tabla 1

Cable Cc o Ci: composición del aislamiento tricapa	Capa semi-conductora 1	Capa eléctricamente aislante	Capa semi-conductora 2
Cc1	LE	LH	LE
Cc2	R1	HF_ei3	R1
Cc3	HF_sc	HF_ei3	HF_sc
Ci1	EB1	HF_ei3	EB1
Ci2	EB2	HF_ei3	EB2
Ci3	EB3	HF_ei3	EB3
Ci4	EB4	HF_ei3	EB4
Ci5	EB5	HF_ei3	EB5
Ci6	EB6	HF_ei3	EB6
Ci7	EB1	LH	EB1

## ES 2 455 545 T3

Ci8	EB7	HF_ei3	EB7
Ci9	EB8	HF_ei3	EB8

La tabla 2 siguiente detalla las composiciones utilizadas para obtener las capas semi-conductoras referenciadas en la tabla 1. Estas composiciones son todas reticulables y comprenden un peróxido orgánico para ello. Comprenden además una carga semi-conductora así como un antioxidante.

5

Tabla 2

LE	Composición semi-conductora basada en un copolímero de etileno polar de tipo EBA y que tiene un porcentaje de negro de carbón de aproximadamente el 38% en peso, comercializada por la compañía Borealis bajo la referencia LE0592
R1	Composición semi-conductora que comprende el 67,4% en peso de Clearflex MPDO, el 32% en peso de Vulcan XC-500 y el 0,6% en peso de antioxidante (TMQ)
HF_sc	Composición semiconductora basada en un copolímero de etileno polar de tipo EEA y que tiene un porcentaje de negro de carbón de aproximadamente el 32% en peso, comercializada por la compañía DOW bajo la referencia HFDK-0586-BK
EB1	Composición semi-conductora que comprende el 69,4% en peso de una mezcla de 75 partes en peso de Riblène MP20 y de 25 partes en peso de Exact 8203, el 30% en peso de Vulcan XC-500, y el 0,6% en peso de TMQ1.
EB2	Composición semi-conductora que comprende el 69,4% en peso de una mezcla de 75 partes en peso de LDPE 1808AN00 y de 25 partes en peso de Engage 8450, el 30% en peso de Vulcan XC-500, y el 0,6% en peso de TMQ2.
EB3	Composición semi-conductora que comprende el 69,4% en peso de una mezcla de 75 partes en peso de Riblène MP20 y de 25 partes en peso de Exact 8203, el 30% en peso de Vulcan XC-500, y el 0,6% en peso de TMQ2.
EB4	Composición semi-conductora que comprende el 69,4% en peso de una mezcla de 50 partes en peso de Clearflex MPDO y de 50 partes en peso de Riblène MP 20, el 30% en peso de Vulcan XC-500, y el 0,6% en peso de TMQ2.
EB5	Composición semi-conductora que comprende el 69,4% en peso de una mezcla de 75 partes en peso de Riblène MP20 y 25 partes en peso de Exact 8203, el 30% en peso de Conductex 7055 Ultra, y el 0,6% en peso de TMQ1.
EB6	Composición semi-conductora que comprende el 69,4 % en peso de una mezcla de 75 partes en peso de Novex 19N430 y 25 partes en peso de Exact 8203, el 30% en peso de Vulcan XC-500, y el 0,6% en peso de TMQ3.
EB7	Composición semi-conductora que comprende el 69,4 % en peso de una mezcla de 75 partes en peso de LDPE 2008TN00 y 25 partes en peso de Exact 8203, el 30% en peso de Vulcan XC-500, y el 0,6% en peso de TMQ1.
EB8	Composición semi-conductora que comprende el 61,4 % en peso de una mezcla de 70 partes en peso de LDPE 2015T y 30 partes en peso de Exact 8203, el 38% en peso de Purex HS 45, y el 0,6% en peso de TMQ1.

En la tabla 2 anterior:

10 - «Clearflex MPDO» es una referencia comercial de la compañía Polimeri Europa SpA de un copolímero de etileno y de alfa-olefina apolar denominada VLDPE (Very Low Density Polyethylene) cuya densidad es de 0,900 g/cm<sup>3</sup> y el MFI es de 7,5 g/10 min.;

- "Riblène MP20" es una referencia comercial de la compañía Polimeri Europa SpA de un homopolímero de etileno de baja densidad obtenido mediante un procedimiento de polimerización en un reactor autoclave de alta presión, cuya densidad es de 0,919 g/ cm<sup>3</sup> y el MFI es de 7,5 g/10 min.;

## ES 2 455 545 T3

- "LDPE 1808AN00" es una referencia comercial de la compañía SABIC Europe B.V. de un homopolímero de etileno de baja densidad obtenido mediante un procedimiento de polimerización en un reactor autoclave de alta presión, cuya densidad es de 0,920 g/ cm<sup>3</sup> y el MFI es de 7,5 g/10 min.;
- 5 - "Novex 19N430" es una referencia comercial de la compañía INEOS O&P Europe de un homopolímero de etileno de baja densidad obtenido mediante un procedimiento de polimerización en un reactor autoclave de alta presión, cuya densidad es de 0,920 g/cm<sup>3</sup>, y el MFI es de 7,5 g/10 min.;
- "LDPE 2008TN00" es una referencia comercial de la compañía SABIC Europe B.V. de un homopolímero de etileno de baja densidad obtenido mediante un procedimiento de polimerización en un reactor tubular de alta presión, cuya densidad es de 0,921 g/ cm<sup>3</sup> y el MFI es de 7,5 g/10 min.;
- 10 - "LDPE 2015 T" es una referencia comercial de la compañía SABIC Europe B.V. de un homopolímero de etileno de baja densidad obtenido mediante un procedimiento de polimerización en un reactor tubular de alta presión, cuya densidad es de 0,920 g/ cm<sup>3</sup> y el MFI es de 15 g/10 min.;
- "Engage 8450" es una referencia comercial de la compañía The DOW Chemical Company de un copolímero de etileno y de octeno apolar procedente de una polimerización con un catalizador metaloceno, siendo la densidad de este copolímero de 0,902 g/cm<sup>3</sup>;
- 15 - "Exact 8203" es una referencia comercial de la compañía DEX Plastomers de un copolímero de etileno y de octeno apolar procedente de una polimerización con un catalizador metaloceno, siendo la densidad de este copolímero de 0,882 g/cm<sup>3</sup>;
- "Vulcan XC-500" es una referencia comercial de la compañía Cabot Coporation de un negro de carbón conductor que tiene la superficie específica BET según la norma ASTM D 6556 de 58 m<sup>2</sup>/g de absorción de aceite según la norma ASTM D 2414-90 de 150 ml/100g, un porcentaje de azufre inferior al 0,1% en peso así como un porcentaje de cenizas inferior al 0,1% en peso;
- 20 - "Conductex 7055 Ultra" es una referencia comercial de la compañía Columbian Chemicals Company de un negro de carbón conductor que tiene una superficie específica BET según la norma ASTM D 6556 de 55 m<sup>2</sup>/g, una absorción de aceite según la norma ASTM D 2414-90 de 170 ml/100g, un porcentaje de azufre inferior al 0,5% en peso así como un porcentaje de cenizas inferior al 0,075% en peso;
- 25 - "Purex HS 45" es una referencia comercial de la compañía Evonik Carbon Black de un negro de carbón de tipo "N550 mejorado", que tiene una superficie específica BET según la norma ASTM D 6556 de 41 m<sup>2</sup>/g, una absorción de aceite según la norma ASTM D 2414-90 de 121 ml/100g, un porcentaje de azufre inferior al 0,5% en peso así como un porcentaje de cenizas inferior al 0,35% en peso;
- 30 - "TMQ1» es un antioxidante de tipo 2,2,4-trimetil-1,2-dihidroquinolina denominado "de bajo contenido en sal residual", comercializado por la compañía Lanxess Deutschland GmbH bajo la referencia Vulkanox HS/LG "low salt";
- "TMQ2" es un antioxidante de tipo 2,2,4-trimetil-1,2-dihidroquinolina denominado "estándar", comercializado por la compañía Lanxess Deutschland GmbH bajo la referencia Vulkanox HS/LG; y
- 35 - "TMQ3" es un antioxidante de tipo 2,2,4-trimetil-1,2-dihidroquinolina denominado "de alto grado de polimerización", comercializado por la compañía Songwon Industrial Co. Ltd. bajo la referencia Antioxidant FR SB.

La tabla 3 siguiente detalla las composiciones utilizadas para obtener las capas eléctricamente aislantes referenciadas en la tabla 1. Estas composiciones son todas reticulables y comprenden un peróxido orgánico para ello. Comprenden además un antioxidante.

40

Tabla 3

LH	Composición eléctricamente aislante basada en la mezcla de un homopolímero de etileno y de un copolímero de etileno polar, comercializada por la compañía Borealis bajo la referencia LH4201/R.
HF_ei3	Composición eléctricamente aislante que comprende una matriz de polímero únicamente a base de un homopolímero de etileno, comercializada por la compañía DOW bajo la referencia HFDK 4201 EC.

45 El conjunto de los constituyentes de las composiciones R1, y EB1 a EB8 referenciadas en la tabla 2, para cada capa a considerar, se dosifica y mezcla respectivamente en un mezclador en continuo de tipo co-amasador BUSS, extrusora de dos tornillos u otro tipo de mezcladora apropiada para unas mezclas termoplásticas cargadas. La mezcla se extruye después en forma de varillas, y después se enfría y se seca para ser moldeada en forma de gránulos. Estos gránulos son entonces impregnados de un peróxido orgánico líquido cuyo porcentaje se ajusta en función de la cantidad de matriz de polímero a reticular.

Estos gránulos impregnados son introducidos dentro de una extrusora mono-tornillo a fin de extruir y depositar cada una de dichas composiciones alrededor del conductor eléctrico de cobre, según el tipo de capas y su posicionamiento, mencionados en la tabla 1.

5 Las composiciones LE, HF\_sc, LH y HF\_ei3 referenciadas en las tablas 2 y 3 son unas composiciones listas para el uso. Así, para cada capa a considerar, estas composiciones están directamente introducidas dentro de una extrusora mono-tornillo a fin de extruir y depositar cada una de dichas composiciones alrededor del conductor eléctrico de cobre, según el tipo de capas y su posicionamiento mencionados en la tabla 1.

Así, las diferentes composiciones son extruidas las unas tras las otras para rodear de manera sucesiva el conductor eléctrico de cobre, y así formar los diferentes aislamientos tricapas, tales como se mencionan en la tabla 1.

10 Finalmente, cada aislamiento tricapa se reticula bajo la acción del calor a una temperatura superior a la temperatura de descomposición del peróxido orgánico comprendido en cada una de las tres capas.

Se obtienen así respectivamente los cables eléctricos Cc1 a Cc3 y Ci1 a Ci9, que comprenden cada uno tres capas extruidas y reticuladas.

Ensayo de envejecimiento y tensión de ruptura

15 Para determinar las propiedades de resistencia a las arborescencias de agua de los cables eléctricos Cc1 a Cc3 y Ci1 a Ci9, se aplica el método descrito en el documento "Model Cable Test for Evaluating the Aging Behaviour under Water Influence of Compounds for Medium Voltage Cables", H.G. Land y Hans Schadlich, páginas 177 a 182, publicado durante la "Conference Proceedings of Jicable 91", del 24-28 de junio de 1991, en Versailles, Francia.

20 Este método consiste en primer lugar en efectuar unos ensayos de ruptura con una tensión alternativa con una frecuencia de 50 Hz sobre unas muestras "no envejecidas" (que han sufrido un acondicionamiento a 90°C durante 16 horas en medio no húmedo) de cables eléctricos Cc1 a Cc3 y Ci1 a Ci9 para determinar el valor inicial de la tensión de ruptura, y después en efectuar estos ensayos de ruptura sobre unas muestras "envejecidas" de cables eléctricos Cc1 a Cc3 y Ci1 a Ci9, puestos bajo tensión alternativa, en un depósito de agua calentado a 70°C durante 1000 horas (según las condiciones referenciadas "Ageing 2" en dicho documento) y en presencia de agua calentada a 85°C entre el conductor y la "capa semi-conductora 1" para determinar su tensión de ruptura después de 1000h.

25 La tensión de ruptura (en kV/mm) del cable eléctrico corresponde a la tensión necesaria para formar un arco eléctrico en el cable. Típicamente se vuelve a llevar al campo eléctrico máximo en la interfaz entre la primera capa semi-conductora (o capa semi-conductora interna) y la capa eléctricamente aislante del cable eléctrico.

Los resultados de las tensiones de ruptura se reúnen en la tabla 4 siguiente.

30

Tabla 4

Cable	Valor inicial (kV/mm)	Después de 1000h (kV/mm)
Cc1	133	55
Cc2	107	41
Cc3	97	40
Ci1	95	65
Ci2	108	57
Ci3	100	57
Ci4	103	54
Ci5	120	50
Ci6	109	47
Ci7	100	81
Ci8	117	47
Ci9	87	45

En la tabla 4, se observa que las tricapas de los cables Ci1 a Ci6 así como Ci8 a Ci9, compuestas:

- de una matriz de polímero que comprende mayoritariamente un homopolímero de etileno asociado a un copolímero de etileno apolar para las capas semi-conductoras, y

- de una matriz de polímero que comprende únicamente un homopolímero de etileno (composición libre de compuesto que retarda las arborescencias de agua) para la capa eléctricamente aislante,

- 5 presentan una tensión de ruptura muy por encima de 40 kV/mm en comparación con las tricapas de los cables Cc2 y Cc3.

Las tricapas de estos dos cables comprenden ambas una capa eléctricamente aislante de misma naturaleza que las tricapas de los cables Ci1 a Ci6, así como Ci8 y Ci9, mientras que sus capas semi-conductoras están respectivamente compuestas de una matriz no polar (para el cable Cc2) y de una matriz polar (para el cable Cc3).

- 10 Así, la asociación de capas semi-conductoras según la invención con una capa eléctricamente aislante libre de compuesto que limita las arborescencias de agua presenta una resistencia muy buena al envejecimiento y una resistencia a las arborescencias de agua mejorada, siendo al mismo tiempo muy económica.

- 15 Además, se puede señalar que la tricapa del cable Ci7 presenta unas propiedades de resistencia a las arborescencias de agua después de 1000h (81 kV/mm) significativamente superiores a las de los cables Cc1 (55 kV/mm), Cc2 (41 kV/mm) y cc3 (40 kV/mm), y más particularmente a las del cable Cc1 que comprende, como la tricapa del cable Ci7, una capa eléctricamente aislante a base de un homopolímero de etileno asociado a un copolímero de etileno polar. Esta diferencia de resultados se debe a la naturaleza de la capa semi-conductora de la tricapa.

- 20 Incluso si la preparación de la capa eléctricamente aislante de la tricapa del cable Ci7 incluye diferentes etapas de mezcla (entre los polímeros que componen esta capa), la asociación de esta capa con una capa semiconductor según la invención induce un efecto sinérgico de lo más significativo ya que la tensión de ruptura es la más elevada de la tabla 4, y alcanza 80 kV/mm después de un envejecimiento de 1000h.

#### Ensayo de retracción

- 25 El ensayo de retracción permite medir la capacidad de un material plástico para conservar una forma que se le ha dado, mediante técnicas de formación diferentes tales como la extrusión, el moldeado y otros.

- 30 En la técnica de la fabricación de los cables de energía, deben efectuarse unos ensayos de retracción, ya que es necesario asegurar que las materias que constituyen el cable conserven una buena estabilidad dimensional durante la vida del cable. Sin esta estabilidad dimensional, a considerar sobretodo en el sentido longitudinal del cable, es decir en el sentido del alma conductora sobre toda la longitud del cable, pueden aparecer unos defectos, en particular en los puntos de unión (juntas y terminaciones) y provocar un fallo del cable de energía. Estos ensayos se efectúan sobre unas muestras de cable, por ejemplo según las normas CEI 60502-2 y CEI 60811-1-3, en cuanto a las capas eléctricamente aislantes de polietileno reticulado de cables de energía de media tensión para unas tensiones asignadas de 1 a 30 kV. Además, habitualmente se efectúan unos ensayos de retracción sobre las fundas exteriores de protección de los cables.

- 35 Siendo esto, el ensayo de retracción se efectuó en laboratorio formando unos moldes por compresión.

- 40 Para evaluar el comportamiento de retracción de las composiciones semi-conductoras descritas antes, se utilizan unas mediciones sobre unas placas moldeadas por compresión. La marca del molde, que está constituido de una base que comprende esta marca y de una tapa lisa, tiene las dimensiones siguientes: ancho \* profundidad \* altura = 200 mm \* 200 mm \* 2 mm. Se trata de un molde con canales, lo que permite evacuar un posible excedente de materia sin impactar sobre las dimensiones de la placa moldeada. Una cantidad de material de la composición semi-conductora reticulable, que garantiza el buen relleno de toda la cavidad, se introduce en la marca del molde no precalentado y previamente revestido de una película delgada de poliéster (grosor de 50 µm) que permite un desmoldeo fácil. La cantidad de material a utilizar varía entre 80 y 100 g, en función de la masa volúmica de la composición. El molde se cierra y se coloca en una prensa de laboratorio automáticamente precalentada a 120°C.
- 45 Se espera la estabilización de la temperatura del conjunto a 120°C. Se inicia después un ciclo de moldeo automático, que comprende las etapas siguientes:

- fusión y formación de la materia a 120°C bajo 200 bares de presión de cierre durante 5 minutos,

- subida de la temperatura de 120°C a 190°C con un gradiente de 5°C/min. bajo presión de 200 bares,

- reticulación de la materia a 190°C durante 20 minutos bajo una presión de 200 bares,

- 50 - enfriamiento de los platos calentadores y del molde con un gradiente de 15°C/min. a una temperatura final de 30°C bajo una presión de 200 bares,

- apertura de la prensa.

En una primera etapa, se procede al desmoldeo de las placas moldeadas que se separan de las películas de poliéster. Después, se deja desgasificar las placas durante 5 días a temperatura ambiente. Durante la desgasificación, las placas son mantenidas bajo una ligera presión para evitar cualquier deformación de las placas durante estos 5 días.

5 En una segunda etapa, las placas moldeadas son depositadas completamente en plano en una estufa de aire caliente precalentada a 130°C y mantenidas bajo una ligera presión para evitar unas deformaciones. El tratamiento térmico a esta temperatura se mantiene durante 60 minutos después de la estabilización de la temperatura. Después, se extraen las placas moldeadas de la estufa para dejarlas enfriarse a temperatura ambiente durante 24 horas, conservando al mismo tiempo la ligera presión sobre las placas para evitar deformaciones. Las placas  
10 moldeadas son después transferidas en una sala de mediciones mantenida a 20°C, en la que están almacenadas durante al menos 3 horas. Las dimensiones "anchura" y "profundidad" se miden con la ayuda de calibrador numérico. La retracción se calcula comparando las dimensiones (la anchura y la profundidad) de la marca del molde con la anchura y la profundidad medidas de cada placa moldeada. La retracción se expresa en porcentaje.

15 La tabla 5 siguiente resume los resultados obtenidos del ensayo de retracción para las composiciones semiconductoras EB6 y EB8, así como otras dos composiciones semi-conductoras R2 y R3, que comprenden un negro de carbón que tiene unas propiedades que no son conforme a las reivindicadas de la presente invención. Los detalles de las composiciones R2 y R3 se mencionan en la tabla 6 siguiente.

Tabla 5

Composición semi-conductora	Porcentaje de retracción después de 60 min./130°C (%)
R2	7,42
R3	6,72
EB6	6,29
EB8	6,33

20 Tabla 6

R2	Composición semi-conductora que comprende el 86,6% en peso de una mezcla de 90 partes en peso de LDPE 2101TN00 y de 10 partes en peso de Exact 8203, el 13% en peso de Ketjenblack EC300-J, y el 0,4% en peso de Irganox 1081.
R3	Composición semi-conductora que comprende el 86,6% en peso de una mezcla de 60 partes en peso de LDPE 2101TN00 y de 40 partes en peso de Exact 8203, el 13% en peso de Ketjenblack EC300-J, y el 0,4% en peso de Irganox 1081.

En la tabla 6 anterior:

25 - "LDPE 2101TN00" es una referencia comercial de la compañía SABIC Europe B.V. de un homopolímero de etileno de baja densidad obtenido mediante un procedimiento de polimerización en un reactor tubular de alta presión, cuya densidad es de 0,920 g/cm<sup>3</sup> y el MFI es de 0,85 g/10 min.;

- "Ketjenblack EC300-J" es una referencia comercial de la compañía AkzoNobel Functional Chemicals B.V. de un negro de carbón denominado "extra-conductor" que tiene una superficie específica BET según la norma ASTM D 6556 de 800 m<sup>2</sup>/g, una absorción de aceite según la norma ASTM D 2414-90 de 310 ml/100 g; y

30 - "Irganox 1081" es una referencia comercial de un antioxidante tio-fenólico de tipo 2,2'-Tiobis(6-t-butil-4-metilfenol), comercializado por Ciba Specialty Chemicals Inc.

El conjunto de los constituyentes de las composiciones R2 y R3 referenciadas en la tabla 6 se dosifica y mezcla respectivamente en un mezclador en continuo de tipo co-amasador BUSS, extrusora de doble tornillo u otro tipo de mezclador apropiado para unas mezclas termoplásticas cargadas. La mezcla se extruye después en forma de varillas, y después se enfría y se seca para ser moldeada en forma de gránulos. Estos gránulos son entonces  
35 impregnados de un peróxido orgánico líquido cuyo porcentaje se ajusta en función de la cantidad de matriz de polímero a reticular.

Según la tabla 5, se observa que después del tratamiento térmico, las composiciones de la invención EB6 y EB8 muestran los porcentajes de retracción más bajos, mientras que las composiciones R2 y R3 muestran unos

## ES 2 455 545 T3

porcentajes de retracción particularmente elevados. Estas dos composiciones utilizan en efecto un negro de carbón del cual:

- la superficie específica BET según la norma STM D 3037 es superior a  $500 \text{ m}^2/\text{g}$ , y
- el valor de absorción de aceite según la norma ASTM D 2414-90 es superior a  $200 \text{ ml}/100\text{g}$ .

5

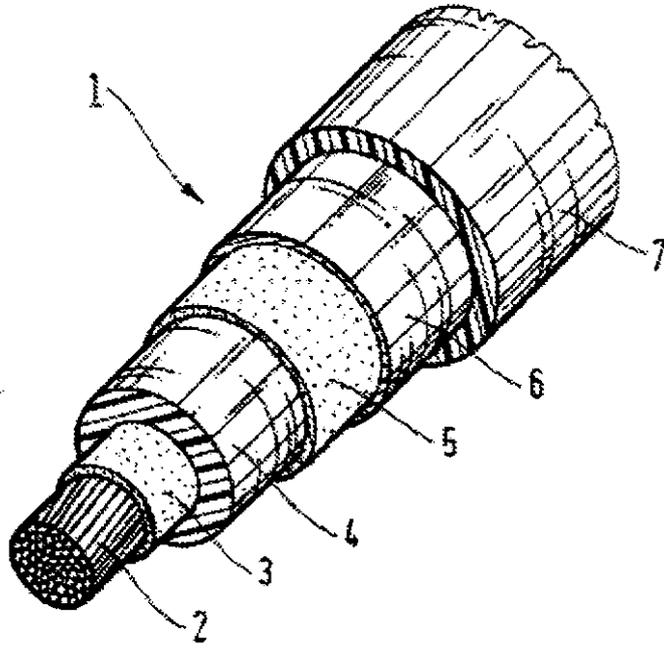
## REIVINDICACIONES

1. Cable eléctrico (1) que comprende un conductor eléctrico (2), una primera capa semi-conductora (3) que rodea el conductor eléctrico (2), una capa eléctricamente aislante (4), obtenida a partir de una composición eléctricamente aislante, que rodea la primera capa semi-conductora (3), y una segunda capa semi-conductora (5) que rodea la capa eléctricamente aislante (4), caracterizado por que al menos una de las capas semiconductoras (3, 5) se obtiene a partir de una composición semi-conductora que comprende un homopolímero de etileno, un copolímero de etileno no polar, y una carga semi-conductora en cantidad suficiente para hacer a la composición semiconductor, teniendo la carga semiconductor las propiedades siguientes:
- una superficie específica BET según la norma ASTM D 6556 estrictamente inferior a 500 m<sup>2</sup>/g, y de forma preferente estrictamente inferior a 350 m<sup>2</sup>/g, y
  - un valor de absorción de aceite según la norma ASTM D 2414-90 estrictamente inferior a 200 ml/100g, y de forma preferente estrictamente inferior a 174 ml/100g.
2. Cable según la reivindicación 1, caracterizado por que la primera y la segunda capas semi-conductoras (3, 5) se obtienen a partir de dicha composición semi-conductora.
3. Cable según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que el homopolímero de etileno se puede seleccionar entre un polietileno de baja densidad (LDPE), un polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), y un polietileno de muy baja densidad (VLDPE), o una de sus mezclas.
4. Cable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el copolímero de etileno no polar es un copolímero metaloceno.
5. Cable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la composición semi-conductora comprende al menos 50 partes en peso de homopolímero de etileno por 100 partes de polímero(s) en dicha composición, y preferentemente al menos 70 partes en peso de homopolímero de etileno por 100 partes de polímero(s) en dicha composición.
6. Cable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la composición semi-conductora comprende al menos 15 partes en peso de copolímero de etileno no polar por 100 partes de polímero(s) en dicha composición, y preferentemente al menos 25 partes en peso de copolímero de etileno no polar por 100 partes de polímero(s) en dicha composición.
7. Cable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la relación del porcentaje en peso de homopolímero de etileno sobre el porcentaje en peso de copolímero de etileno no polar en la composición semi-conductora es superior a 1.
8. Cable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la composición eléctricamente aislante comprende al menos 50 partes en peso de homopolímero de etileno por 100 partes en peso de polímero(s) en dicha composición.
9. Cable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la composición eléctricamente aislante no comprende ningún compuesto que limita las arborescencias de agua.
10. Cable según la reivindicación 9, caracterizado por que la composición eléctricamente aislante comprende un homopolímero de etileno como único polímero en dicha composición.
11. Cable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la composición semi-conductora y/o la composición eléctricamente aislante comprende además un antioxidante.
12. Cable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos una de las dos capas seleccionadas entre la primera capa semi-conductora (3), la capa eléctricamente aislante (4), y la segunda capa semi-conductora (5) es una capa extruida, preferentemente dos de estas tres capas son unas capas extruidas, y aún más preferiblemente estas tres capas son capas extruidas.
13. Cable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos una de las dos capas seleccionadas entre la primera capa semi-conductora (3), la capa eléctricamente aislante (4), y la segunda capa semi-conductora (5) es una capa reticulada, preferentemente dos de estas tres capas son unas capas reticuladas, y aún más preferiblemente estas tres capas son capas reticuladas.
14. Cable según la reivindicación 13, caracterizado por que la composición semi-conductora y/o la composición eléctricamente aislante comprende además un agente de reticulación de tipo peróxido orgánico.
15. Cable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende además una pantalla metálica (6) que rodea la segunda capa semi-conductora.

16. Cable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende además una funda de protección (7) que rodea la segunda capa semi-conductora.

5 17. Cable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la primera capa semi-conductora (3), la capa eléctricamente aislante (4) y la segunda capa semi-conductora (5) constituye un aislamiento tricapa.

18. Cable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la carga semi-conductora se selecciona entre los negros de carbón y los grafitos, o una de sus mezclas.



**FIG. 1**