

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 419**

51 Int. Cl.:

**G02B 6/44** (2006.01)

**H01B 7/29** (2006.01)

**H01B 9/00** (2006.01)

**H01B 9/02** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.08.2008 PCT/EP2008/060202**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.02.2010 WO10015276**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2008 E 08786815 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.10.2016 EP 2329305**

54 Título: **Cable óptico terrestre para una utilización subterránea**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.04.2017**

73 Titular/es:  
**PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)**  
**Viale Sarca 222**  
**20126 Milano, IT**

72 Inventor/es:  
**BATLLE, JOSEP;**  
**MARTIN-REGALADO, JOSEP MARIA y**  
**CAMPILLO, MATIAS**

74 Agente/Representante:  
**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 609 419 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 óptico terrestre para una utilización subterránea

### Antecedentes de la invención

#### Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere, en general, a cables que ofrecen la doble función de conductores terrestres, y de cables de telecomunicaciones ópticas. Más en concreto, la invención se refiere a cables terrestres que incluyen fibras ópticas para fines de telecomunicación, y que son tendidos bajo tierra.

#### Descripción de la técnica relacionada

- 10 Algunos aparatos eléctricos, por ejemplo torres de aerogeneradores para la generación de energía eléctrica, pueden utilizar diferentes cables para interconectar dichos aparatos a una red eléctrica y para los servicios asociados con dicha red. En particular, unos cables eléctricos, típicamente cables de tensión media, permiten el transporte de energía eléctrica - energía eléctrica generada, en el caso de una torre de autogenerador - unos cables terrestres están conectados al sistema terrestre del aparato o de la red a la cual dichos aparatos pertenecen y a la toma de tierra; los cables ópticos también son utilizados para proporcionar servicios de comunicaciones o
- 15 telecomunicaciones, así como para el control de la operación de los aparatos y otras funciones. Típicamente, los tres tipos de cables son al menos parcialmente tendidos bajo tierra, precisamente dentro de la misma zanja.

- En principio, los cables terrestres pueden tener una estructura muy simple, que generalmente comprende, pero que también simplemente están compuestos por un conductor metálico, típicamente bajo la forma de unos alambres trenzados. El conductor metálico, de modo preferente, es un conductor de cobre. Un ejemplo de dicho cable terrestre de la técnica anterior se representa en la Figura 4.
- 20

- Los cables ópticos presenta una estructura determinada por su emplazamiento y por la necesidad de conseguir una protección adecuada para las fibras ópticas contenidas en su interior. La sensibilidad de las fibras ópticas al esfuerzo mecánico junto con las condiciones medioambientales, como por ejemplo la presencia de agua y / o agentes químicos que podrían penetrar en el cable, y el ataque por parte de animales, como por ejemplo roedores son ejemplos de las prevenciones que deben tomarse en consideración al diseño de dichos cables.
- 25

- El procedimiento del tendido de cables comprende el posicionamiento del cable en un lecho de arena; el lecho de arena, a continuación, es cubierto por una capa de tierra en base a un material de dimensiones de pequeñas partículas (por ejemplo, seleccionado a partir del material de excavación de la zanja), a su vez, cubierto mediante tierra corriente (típicamente el resto del material de excavación de la zanja). Este proceso es engorroso y lleva mucho tiempo en el caso de que tengan que tenderse muchos cables diferentes dentro de la zanja.
- 30

- Son conocidos para su uso como cables aéreos cables que comprenden un conductor terrestre y fibras ópticas. Dichos cables, generalmente denominados alambres de cable de toma de tierra ópticos (OPGWs), típicamente comprenden unos tubos de aluminio y / o acero inoxidable que alojan las fibras ópticas combinadas con alambres de aluminio o de aluminio reforzado, por ejemplo acero revestido de aluminio y / o una aleación de aluminio, para proporcionar una capacidad de cortocircuito y dotar también al cable de una resistencia mecánica requerida para la instalación aérea. Un ejemplo de OPGW se describe en el documento EP 1210633. Dichos cables no son apropiados para su uso bajo tierra, por muchas razones, incluyendo el hecho de que la presencia de los tubos de aluminio que alojan las fibra produciría corrosión y posibles formación de hidrógeno, que con el tiempo se acumularía dentro de los tubos, provocando el consiguiente empeoramiento del rendimiento de las fibras ópticas.
- 35

- El uso de alambres de cable aéreos de puesta a tierra no es posible o conveniente en la mayoría de los casos, por ejemplo cuando se trata de torres de autogeneradores debido a que las posibles líneas aéreas perturbarían el emplazamiento de las torres de autogeneradores. Así mismo, la ausencia de una línea de energía eléctrica aérea con la cual podrían estar asociadas, requeriría postes independientes lo que incrementaría el coste y complejidad del sistema.
- 40

- El Solicitante ha observado que podría disponerse una instalación más sencilla mediante la combinación de un cable terrestre bajo tierra con un cable de comunicaciones que comprendiera fibras ópticas. En particular, se ha encontrado que, insertando fibras ópticas que contengan elementos ópticos dentro de un montaje de alambres eléctricos apropiados para proporcionar una conexión de puesta a tierra, los alambres eléctricos pueden actuar como un blindaje del elemento óptico, proporcionando con ello una protección adecuada respecto del suelo donde el cable ha sido tendido.
- 45
- 50

Dicho conductor terrestre adaptado para quedar tendido bajo tierra debe presentar una estructura que satisfaga diversos requisitos. Una protección mecánica suficiente para las fibras ópticas contenidas en el cable es una condición ineludible. Al mismo tiempo, las fibras ópticas deben ser fácilmente extraíbles del cable en cualquier punto de su longitud - no solo en sus extremos iniciales - para llevar a cabo conexiones previstas e imprevistas con las

instalaciones. Así mismo, debe obtenerse una protección apropiada para las fibras ópticas respecto de los incrementos de temperatura debido a la corriente que pasa a través de los alambres eléctricos.

Una protección mecánica robusta podría hacer posible un fácil tendido también del cable bajo tierra.

5 Teniendo en cuenta las condiciones medioambientales, el cable también debe ser resistente a los ataques debidos al agua y / o a los agentes químicos y / o a animales tales como roedores.

10 En cuanto a la conexión eléctrica del cable terrestre el sistema de conexión a tierra puede llevarse a cabo mediante abrazaderas, pero generalmente es preferente el uso de soldaduras porque son más económicas a largo plazo. Durante la soldadura se genera un calor considerable, posiblemente perjudicial para las fibras ópticas que son generalmente puestas a prueba para temperaturas no superiores a 60° C. Es conveniente una protección térmica de las fibras ópticas contenidas en el cable.

15 El documento US 5,687,271 divulga un procedimiento y un aparato para obtener una región exenta de campos eléctricos para los cables de fibras ópticas en proximidad a líneas eléctricas de alta tensión por medio de un escudo eléctrico conductor de la misma tensión que la línea de energía eléctrica. Una región exenta de campos eléctricos también se consigue incluso si el escudo eléctrico no se incorpora, disponiendo los cables de forma que la línea de energía eléctrica completamente rodee el cable de fibras ópticas. Una región exenta de campos eléctricos se consigue también incrustando la fibra óptica dentro de cada alambre de la línea de energía eléctrica. La región exenta de campos eléctricos para un cable de fibras ópticas impide las descargas eléctricas ramificadas y otros efectos no deseables que convertiría en inoperable el cable.

### Sumario de la invención

20 El Solicitante ha descubierto que un cable de comunicaciones que contenga fibras ópticas y un cable terrestre que contenga conductores terrestres pueden ser combinados en un único cable adaptado para su uso bajo tierra mediante la provisión de una estructura en la que las fibras ópticas queden rodeadas por una capa polimérica que presente una conductividad térmica predeterminada (en lo sucesivo designada como capa polimérica térmicamente conductora). Se incorporan unos conductores de cobre en una posición radialmente externa con respecto a y  
25 rodeando dicha capa polimérica térmicamente conductora.

30 La capa polimérica térmicamente conductora proporciona una protección mecánica a las fibras ópticas, y las protege contra el calentamiento generado, por ejemplo, mediante un procedimiento de soldadura para llevar a cabo la conexión eléctrica o por un cortocircuito; la capa polimérica térmicamente conductora a la vista de la naturaleza polimérica de su material también permite el "escape" por difusión a través de ella; de hidrógeno posiblemente formado en las inmediaciones de las fibras ópticas, para que no se produzca; la capa polimérica térmicamente conductiva permite además un fácil receso a las fibras ópticas para su extracción desde cualquier punto del cable.

35 La conductividad térmica de los conductores de cobre es mucho más elevada que la de, por ejemplo, el aluminio. El uso de conductores de cobre en presencia de una capa polimérica térmicamente conductora asegura la operación del cable respecto de las fibras ópticas incluso en el supuesto de que exista un calor elevado en el cable, por ejemplo en el caso de soldaduras.

Además de la función eléctrica como conductores terrestres, los conductores de cobre proporcionan la resistencia mecánica perseguida respecto del cable y su protección para las fibras ópticas contenidas en su interior.

40 Por consiguiente, la presente invención se refiere a un cable óptico de puesta a tierra adaptado para quedar tendido bajo tierra que comprende al menos una fibra óptica; una capa polimérica térmicamente conductora que rodea la al menos una fibra óptica; y unos conductores de cobre dispuestos en una posición radialmente externa con respecto a la capa polimérica térmicamente conductora.

45 A los fines de la presente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, excepto que se indique lo contrario, todos los números que expresan volúmenes, cantidades, porcentajes, etc., deben entenderse en todos los casos modificadas por el término "aproximadamente". Así mismo, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de puntos máximo y mínimo divulgados e incluyen cualquier intervalo imperfecto, que puede o puede o no enumerarse en la presente memoria.

La al menos una fibra óptica de acuerdo con la presente invención comprende un núcleo transmisor óptico, típicamente fabricado en vidrio, rodeado por uno o más revestimientos protectores.

50 La fibra óptica puede estar contenida de manera suficientemente holgada en un tubo tampón, fabricado en un material polimérico.

La capa polimérica térmicamente conductora del cable de la invención presenta una conductividad térmica (esto es,, la propiedad de un material que indica la capacidad de un metal para conducir calor) de al menos 0,3 W/mK, de modo preferente de al menos 0,4 W/mK. La conductividad térmica de la capa polimérica térmicamente conductora de acuerdo con la invención puede alcanzar hasta 0,9 W/mK.

De modo preferente, la capa polimérica térmicamente conductora del cable de la invención comprende un material retardante a las llamas.

5 De acuerdo con la presente descripción y las reivindicaciones con el término "retardante a las llamas" pretende significarse un material que tiene la capacidad de retardar la propagación de las llamas de acuerdo con el baremo IEC 603232-1-2 (2004).

De modo preferente, la capa polimérica térmicamente conductora comprende un material carente de halógeno.

10 La capa polimérica térmicamente conductora puede, de modo ventajoso, estar fabricada a partir de un material polimérico a base de polímeros o copolímeros de etileno o propileno o mezcla de estos con la adición de un relleno retardatorio a las llamas inorgánico, por ejemplo, hidróxido de magnesio. Ejemplos de materiales apropiados para su uso como materiales poliméricos térmicamente conductores dentro de la presente invención se describen en el documento EP-A-0998747 o en el documento EP-A-1116244.

De modo preferente, la capa polimérica térmicamente conductora comprende un material ignífugo. En la presente descripción y las reivindicaciones, mediante el término "ignífugo" pretende significarse un material que presenta la capacidad de soportar el fuego de acuerdo con IEC 60332-3-24 (2000).

15 Otros materiales ejemplares de la capa polimérica térmicamente conductora de la invención son polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de densidad media (MDPE) y polietileno de baja densidad (LDPE).

El material polimérico del tubo tampón puede ser sustancialmente el mismo que el de la capa polimérica térmicamente conductora.

20 En una forma de realización preferente de la invención, una capa de hilo de bloqueo del agua, por ejemplo un hilo de aramida o fibra de vidrio, y un polvo esponjable por el agua se dispone en una posición radialmente interna con respecto a la capa polimérica térmicamente conductora. Por ejemplo, dicha capa de bloqueo del agua rodea el tubo tampón que contiene de manera holgada la al menos una fibra óptica. La capa de hilo de bloqueo del agua contribuye a proteger las fibras ópticas contra el calor, y también impide la propagación longitudinal del agua. Cuando la capa de hilo se basa en fibra de vidrio, se consigue una protección del cable contra los roedores.

25 Los conductores de cobre forman el conductor terrestre, y contribuyen, con la ayuda de la capa polimérica térmicamente conductora, a dotar al cable de la resistencia térmica deseada. Los conductores de cobre también protegen el cable contra los ataques de animales tipo roedores.

30 Los conductores de cobre están dispuestos alrededor de la capa polimérica térmicamente conductora en una configuración longitudinal con respecto al eje geométrico del cable. De modo preferente, los conductores están en contacto con la capa polimérica térmicamente conductora.

35 La protección mecánica de las fibras ópticas asegurada por la asociación de conductores de cobre / capa polimérica térmicamente conductora es tal que permite un procedimiento de tendido más rápido y menos complicado del cable de la invención. En particular, el uso de un lecho de arena ya no es necesario, y el cable puede ser tendido directamente en una capa de tierra en base a un material con unas dimensiones de partículas pequeñas, que puede, por ejemplo, ser un material seleccionado entre el material de excavación de la trinchera del cable.

40 El cobre es termodinámicamente estable, esto es, sustancialmente no reacciona en presencia de agua. Por otro lado, la conductividad térmica del cobre es mucho mayor que la del aluminio ( $401 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  vs  $237 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ ) y esto puede dar lugar a una elevación de temperatura perjudicial para las fibras ópticas, especialmente en el caso de un cortocircuito y en el procedimiento de soldadura, en particular del tipo Cadwell, que se describirá posteriormente. En el cable de acuerdo con la presente invención, los episodios térmicos elevados no ocasionan problemas, gracias a la presencia de la capa polimérica térmicamente conductora, que asegura que las fibras ópticas están muy bien protegidas y mantenidas seguras incluso en el supuesto de un pico térmico.

45 En el caso de que se generen picos térmicos elevados, por ejemplo, en el caso de soldaduras o de cortocircuitos, si el calor generado es mantenido confinado dentro de un volumen relativamente pequeño, se alcanzaría un valor de alta temperatura inaceptable, el cual se transmitiría radialmente a las fibras dispuestas dentro del cable, provocando daños a las mismas. Sin embargo, la presencia de la capa polimérica térmicamente conductora permite que el calor localmente generado sea transmitido longitudinalmente a lo largo de la extensión del cable. Distribuyendo así el calor de manera tal que el pico de temperatura alcanzado permanezca por debajo del valor aceptable para las fibras alojadas dentro del cable.

#### 50 **Breve descripción de los dibujos**

Estas y otras características y ventajas de la presente invención se pondrán sin dificultad de manifiesto a partir de la lectura de la descripción detallada subsecuente, en la que se ofrecen formas de realización ejemplares, en combinación con los dibujos adjuntos, en los que:

Las **Figuras 1A** y **1B** muestran, respectivamente, en una vista en perspectiva y en sección transversal, un cable de acuerdo con una forma de realización de la presente invención;

la **Figura 2** muestra de forma esquemática un ejemplo de un sistema en el que el cable de las **Figuras 1A** y **1B** puede ser utilizado; y

5 la **Figura 3** muestra, de forma esquemática, en sección transversal, un detalle de la sección de tendido bajo tierra de los cables de la **Figura 2**; y

la **Figura 4** muestra una sección transversal de un cable terrestre de acuerdo con la técnica anterior.

#### Descripción detallada de formas de realización de la invención

10 Un cable terrestre de acuerdo con la técnica anterior se muestra en la **Figura 4**, en la que un cable **400** comprende unos conductores **401** de alambre en una configuración trenzada. Este cable también se designa como un cable "conductor desnudo" teniendo en cuenta la ausencia de cualquier tipo de revestimiento

15 Con referencia a los dibujos y, en particular, a las **Figuras 1A** y **1B**, un cable de acuerdo con una forma de realización de la presente invención, se indica globalmente con la referencia numeral **100**, comprende al menos una fibra óptica **105**, de modo preferente una pluralidad de fibras ópticas, por ejemplo en un número que oscila entre 8 y 24 (el cable puede sin embargo comprender números diferentes de fibras ópticas). Las fibras ópticas **105** pueden ser o bien fibras de modo único o de modo múltiple. Las fibras ópticas **105** están alojadas de manera holgada dentro de un tubo **110** tampón. Por ejemplo, ocho fibras ópticas están contenidas en un tubo tampón con un diámetro interior de 3,10 mm, y un diámetro exterior de 4,40 mm.

20 Debe destacarse que podrían estar presentes más de un tubo tampón en el cable **100**, conteniendo cada uno número predeterminado de fibras ópticas **105**. En el caso de que se prevea más de un tubo tampón, estarían, de modo preferente, formando torones, ya sea en una configuración continua o en hélice alternada (S-Z).

25 Alrededor del (de los) tubo(s) **110** tampón(es), se dispone una capa **115** de un material de hilo de bloqueo del agua, que forme una capa de bloqueo del agua. El material de hilo de bloqueo del agua utilizado para la capa **115** puede ser hilo de aramida o, de modo preferente, fibra de vidrio, añadido, de modo preferente revestido mediante un polvo esponjable por el agua

30 Una capa **120** formada a partir de un material polimérico térmicamente conductor está dispuesta alrededor de la capa **115**. El material polimérico ejemplificado un material retardante a las llamas, exento de halógeno, con una conductividad térmica de, por ejemplo, 0,6 W/mK. Un material apropiado para este fin es utilizado en cables comercializados por Prysmian S.p.A. con la marca Afumex™, y comprende, por ejemplo, una mezcla de polipropileno y polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) que contiene hidróxido de magnesio. Otro ejemplo de un material apropiado para la capa **120** polimérica térmicamente conductora de la invención se basa en un polímero de acetato de etilenvinilo (EVA) que contiene hidróxido de aluminio.

La capa **120** polimérica térmicamente conductora puede tener un grosor de entre 0,5 mm y 3 mm. Un grosor de al menos 1 mm es preferente desde el punto de vista mecánico.

35 Los cables **130** de cobre eléctricamente conductores están dispuestos en una posición radialmente externa con respecto a la capa **120** polimérica térmicamente conductora y en contacto directo con ella.

40 La capa **120** polimérica térmicamente conductora contribuye a proteger mecánicamente las fibras ópticas **105**, sobre todo las protege contra el calor. El calor puede ser generado por ejemplo durante un procedimiento de soldadura para efectuar la conexión eléctrica del cable con, por ejemplo, un sistema terrestre, según se describe más adelante o, cuando el cable esté en operación, en un caso de cortocircuito.

La capa **120** polimérica térmicamente conductora permite también el "escape" por difusión de hidrógeno que puede formarse en las inmediaciones de las fibras ópticas para que el posible hidrógeno generado dentro del cable no se acumule con el tiempo alcanzando una concentración adecuada para provocar la atenuación de las fibras ópticas.

45 La capa **115** de material de hilo de bloqueo del agua contribuye también a proteger las fibras ópticas contra el calor propagado radialmente dentro del cable, e impide así mismo, la propagación longitudinal de agua. El uso de fibras de vidrio en la capa **115** de bloqueo del agua ofrece la ventaja adicional que puede conseguirse la protección contra los roedores del cable.

50 Los conductores **130** de cobre forman el conductor terrestre de la invención y contribuyen, junto con la capa **120** polimérica a dotar al cable de una resistencia mecánica, asegurando de este modo que las fibras ópticas queden adecuadamente protegidas. Los conductores **130** de cobre contribuyen también a proteger el cable contra los ataques por animales, tales como roedores. Por ejemplo, un cable de acuerdo con la invención diseñado para ofrecer una resistencia de  $\leq 0,387$  Ohmios / km se dispuso con dieciséis conductores de cobre con un diámetro cada uno de 2,270 mm.

La protección mecánica suministrada por la asociación de conductores de cobre / capa polimérica térmicamente conductora es tal que permite un procedimiento de tendido rápido y sencillo del cable de la invención, como se analizará a continuación en la presente memoria

5 En la **Figura 2** en ella se muestra de forma esquemática de un ejemplo de uso de un cable de las **Figuras 1A y 1B**.  
 En una torre **200** de autogeneradores, un cable **210** de tensión media (MV) para el transporte de energía eléctrica producida parte de un sistema **201** de generador / transformador, llega hasta una celda **205** para la conmutación de activación / desactivación hasta la red eléctrica a la que el cable **210**, como, típicamente, otros cables de MV procedentes de otras torres de aerogeneradores está conectado. La celda **205** está generalmente situada en las inmediaciones del basamento de la torre **200** de aerogeneradores. El cable **210** de MV está conectado a un sistema **225** terrestre (la conexión no se ilustra).  
 10

Un cable **215** de acuerdo con la invención está tendido bajo tierra en una zanja, típicamente la misma zanja del cable **210** de MV. El cable **215** es extraído de la zanja y recogido por encima del nivel del suelo para acceder a las fibras ópticas cuando sea necesario, en correspondencia con una caja **220** de conexión de las fibras, situada por ejemplo en la torre **200** de aerogenerador, y para conectar los conductores de cobre al sistema **225** terrestre de la torre **200** autogeneradora la cual, a su vez, está conectada al suelo.  
 15

La conexión del cable **215** con el sistema **225** terrestre se puede llevar a cabo en unos puntos **230** mediante, por ejemplo, un procedimiento de soldadura Cadwell. El procedimiento de soldadura Cadwell comprende las etapas de exponer las porciones metálicas destinadas a ser soldadas y posicionar las porciones expuestas en un molde metálico de dos valvas. Dicho molde, cuando es cerrado, da lugar a una tolva en una de las superficies del molde.  
 20 La tolva es cargada con polvo de soldadura y con polvo de ignición, disponiéndose este último también sobre los bordes del molde, entonces la tolva es firmemente cerrada con una tapa y una pistola es aplicada en contacto con el polvo de ignición para su inflamación.

En el ejemplo ilustrado, los puntos **230** son dos, para asegurar la continuidad de la conexión terrestre entre cada sistema terrestre de torre aerogeneradora y el sistema terrestre de la red eléctrica (no ilustrado). El cable **210** de MV puede ser conectado al sistema **225** terrestre en al menos un punto **230** o en el punto(s) diferente(s).  
 25

La conexión de telecomunicación, de utilidad, por ejemplo, para el control de la operación de torre aerogeneradora puede llevarse a cabo cortando los conductores de cobre del cable **215**, extrayendo las fibras ópticas y empalmándolas a los tubos flexibles de la caja **220** de conexión. El corte de los conductores de cobre puede llevarse a cabo en cualquier punto del cable **215** corriente debajo de la conexión terrestre en los puntos **230**.  
 30

La **Figura 3** muestra de forma esquemática una disposición de tendido ventajosa del cable **215** de acuerdo con la invención. Una zanja **305** es excavada en la tierra para tender el cable **215**. Una capa **310** de material de tierra con un tamaño de partículas relativamente pequeño, seleccionado por ejemplo a partir del material de excavación de la zanja, es depositado dentro de la zanja **305** y el cable **215** es tendido, junto con el cable **210** de distribución de MV; el mismo material de tierra de tamaño de partículas pequeñas es entonces utilizado para cubrir el cable **215** y el cable **210** de distribución de la MV: estos dos cables quedan así enterrados dentro el material de tierra con un tamaño de partículas pequeño. A continuación, la zanja **305** es llenada con otro material **315**, por ejemplo, el material restante del material de excavación de la zanja. No es necesario ningún lecho de arena.  
 35

En la fabricación del cable de la invención, los alambres **130** de cobre son desenrollados de las respectivas bobinas y trenzados alrededor del cable **120** polimérico con un paso de trenzado determinado, por ejemplo de 185 mm con un ángulo de 11,5°.  
 40

La fuerza de tracción aplicada a los alambres **130** de cobre durante su trenzado alrededor de la capa polimérica **120** térmicamente conductora debe ser ajustada con el fin de evitar posibles daños a las fibras ópticas y para asegurar una longitud sobrante suficiente de las fibras ópticas, para garantizar el comportamiento satisfactorio del cable en diferentes condiciones climáticas.  
 45

De modo preferente, los alambres **130** de cobre forman una cubierta esencialmente continua sin aberturas y sin partes descubiertas de la capa **120** polimérica térmicamente conductora subyacente. Un contacto recíproco satisfactorio entre los alambres **130** de cobre adyacentes debe ser asegurada, tanto para garantizar el rendimiento satisfactorio del cable como conductor terrestre, como para proteger las capas subyacentes del calor generado y de los materiales utilizados durante el procedimiento de soldadura para asegurar la conexión eléctrica con el sistema terrestre.  
 50

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un cable (100; 215) terrestre adaptado para ser tendido bajo tierra, que comprende al menos una fibra óptica (105),
- una capa (120) polimérica térmicamente conductora que rodea la al menos una fibra óptica;
- 5                   - unos conductores (130) de cobre dispuestos en una posición radialmente externa con respecto a la capa polimérica térmicamente conductora
- en el que la capa polimérica térmicamente conductora tiene una conductividad térmica de al menos 0,3 W/mK.
- 2.- El cable terrestre de la reivindicación 1, en el que la capa polimérica térmicamente conductora tiene una conductividad térmica de al menos 0,4 W/mK.
- 10   3.- El cable terrestre de la reivindicación 1 o 2, en el que la capa polimérica térmicamente conductora tiene una conductividad térmica máxima de 0,9 W/mK.
- 4.- El cable terrestre de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la capa polimérica térmicamente conductora comprende un material retardante de la llama.
- 5.- El cable terrestre de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la capa polimérica térmicamente conductora comprende un material ignífugo.
- 15   6.- El cable terrestre de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la capa polimérica térmicamente conductora se basa en un material seleccionado entre el grupo que consiste en polímeros o copolímeros de etileno o propileno, o mezclas de los mismos.
- 7.- El cable terrestre de la reivindicación 6, en el que la capa polimérica térmicamente conductora comprende al menos un relleno retardante de las llamas.
- 20   8.- El cable terrestre de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además una capa (115) de hilo de bloqueo del agua que rodea la al menos una fibra óptica dispuesta por dentro de la capa polimérica térmicamente conductora.
- 9.- El cable terrestre de la reivindicación 8, en el que la capa de hilo de bloqueo del agua incluye al menos un elemento entre hilos de aramida y fibras de vidrio.
- 25   10.- El cable terrestre de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los conductores de cobre están en contacto directo con la capa polimérica térmicamente conductora.
- 11.- Un sistema de puesta a tierra eléctrico, que comprende:
- una tierra general o un sistema (225) terrestre;
- 30                   - al menos un cable (100, 215) terrestre de acuerdo con cualquier reivindicación 1 - 10; comprendiendo el cable terrestre un conductor (130) eléctrico conectado a la tierra general o al sistema (225) terrestre.
- 12.- El sistema de puesta a tierra eléctrico de la reivindicación 11, en el que el al menos un cable terrestre es tendido bajo tierra.
- 13.- El sistema de puesta a tierra eléctrico de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el conductor (130) eléctrico del cable (100; 215) terrestre está conectado a la tierra general o al sistema terrestre por soldadura.
- 35

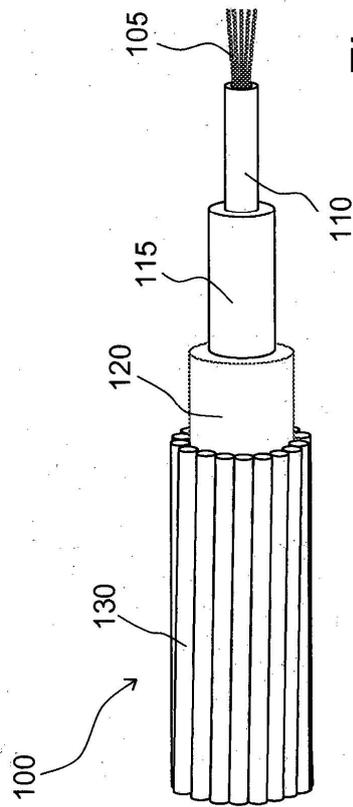


Fig. 1A

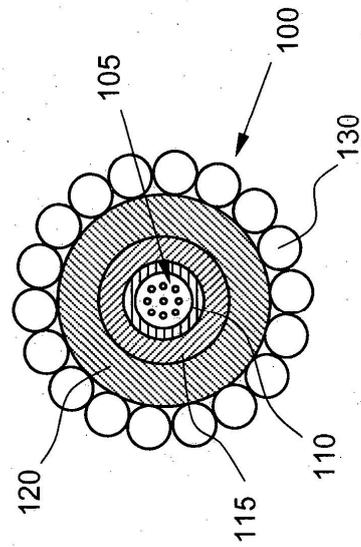


Fig. 1B



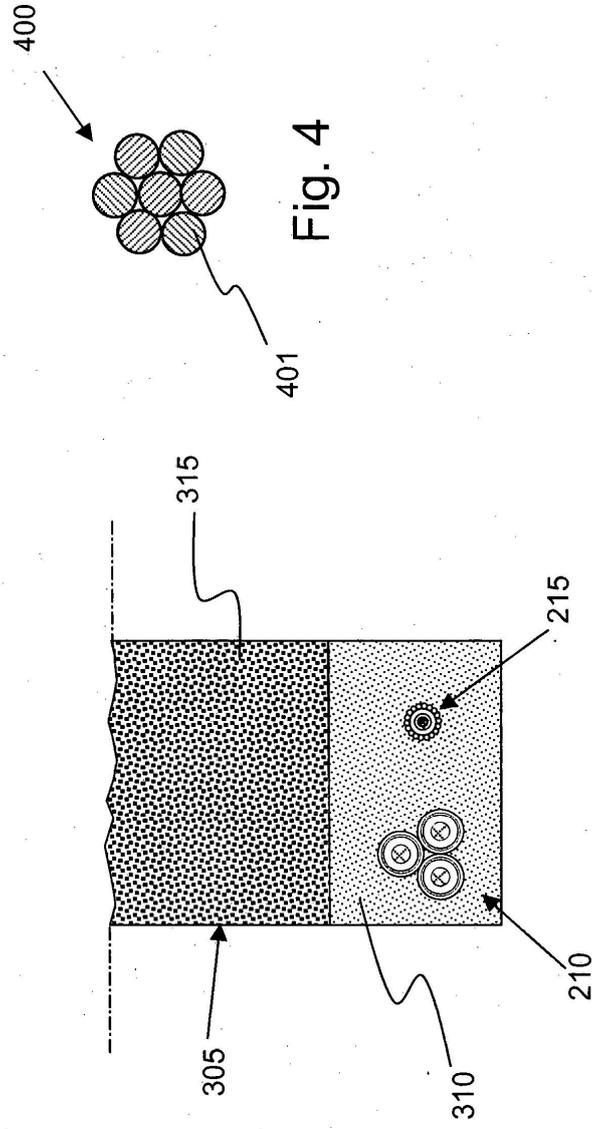


Fig. 4

Fig. 3