

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 802**

51 Int. Cl.:

**H01B 3/10** (2006.01)

**H01B 7/29** (2006.01)

**H01B 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2012 E 12174688 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2016 EP 2544190**

54 Título: **Cable eléctrico de corrosión limitada y con resistencia al fuego mejorada**

30 Prioridad:

**04.07.2011 FR 1156011**

**04.07.2011 FR 1156016**

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

**07.09.2016**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SUMERA, RODRIGUE y**  
**BRISMALEIN, CHRISTOPHE**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 581 802 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).

**DESCRIPCION**

Cable eléctrico de corrosión limitada y con resistencia al fuego mejorada

5 La presente invención se refiere al ámbito de los cables eléctricos. La invención se aplica típicamente, pero no exclusivamente, a los cables de transmisión eléctrica de alta tensión o cables aéreos de transporte de energía, bien conocidos bajo el anglicismo "OverHead Lines" (OHL).

Los cables OHL están tradicionalmente constituidos por elementos eléctricamente conductores desnudos, tendidos en un conjunto apropiado de columnas. Estas líneas están clásicamente destinadas para el transporte de la energía eléctrica bajo una alta tensión alterna (225 a 800 kV).

10 La presente invención se refiere a un cable eléctrico que presenta una resistencia a la corrosión elevada, con el fin de resistir a las condiciones atmosféricas duras como la atmósfera salada cerca de las costas o la atmósfera azufrada de los medios urbanos industrializados.

15 Los cables OHL generalmente son fabricados a base de aluminio. Este material presenta en efecto un peso bastante bajo con relación a otros materiales conductores. Sin embargo este último presenta una resistencia a la corrosión bastante baja. En efecto, se ha podido observar, que al cabo de 2-3 años en una atmósfera muy corrosiva (atmósfera salina o azufrada), un conductor de aluminio o de aleación de aluminio presentaba fisuras que pueden producir a la larga, la caída de la línea aérea (rotura de los filamentos que forman el cable).

20 Es por lo que, es conocido proteger los cables de aluminio o de aleación de aluminio aplicándoles una capa de grasa sobre su superficie exterior. Sin embargo, esta solución no es satisfactoria dado que la capa de grasa tiene una acción limitada en el tiempo. Además, la capa de grasa produce un efecto corona que provoca por sí misma una perturbación sonora que es desagradable para la población instalada en la proximidad de la línea.

La patente FR 676.889 describe un cable eléctrico de alta tensión que comprende un elemento conductor central formado por hilos metálicos redondos de aluminio y recubierto con una capa externa formada por hilos metálicos en forma de Z igualmente de aluminio. Sin embargo, dicho tipo de cable eléctrico no permite resistir lo suficientemente en el tiempo a atmósferas cargadas de sal o de azufre.

25 La presente invención se refiere igualmente a un cable eléctrico apto para resistir el calor, generado por ejemplo por un incendio.

Los cables de aluminio o de aleación de aluminio, debido a su baja resistencia al calor (el punto de fusión del aluminio es en efecto de 658°C), no son utilizados en aplicaciones eléctricas donde la temperatura puede ser elevada, por ejemplo donde se requiere una resistencia al fuego (por ejemplo: lámpara de salida de auxilio).

30 Cuando se requiere dicha exigencia, es conocido utilizar en la técnica anterior cables eléctricos a base de cobre. El punto de fusión del cobre es en efecto más elevado que el del aluminio y es del orden de los 1083°C.

35 La presente invención tiene por objeto proponer un nuevo cable eléctrico que evite la totalidad o parte de los inconvenientes anteriormente citados. En particular, el cable eléctrico según la invención tiene por objeto resistir condiciones atmosféricas severas y evitar así la corrosión de las líneas aéreas. Tiene igualmente por objeto resistir las altas temperaturas, tales como temperaturas de incendio que pueden ser del orden de los 600 a 1200°C, permitiendo una continuidad de la señal eléctrica.

40 A este respecto, la invención tiene por objeto un cable eléctrico que comprende un elemento alargado, rodeado por una primera capa que comprende un ensamblado de al menos dos filamentos metálicos de aluminio o aleación de aluminio (o hilos metálicos de aluminio o aleación de aluminio), caracterizado por que al menos una parte del contorno de los indicados al menos dos filamentos metálicos, y de preferencia todo el contorno de los indicados al menos dos filamentos metálicos comprende una capa de aluminio hidratada. En otras palabras, los indicados al menos dos filamentos metálicos están cada uno rodeados al menos en parte, incluso totalmente, por una capa de alúmina hidratada.

45 La Firma solicitante ha descubierto de forma sorprendente que la primera capa de la invención, formada con filamentos metálicos cuyo borde o periferia de los indicados filamentos metálicos está hecha de alúmina hidratada, presenta una resistencia a la corrosión extremadamente elevada.

50 Además, la indicada primera capa de la invención presenta una resistencia a la temperatura mejorada, permitiendo una continuidad de la señal eléctrica. El cable eléctrico de la invención es así capaz de resistir incendios, y esto principalmente no obstante el bajo punto de fusión del aluminio o de las aleaciones de aluminio susceptibles de formar el cable. En efecto, considerando que los filamentos metálicos constitutivos de la primera capa son de aluminio o de aleación de aluminio, la capa de alúmina hidratada permite revestir el aluminio o la aleación de aluminio, incluso cuando éste se encuentra en fusión. Además, la capa de alúmina hidratada seguirá directamente la

dilatación del aluminio o de la aleación de aluminio en fusión aumentando así la maleabilidad y la deformabilidad de los filamentos que forman el cable en golpes térmicos. Es por lo que, debido a esta dilatación, la continuidad de la señal eléctrica tiene siempre lugar (los filamentos metálicos que constituyen el cable no se rompen bajo el efecto del calor).

- 5 En un modo de realización particular, cada uno de los filamentos metálicos constitutivos del conjunto de la primera capa comprende una capa de alúmina por todo su contorno.

Por este motivo, el conjunto de la superficie exterior de la primera capa se recubre con una capa de alúmina. En otras palabras, la superficie exterior de la primera capa comprende la mencionada capa de alúmina, extendiéndose esta capa particularmente a lo largo del eje longitudinal del cable eléctrico.

- 10 Se entiende por «superficie exterior» la superficie que está más alejada del elemento alargado.

De preferencia, los filamentos metálicos constitutivos de la primera capa son aptos para conferir a la indicada primera capa una superficie sustancialmente regular, pudiendo cada uno de los filamentos constitutivos de la primera capa particularmente presentar una sección transversal de forma complementaria al (a los) filamento(s) que le es/son adyacente(s).

- 15 Según la invención, por «filamentos metálicos aptos para conferir a la indicada primera capa una superficie sustancialmente regular, cada uno de los filamentos constitutivos de la primera capa que pueden particularmente presentar una sección transversal de forma complementaria al (a los) filamento(s) que le es/son adyacente(s)», se entiende que: la yuxtaposición o el encajamiento del conjunto de los filamentos constitutivos de la primera capa, forma una cubierta continua (sin irregularidades), por ejemplo de sección circular u oval o también cuadrada.

- 20 Así, los filamentos de sección transversal en forma de Z o en forma de trapecio son adecuados para la presente invención, mientras que los filamentos de sección circular (cuyo ensamblado no permite obtener una cubierta regular), no entran en la definición indicada más arriba. En particular, filamentos de sección transversal en forma de Z son preferidos.

De forma aún más preferida, la primera capa presenta una sección transversal en forma de anillo.

- 25 Según una primera variante de realización, la primera capa es una capa externa. Según la invención, se entiende por «capa externa» del cable eléctrico, la última capa del cable eléctrico (es decir la capa más exterior del cable eléctrico), en particular, la que está destinada para estar en contacto con el medio exterior al cable, es decir generalmente con la atmósfera. Por este motivo, el cable eléctrico de la invención no comprende otras capas que rodeen la primera capa. Así, cuando todos los filamentos metálicos constitutivos de la primera capa están rodeados por la indicada capa de alúmina y cuando la primera capa es la capa externa, la superficie exterior del cable eléctrico de la invención comprende la indicada capa de alúmina a lo largo de su eje longitudinal.

- 30 Según una segunda variante de realización, la primera capa está recubierta con una capa eléctricamente aislante o por una envoltura aislante.

- 35 En la invención, la capa de alúmina hidratada es una capa de hidróxido de óxido de aluminio o en otras palabras una capa de hidróxido de alúmina.

Según una primera variante, la capa de alúmina hidratada es una capa monohidratada.

A título de ejemplo, se puede citar, como alúmina monohidratada, la boehmita, que es el polimorfo gamma de  $\text{AlO}(\text{OH})$  o  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ; o la diáspora, que es el polimorfo alfa de  $\text{AlO}(\text{OH})$  o  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

- 40 Según una segunda variante, la capa de alúmina hidratada es una capa polihidratada, y de preferencia una capa trihidratada.

A título de ejemplo, se puede citar, como alúmina trihidratada, la gibbsita o hidrargilita que es el polimorfo gamma de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ; la bayerita que es el polimorfo alfa de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ; o la nordstrandita, que es el polimorfo beta de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

- 45 La capa de alúmina de la invención (es decir capa de alúmina hidratada) es una capa cuyo espesor está controlado. En otras palabras, se obtiene por un procedimiento de fabricación que permite obtener un espesor sustancialmente constante y homogéneo por todo el contorno del o de los filamento(s) metálico(s). A título de ejemplo, se puede obtener esta capa de alúmina hidratada por anodización (véase oxidación controlada).

En una primera variante de realización, la indicada capa de alúmina hidratada no se encuentra presente en una o varias porciones del cable eléctrico destinada(s) para la conexión eléctrica y esto, para facilitar su instalación.

En una segunda variante de realización, la capa de alúmina hidratada es apta para romperse a nivel de una zona de

conexión (por ejemplo, unión eléctrica o anclaje eléctrico), con el fin de evitar, en configuración operacional del cable, cualquier sobrecalentamiento de éste a nivel de dicha conexión.

5 Clásicamente, las conexiones a nivel de una unión eléctrica (conexión cable con cable) o a nivel de un anclaje eléctrico (poste-cable) se realizan por mediación de un manguito de material conductor, tal como en acero o en aluminio. Por ejemplo, a nivel de una unión, el extremo de dos cables (con una longitud de aproximadamente 80 cm), se introduce en el interior del manguito que seguidamente se comprime por un medio de apriete. En la zona de conexión, los extremos del cable quedan así protegidos de la corrosión por el manguito.

10 Los cables eléctricos de la técnica anterior no comprenden capa de alúmina hidratada en su superficie externa, la corriente que circula por el cable es evacuada del material de la capa externa hacia el material conductor del manguito.

15 En el cable eléctrico según la invención, la capa de alúmina hidratada, que recubre de forma preferida el contorno exterior de la primera capa del cable eléctrico, es un aislante eléctrico (1  $\mu\text{m}$  de alúmina permite aislar eléctricamente una tensión de 40V). Se podía por consiguiente pensar que la misma produce un sobrecalentamiento a nivel de la primera capa al no permitir la evacuación de la corriente que circula por el cable eléctrico hacia el manguito. Esto sería tanto más perjudicial ya que la norma CEI 61284 especifica a este respecto que la temperatura de un conductor no debe sobrepasar los 105°C bajo el riesgo de producir una fluencia del conductor (más allá de esta temperatura se observa en efecto un tratamiento de revenido que modifica las características mecánicas del cable, particularmente cuando éste está constituido a base de aleación de aluminio) y provoca el flexionado de las líneas aéreas que podrían entonces ponerse en contacto con tejados de viviendas o en contacto con los árboles.

20

25 Sin embargo, la Firma solicitante ha descubierto que la presencia de la capa de alúmina hidratada, particularmente a nivel de la indicada zona de conexión, no era contrariante y no produce sobrecalentamiento dado que ésta se rompe en la instalación del cable eléctrico. En efecto, la compresión ejercida (según las normas en vigor) sobre el manguito por mediación del medio de apriete es suficiente para romper la capa de alúmina y así hacer pasar la corriente eléctrica entre la primera capa y el manguito, particularmente cuando la primera capa es una capa externa.

De preferencia, el espesor de esta capa de alúmina (véanse filamentos de la primera capa) es como máximo de 20  $\mu\text{m}$ , y de preferencia de al menos 5  $\mu\text{m}$ . De forma particularmente preferida, el espesor de la capa de alúmina puede oscilar entre 6 y 15  $\mu\text{m}$ , y de forma aún más preferida, entre 8 y 12  $\mu\text{m}$  (bornes inclusive).

30 El elemento alargado del cable eléctrico de la invención puede ser de preferencia posicionado en el centro del cable (es decir posición central). Puede ser un elemento eléctricamente conductor, y/o un elemento de refuerzo mecánico.

Según una característica de la invención, entre el elemento alargado y la capa externa se dispone una segunda capa. Se puede hablar más particularmente de una segunda capa llamada capa interna.

35 Según una primera variante de realización, la capa interna comprende un conjunto de filamentos metálicos, presentando cada uno de los filamentos constitutivos de la capa interna una sección transversal de forma complementaria al (a los) filamento(s) que le es/son adyacente(s). De forma preferida, los filamentos de la capa interna, una vez ensamblados forman así una envuelta externa que presenta una sección regular, por ejemplo circular, oval o cuadrada. De forma aún más preferida, los filamentos de la capa interna, una vez ensamblados presentan una sección transversal en forma de anillo. A título de ejemplo, los filamentos de la capa interna pueden presentar una sección transversal en forma de Z o de trapecio, siendo la forma de Z preferida.

40 En una variante de realización, los filamentos de la capa interna pueden presentar una sección transversal de forma redonda.

Según un modo de realización, al menos una parte del contorno de los filamentos metálicos, y de preferencia todo el contorno de los filamentos metálicos de la capa interna está formado igualmente por una capa de alúmina, y de preferencia por una capa de alúmina monohidratada.

45 El espesor de esta capa de alúmina (véase filamentos de la segunda capa) varía igualmente de 5 a 20  $\mu\text{m}$ , de forma preferida de 6 a 15  $\mu\text{m}$ , y de forma aún más preferida de 8 a 12  $\mu\text{m}$  (bornes incluidos).

En particular, el elemento alargado, la primera capa (o más particularmente los filamentos metálicos constitutivos de la primera capa) y/o la segunda capa (o más particularmente los filamentos metálicos constitutivos de la segunda capa) son de preferencia de aluminio o de aleación de aluminio.

50 Por «aleación de aluminio», se entienden las aleaciones de aluminio definidas en la Directive Aluminium Association de Washington DC 2086 o las aleaciones que responden a la norma europea EN573. Estas normas definen varias clases de aleación de aluminio que presentan las referencias que van de 1000 a 8000.

De preferencia, el cable eléctrico de la invención es un cable de transmisión eléctrica de alta tensión (OHL).

5 Otro objeto de la invención se refiere a un cable eléctrico que comprende al menos un filamento metálico (o hilo metálico), particularmente de aluminio o de aleación de aluminio, caracterizado por que el indicado filamento metálico comprende en toda su periferia una capa de alúmina hidratada, siendo el indicado filamento metálico y la capa de alúmina hidratada tales como se han definido en la presente descripción. Este filamento metálico rodeado por su capa de alúmina hidratada puede ser particularmente obtenido por la etapa a del procedimiento de fabricación descrito a continuación, y más particularmente por oxidación controlada.

10 Así, el o los filamentos metálicos cuyo borde o periferia está rodeada totalmente de alúmina hidratada, presenta por una parte una resistencia a la corrosión extremadamente elevada, y por otra parte una resistencia a la temperatura mejorada, permitiendo una continuidad de la señal eléctrica.

Este filamento metálico puede estar clásicamente rodeado por una capa eléctricamente aislante o una envoltura aislante.

15 En la presente invención, sea cual fuere el objeto de la invención tomado en consideración, el o los filamentos metálicos no comprenden de preferencia capa de alúmina cerámica, y más generalmente no comprenden capa de cerámica, rodeando la capa de alúmina hidratada. Así, la resistencia al fuego puede ser optimizada por la no presencia de una capa de alúmina cerámica, o la no presencia de una capa de cerámica, alrededor de la capa de alúmina hidratada.

20 En efecto, en un incendio, una capa de alúmina cerámica que rodea la capa de alúmina hidratada podría dañar de forma significativa el filamento metálico. La capa de alúmina de cerámica limitaría así, en un incendio, la continuidad de la señal eléctrica del cable eléctrico en cuestión, es decir cuando el o los filamentos metálicos se encuentran en fusión.

El cable eléctrico así definido en este otro objeto de la invención puede ser utilizado particularmente en el ámbito de la aeronáutica, en el ámbito ferroviario o en el de las construcciones, por ejemplo para alimentar una lámpara de un panel de salida de auxilio.

25 La presente invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de fabricación de un cable eléctrico tal como se ha descrito anteriormente, caracterizado por que comprende las etapas siguientes:

a) realizar una oxidación controlada sobre la superficie de al menos un filamento metálico de aluminio o de aleación de aluminio,

30 con el fin de formar una capa de alúmina hidratada sobre al menos una parte del contorno de dicho filamento metálico, y de preferencia por todo el contorno de dicho filamento metálico, y

b) ensamblar varios filamentos obtenidos según la etapa a) con el fin de formar la primera capa, y opcionalmente la segunda capa, alrededor del elemento alargado.

35 La oxidación controlada permite obtener una capa de alúmina hidratada cuyo espesor es sustancialmente constante y homogéneo sobre el contorno del filamento metálico, contrariamente a lo que se podría obtener con una oxidación llamada «al aire libre».

A título de ejemplo, la oxidación controlada puede ser realizada por anodización. La anodización es más particularmente una oxidación controlada y electroquímica de la superficie de un material, tal como un material de aluminio o de aleación de aluminio.

40 De preferencia, el filamento metálico obtenido en la etapa a) puede experimentar un cubrimiento de la capa de alúmina hidratada, con el fin de mejorar su compacidad.

Este cubrimiento puede por ejemplo ser efectuado realizando una hidratación en caliente del filamento metálico obtenido en la etapa a), sumergiendo el indicado filamento en el agua hirviendo. Esta etapa de cubrimiento se realiza previamente a la etapa b).

45 Ventajosamente, el filamento obtenido en la etapa a) o el filamento obtenido después del cubrimiento, se aclara con agua de osmosis.

En un modo de realización preferido, en la primera capa, y opcionalmente en la segunda capa, cada filamento presenta una sección transversal de forma complementaria al(a los) filamento(s) que le es/son adyacente(s), y siendo apto para conferir a la capa en cuestión una superficie sustancialmente regular.

La invención se comprenderá mejor, y otros fines, detalles, características y ventajas de ésta aparecerán más

claramente en el transcurso de la descripción siguiente de modos de realización particulares de la invención, dados únicamente a título ilustrativo y no limitativo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

En estos dibujos:

- 5 - La figura 1 es una vista esquemática de sección de un cable eléctrico según un modo de realización de la presente invención;
- La figura 2 es una vista ampliada de la capa externa del cable eléctrico según la figura 1;
- La figura 3 es una vista esquemática de sección de un cable eléctrico según otro modo de realización de la presente invención;
- 10 - La figura 4 es una vista ampliada de la capa externa del cable eléctrico según la figura 3;
- La figura 5 es una fotografía que muestra la capa de alúmina hidratada, formada según el procedimiento de la invención;
- La figura 6 es un esquema de principio de un ensayo de corrosión acelerado realizado por el presente solicitante;
- 15 - La figura 7 es una fotografía que muestra la superficie de un cable eléctrico según la técnica anterior («OHL convencional con grasa interior») después de que éste haya experimentado el ensayo de corrosión de la figura 6;
- La figura 8 es una fotografía que muestra la superficie de un cable eléctrico según la invención una vez que el indicado cable eléctrico haya experimentado el ensayo de corrosión de la figura 6;
- 20 - La figura 9 es un gráfico que muestra la evolución de la corrosión (profundidad media de brechas formadas por la corrosión en función del tiempo) para tres cables eléctricos: un primer cable eléctrico según la técnica anterior que comprende una capa externa que incluye filamentos de sección transversal en Z («OHL convencional sin grasa interior»), un segundo cable eléctrico según la técnica anterior que comprende una capa externa que incluye filamentos de sección transversal en Z con un relleno interior de grasa («OHL convencional»), y otro cable eléctrico según la invención («OHL Solución»);
- 25 - La figura 10 es una foto macroscópica de un hilo de aleación de aluminio bruto que ha experimentado un ensayo térmico (potencia térmica de 440 vatios); y
- La figura 11 es una foto macroscópica de un hilo de aleación de aluminio anodizado según la invención que ha experimentado el mismo ensayo térmico que el hilo de la figura 10 (potencia térmica de 440 vatios).

30 Por motivos de claridad, solo los elementos esenciales para la comprensión de la invención han sido representados de forma esquemática en estas figuras, y esto sin respetar la escala.

El cable eléctrico 1, ilustrado en las figuras 1 y 2, corresponde a un cable eléctrico de transmisión eléctrica de alta tensión del tipo OHL.

35 Este cable eléctrico 1 comprende: un elemento eléctricamente conductor central 4 alargado y, sucesiva y coaxialmente alrededor de este elemento conductor central 4, una capa interna 3, y una capa externa 2. Las capas interna 3 y externa 2 son igualmente eléctricamente conductoras. En particular, el elemento central 4 se encuentra en contacto con la capa interna 3, que está así mismo en contacto con la capa externa 2.

El elemento conductor 4 está formado por filamentos cilíndricos redondos 4a de aluminio o aleación de aluminio en número de siete, estando cada filamento 4a recubierto de grasas 5. Esta grasa 5 llena así a la vez los intersticios presentes entre los filamentos cilíndricos 4a y entre los filamentos 4a y la capa interna 3.

40 La capa interna 3 y la capa externa 2 están constituidas por un conjunto de filamentos (3a y 2a) igualmente de aluminio o de aleación de aluminio cuya sección transversal se encuentra en forma de Z (o en forma de «S» según la orientación de la Z). La geometría de los filamentos en forma de «Z» permite así obtener una superficie casi provista de algunos intersticios que pueden generar acumulaciones de humedad y por consiguiente polos de corrosión. Tal como se ha representado en la figura 1, la capa interna 3 comprende 13 filamentos 3a y la capa

45 externa 18 filamentos 2a. La capa interna 3 difiere de la capa externa 2 en que la capa externa está compuesta por filamentos 2a cuyo contorno (de cada filamento) está formado por una capa de alúmina 9, de preferencia monohidratada. Esta capa de alúmina 9 está generalmente formada por anodización. La geometría particular de los filamentos 2a (sección transversal en Z) y su protección por la capa de alúmina 9 forman así una barrera contra la corrosión y esto, incluso si el conductor eléctrico 1 se encuentra en condiciones severas de exposición marina e industrial (presencia en el aire de elementos: sodio, cloruro, azufre...). Eso será por otro lado demostrado en el

50 ensayo 1 dado a continuación.

El cable eléctrico 1, ilustrado en las figuras 3 y 4, corresponde a un cable eléctrico de transmisión eléctrica de alta tensión del tipo OHL, pero de estructura ligeramente diferente a la del cable eléctrico descrito en las figuras 1 y 2.

55 Este cable eléctrico 1 comprende: un elemento eléctricamente conductor central 4 alargado y, sucesiva y coaxialmente alrededor de este elemento conductor central 4, una capa interna 3, y una capa externa 2. Las capas interna 3 y externa 2 son igualmente eléctricamente conductoras. En particular, el elemento central 4 está en contacto con la capa interna 3, que está así mismo en contacto con la capa externa 2.

## ES 2 581 802 T3

El elemento alargado 4 está formado por filamentos cilíndricos redondos 4a de aluminio o de aleación de aluminio en número de 19, pudiendo cada filamento 4a estar recubierto por grasas.

5 La capa interna 3 y la capa externa 2 están constituidas por un conjunto de filamentos (3a y 2a) igualmente de aluminio o de aleación de aluminio cuya sección transversal es trapezoidal. La geometría de los filamentos en forma de trapecio permite presentar la ventaja de obtener una superficie casi desprovista de intersticio alguno que puedan generar acumulaciones de humedad y por consiguiente polos de corrosión. Tal como se ha representado en la figura 3, la capa interna 3 comprende 18 filamentos 3a y la capa externa 24 filamentos 2a. La capa interna 3 está compuesta por filamentos 2a cuyo contorno (de cada filamento) está formado por una capa de alúmina hidratada 9, de preferencia una boehmita (ver figuras 4 o 5). Esta capa de alúmina 9 está generalmente formada por anodización. La capa de alúmina 9 forma así una cubierta apta para contener el aluminio o la aleación de aluminio cuando éste se encuentra en fusión a causa de altas temperaturas. Este efecto, se demostrará por otro lado en el ensayo 3 dado a continuación.

15 En las variantes de modos de realización representados en las figuras 1 a 4, es posible modificar el número de filamentos 3a, 2a de la capa interna y externa, su forma, el número de capas internas o también el número de hilos redondos, así como la naturaleza del aluminio.

Un procedimiento de fabricación del cable eléctrico según la invención se describirá a continuación.

20 Este procedimiento comprende varias etapas: una etapa de desengrasado-decapado de filamentos, una primera etapa de aclarado, una etapa de neutralización, una segunda etapa de aclarado, una etapa de anodización bajo corriente en un electrolito a base de ácido sulfúrico, una tercera etapa de aclarado, una etapa de cubrimiento de los poros mediante agua caliente y una cuarta etapa de aclarado.

25 El material de partida es por ejemplo un filamento o hilo de sección transversal en Z en aleación de aluminio tipo AGS (aluminio, magnesio, sílice, que lleva la referencia 6201 de la norma europea EN573), la altura de la Z es de 2,9 mm o sea un diámetro equivalente de 3,2 mm. El hilo está acondicionado en bobina. Estos hilos son comercializados con una película de grasa unida en el procedimiento de trefilado. Es por lo que, para el procedimiento de fabricación, generalmente es necesario proceder a una etapa de desengrasado.

30 El desengrasado y el decapado de los hilos son realizados la mayoría de las veces por vía química o ayudados por vía electrolítica. Las operaciones de desengrasado tienen por objeto eliminar los diferentes cuerpos y partículas contenidas en las grasas mientras que la operación de decapado sirve para eliminar los óxidos presentes en el metal. Existen varios métodos de decapado: químico, electrolítico o mecánico. Estos métodos son conocidos por el experto en la materia. El decapado químico consiste en eliminar los óxidos por disolución, incluso por estallido de la capa, sin atacar el metal subyacente. Para el desengrasado/decapado, es posible por ejemplo utilizar una solución industrial a 45ml/L de GARDOCLEAN<sup>®</sup> (Sociedad CHEMETALL). La solución está esencialmente compuesta por sosa (aproximadamente 30 g/L a 45 ml/L) y agentes tensioactivos.

35 La etapa de neutralización de los hilos permite no contaminar el baño que permite la anodización. Además, esta etapa permite eliminar algunas trazas de óxidos que pueden perjudicar la anodización. Esta etapa sea realiza en un baño idéntico al baño de anodización. Una solución de ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 200g/L a temperatura ambiente permitirá eliminar los eventuales residuos de sosa relacionados con el desengrasado. La neutralización permite poner la superficie del aluminio al mismo pH que el baño anódico.

40 Seguidamente, los filamentos se anodizan. La anodización está basada en el principio de la electrólisis del agua. En una cuba llena de tratamiento que permite el proceso, es decir en un medio ácido tal como el ácido sulfúrico, la pieza se coloca en el ánodo de un generador de corriente continua. El cátodo de sistema es generalmente de plomo (inerte al medio). Puede igualmente ser de aluminio o acero inoxidable, en algunas instalaciones. En la electrólisis la capa de óxido se elabora a partir de la superficie hacia el núcleo del metal, contrariamente a un depósito electrolítico. Para el aluminio, se forma una capa de alúmina que tiene un poder de aislante eléctrico. Así la corriente solo llega hasta el substrato, y está entonces protegido.

Las reacciones son las siguientes:

- en el cátodo:  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
- en el ánodo:  $\text{Al} \rightarrow 3\text{e}^- + \text{Al}^{3+}$ , luego:  $2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+$
- Ecuación balance:  $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2$

50 Estas reacciones provocan por consiguiente una formación de una capa de óxido de aluminio 9, la alúmina que es un aislante. La corriente no llega por consiguiente ya a la capa. Es por este motivo que es preciso utilizar un electrolito que disuelva la capa tal como el ácido sulfúrico, el ácido fosfórico, el ácido crómico o también el ácido oxálico. Se obtienen entonces esferas equipotenciales que progresan produciendo estructuras hexagonales porosas.

El proceso de anodización depende de la velocidad de disolución. En efecto:

- si  $V_{\text{disolución}} > V_{\text{oxidación}}$ , se obtiene un decapado
- si  $V_{\text{disolución}} = V_{\text{oxidación}}$ , se obtiene un pulido electrolítico
- si  $V_{\text{disolución}} < V_{\text{oxidación}}$ , se obtiene una anodización.

- 5 La capa de alúmina hidratada en anodización sulfúrica se forma desde el exterior hacia el interior. La coloración se realiza por impregnación del colorante por absorción en los poros.

Los parámetros electrolíticos son impuestos por una densidad de corriente y una conductividad del baño. Para el espesor deseado sobre el hilo prototipo es de 8-10  $\mu\text{m}$ , la densidad de la corriente se fijará en 55-65A/dm<sup>2</sup> y la tensión se fijará en 20-21 V y una intensidad de 280-350A. Se obtiene así el filamento o hilos 2a.

- 10 El cubrimiento es la técnica que permite la obturación o el cierre, de las porosidades existentes en cada célula de la capa de óxido. Esta obturación se obtiene por transformación de la alúmina hidratada que constituye la capa anódica, que produce una dilatación y por consiguiente un cierre progresivo de los poros. Esta operación se realiza sumergiendo las piezas anodizadas en agua en ebullición (agua osmoseada que presenta una temperatura superior a los 80°C) para favorecer la cinética de reacción. El cubrimiento favorece así un buen comportamiento a la
- 15 corrosión.

Los diferentes aclarados están definidos por 3 etapas: aclarado basto, aclarado limpio, secado con aire comprimido. El aclarado se realiza mediante agua osmoseada.

- 20 Por último, los filamentos 2a de sección transversal en Z son ensamblados de forma convencional con el fin de obtener un cable eléctrico con una sección de 455 mm<sup>2</sup>. Este último se compone de un elemento conductor central formado por 19 hilos redondos tipo AGS 6201, sobre el cual se dispone una capa interna compuesta por 18 filamentos/hilos de sección transversal en Z de aleación de aluminio AGS 6201 y sobre la cual se dispone una capa externa que comprende 24 hilos igualmente de sección en Z obtenidos según el procedimiento descrito anteriormente.

- 25 El cable eléctrico según la invención permite obtener características anticorrosión superiores al conductor convencional como se demostrará a continuación.

#### Ensayo 1: Ensayo anticorrosión

Un ensayo anticorrosión se realizó con el fin de comparar la resistencia mecánica del cable eléctrico según la invención con los cables convencionales de la técnica anterior.

- 30 Para ello, el cable eléctrico según la invención «OHL solución» sometido a ensayo es el cable eléctrico obtenido según el procedimiento indicado anteriormente y que presenta como recordatorio las características dadas a continuación: un elemento eléctricamente conductor central tipo AGS 6201 compuesto por 19 hilos redondos, sobre el cual se dispone una capa interna formada por 18 filamentos de sección en Z de AGS 6201 y sobre la cual se dispone una capa externa que comprende 24 filamentos de sección en Z de AGS 6201 del cual su borde está
- 35 formado por una capa de alúmina monohidratada de 8 a 10  $\mu\text{m}$  de espesor (indicado a continuación conductor AEROZ 1).

- 40 El cable eléctrico « OHL convencional sin grasa interior» es un cable eléctrico que comprende un elemento eléctricamente conductor central formado por 19 hilos redondos tipo AGS 6201, rodeado por una primera capa formada por 18 filamentos de sección en Z de AGS 6201 sobre la cual se dispone una segunda capa de 24 filamentos de sección en Z tipo AGS 6201. El conductor presenta una sección de 455 mm<sup>2</sup>. Para este cable, la grasa ha sido suprimida.

El cable eléctrico «OHL convencional» es el mismo cable eléctrico que el anteriormente descrito salvo que la grasa interior ha sido dejada.

- 45 El ensayo de corrosión acelerado combina dos ensayos normalizados: el ensayo de neblina salina y el ensayo de Kersternich. La neblina salina evidencia una corrosión húmeda con la presencia de cloruro de sodio (NaCl) permitiendo un aumento de la conductividad de la humedad como consecuencia de un intercambio de iones más importante que acelera el fenómeno de corrosión. En ensayo de Kersternich permite evidenciar una corrosión observable en medio industrial o urbano mediante la inyección de productos azufrados en una atmósfera húmeda.

- 50 Terminados los ensayos se juntaron los dos ensayos como se ha ilustrado en la figura 6. Una solución de NaCl al 5% se dispuso en el fondo de un recinto cerrado y se calentó a 50-60°C con el fin de reproducir la neblina salina mientras que el aporte de productos azufrados en forma gaseosa se creó a partir de una disolución de cobre en

ácido sulfúrico y se pulverizó en el recinto. Las muestras 6 se colocaron en el recinto de forma ordenada, permitiendo una circulación homogénea del medio ambiente contaminado.

5 Los parámetros de seguimiento que permiten obtener un ensayo reproducible son: la temperatura de la solución de NaCl, la concentración de la solución en NaCl, el caudal de aire inyectado en el ácido sulfúrico para un reenvío al recinto, la cantidad de cobre disuelta y la concentración del ácido sulfúrico que permite la disolución del cobre.

Se obtuvieron los resultados que figuran en las figuras 7 a 9.

10 Como lo muestra el gráfico de la figura 9, el cable eléctrico según la invención no presenta ninguna marca/brecha de corrosión lo cual no es el caso de los cables eléctricos según la técnica anterior. Al cabo de 120 días en una atmósfera salina y azufrada, el cable eléctrico de la técnica anterior sin grasa presenta más de 350 micrones de profundidades de picados de corrosión observados, más de 150 para el cable eléctrico con grasa y ninguna o casi ninguna para el cable eléctrico según la invención. Este gráfico muestra igualmente el papel importante de la grasa que por su punto de goteo fluiría hacia el exterior del cable eléctrico con el fin de protegerlo de la corrosión.

15 Las fotografías de las figuras 7 y 8 muestran las superficies exteriores del cable eléctrico según la invención (figura 8) y del cable eléctrico según la técnica anterior con grasa (figura 7) después de que estos hayan sido expuestos más de 200 días a la atmósfera hostil del recinto de experimentación. Se observa que la superficie del cable eléctrico según la invención no está estropeada contrariamente a la del cable eléctrico según la técnica anterior. Numerosas erosiones, brechas son en efecto visibles en la figura 7. Por consiguiente, el cable eléctrico según la invención resiste de forma eficaz a una atmósfera muy corrosiva.

#### Ensayo 2: Ensayo de validez según la norma CEI61284

20 Ensayos fueron realizados por un laboratorio independiente, Sociedad DERVAUX, con el fin de medir la temperatura del cable eléctrico según la invención.

Para estos ensayos, el conductor AEROZ 1 fue sometido a ensayo, así como un conductor AEROZ 2 (conductor idéntico a AEROZ 1 salvo que los filamentos de sección en Z de la capa interna presentan igualmente un espesor de alúmina de 8 a 10  $\mu\text{m}$ ).

25 Con el fin de medir la temperatura, la Sociedad DERVAUX ha seguido el protocolo enunciado en la norma CEI61284.

Esta sociedad independiente ha encontrado que para los dos tipos de conductor según la invención, la temperatura no excedía de los 105°C y eran por consiguiente conformes a la norma CEI61284.

30 Aunque la invención haya sido descrita en relación con un modo de realización particular, es evidente que la misma no está en modo alguno limitada y que comprende todos los equivalentes técnicos de los medios descritos así como sus combinaciones si éstas entran en el marco de la invención.

El cable eléctrico según la invención permite igualmente obtener características anti-incendio superiores al conductor convencional.

#### Ensayo 3: Ensayo de comportamiento al calor

35 Para realizar el ensayo de comportamiento al calor, hilos de aluminio bruto fueron comparados con los hilos según la invención, en particular hilos de aleación de aluminio tipo AGS 6201 recubiertos con una capa de boehmita. El espesor de la capa de alúmina hidratada variaba de 7 a 10  $\mu\text{m}$  a lo largo del hilo. Los hilos sometidos a ensayo presentan todos un diámetro de 8 mm.

40 El principio del ensayo que ha sido realizado sobre los hilos (muestras) se basa en la inducción. Por medio de una bobina, se creó un campo magnético alrededor de las muestras. Por un principio físico, los electrones de la materia (el aluminio) serán excitados. Esta excitación generará calor hasta obtener en un punto dado (en el medio de la bobina), la fusión del substrato. La temperatura de fusión del aluminio (658°C) es entonces alcanzada.

Los parámetros de calentamiento de las muestras dependerán de la potencia emitida por el inductor.

45 Para este ensayo, se modificó esta potencia y se determinó el tiempo que tardó la muestra para alcanzar la fusión y eventualmente romperse.

Durante el ensayo, una cámara permitió medir el tiempo exacto en que las muestras se rompieron eventualmente.

Los diferentes resultados obtenidos son indicados en la tabla I dada a continuación.

Hilo de aluminio		Hilo según la invención	
Potencia térmica (vatios)	Tiempo antes de la ruptura del hilo (min)	Potencia térmica	Tiempo antes de la ruptura del hilo
467	1 min 26 seg	440	8 min 10 seg
436	1 min 55 seg	436	>10 min
440	1 min 23 seg	440	>15 min
440	1 min 32 seg	440	>15 min
720	30 seg	720	>2 min
720	35 seg	720	1 min 34 seg
720	36 seg	720	1 min 45 seg

Tabla I : Resultados comparativos a idéntica potencia del comportamiento a la fusión entre un hilo de aleación de aluminio y un hilo de aleación de aluminio anodizado

Como lo muestra el ensayo indicado anteriormente, los filamentos según la invención resisten a altas temperaturas (figura 11) y no se cortan, contrariamente a los filamentos de aluminio puro (figura 10).

- 5 Aunque la invención haya sido descrita en relación con modos de realización particulares, es bastante evidente que la misma no está en modo alguno limitada y que comprende todos los equivalentes técnicos de los medios descritos así como sus combinaciones si estas entran en el marco de la invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Cable eléctrico (1) que comprende un elemento alargado (4) rodeado por una primera capa (2) que comprende un conjunto de al menos dos filamentos (2a) metálicos de aluminio o de aleación de aluminio, caracterizado por que todo el contorno de los indicados al menos dos filamentos metálicos comprende una capa de alúmina (9) hidratada.
- 5 2. Cable eléctrico (1) según la reivindicación 1, caracterizado por que la superficie exterior de la primera capa comprende la mencionada capa de alúmina (9).
3. Cable eléctrico (1) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el conjunto de filamentos metálicos es apto para conferir a la indicada primera capa una superficie sustancialmente regular,
- 10 4. Cable eléctrico (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que cada uno de los filamentos (2a) metálicos constitutivos de la primera capa presenta una sección transversal de forma complementaria a los filamento(s) que le es/son adyacente(s).
5. Cable eléctrico (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la primera capa es una capa externa.
- 15 6. Cable eléctrico (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual la capa de alúmina (9) es una capa de alúmina monohidratada.
7. Cable eléctrico (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual la capa de alúmina (9) es una capa de boehmita.
8. Cable eléctrico (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual la capa de alúmina (9) es una capa de alúmina polihidratada.
- 20 9. Cable eléctrico (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual la sección transversal de los filamentos (2a) metálicos presenta una forma de Z o de trapecio.
10. Cable eléctrico (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual la capa de alúmina es apta para romperse a nivel de una zona de conexión.
- 25 11. Cable eléctrico (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual la capa de alúmina (9) presenta un espesor de como máximo 20 µm.
12. Cable eléctrico (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual la capa de alúmina (9) presenta un espesor de al menos 5 µm.
13. Cable eléctrico (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual entre el elemento alargado (4) y la primera capa (2) está dispuesta una segunda capa, llamada capa interna (3).
- 30 14. Cable eléctrico (1) según la reivindicación 13, en el cual la capa interna (3) comprende un conjunto de filamentos (3a) metálicos, presentando cada uno de los filamentos (3a) constitutivos de la capa interna una sección transversal de forma complementaria al (a los filamento(s) que le es/son adyacente(s).
- 35 15. Cable eléctrico (1) según la reivindicación 14, en el cual al menos una parte del contorno de los filamentos (3a) metálicos, y de preferencia todo el contorno de los filamentos metálicos (3a) de la capa interna (3), está formado por una capa de alúmina hidratada.
16. Cable eléctrico (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual el elemento alargado (4), la primera capa (2) y/o la segunda capa (3), son de aluminio o de aleación de aluminio.
17. Cable eléctrico (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que es un cable de transmisión eléctrica de alta tensión (OHL).
- 40 18. Procedimiento de fabricación de un cable eléctrico (1) según una de las reivindicaciones 1 a 17, caracterizado por que comprende las etapas siguientes:
  - a) realizar una oxidación controlada sobre la superficie de al menos un filamento metálico (2a) de aluminio o de aleación de aluminio, con el fin de formar una capa de alúmina hidratada (9) por todo el contorno de dicho filamento metálico; y
  - 45 b) ensamblar varios filamentos (2a) obtenidos según la etapa a) con el fin de formar la primera capa, y opcionalmente la segunda capa, alrededor del elemento alargado (4).

**19.** Procedimiento de fabricación de un cable eléctrico (1) según la reivindicación 18, caracterizado por que la etapa de oxidación controlada es una etapa de anodización.

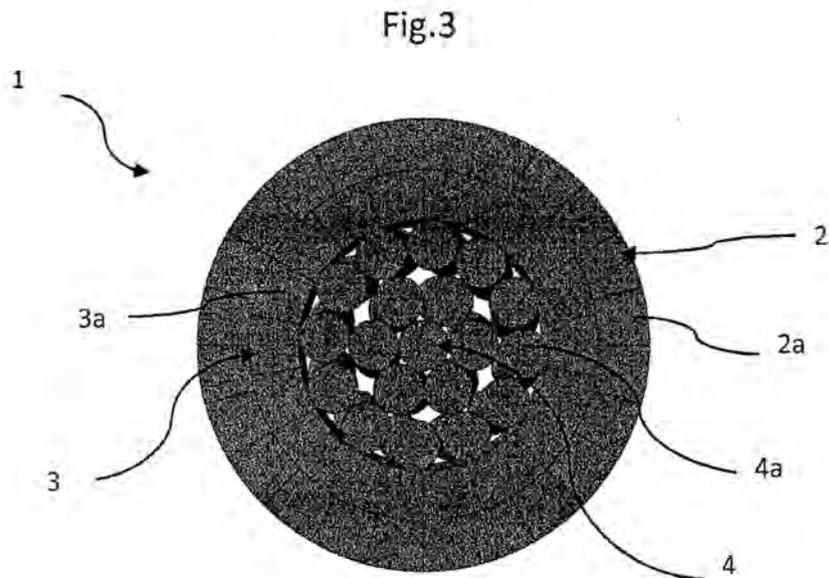
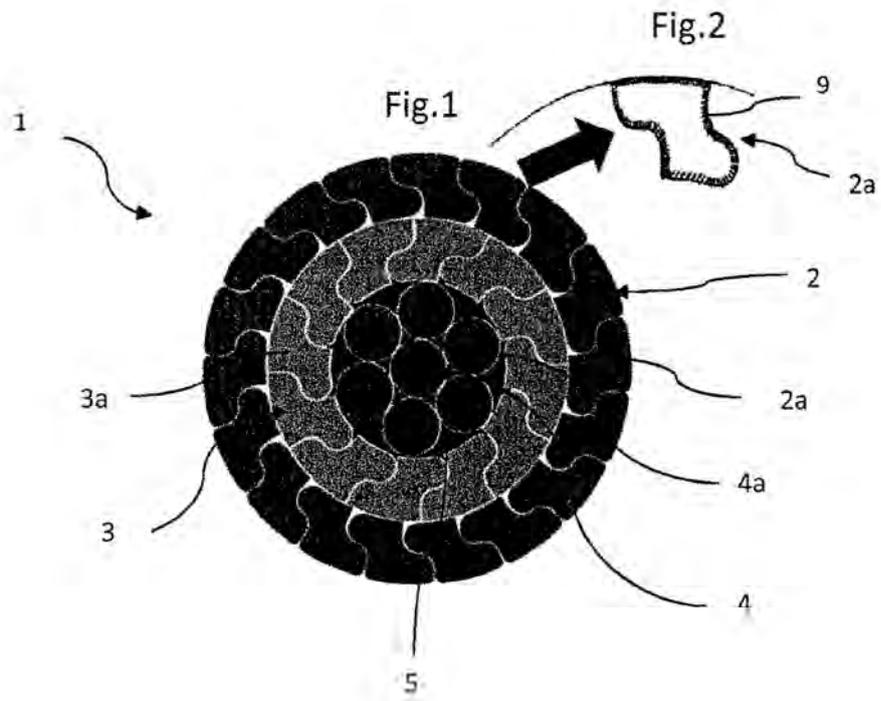


Fig.4

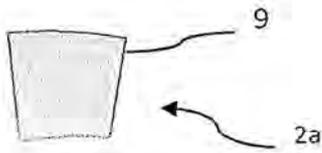


Fig.5

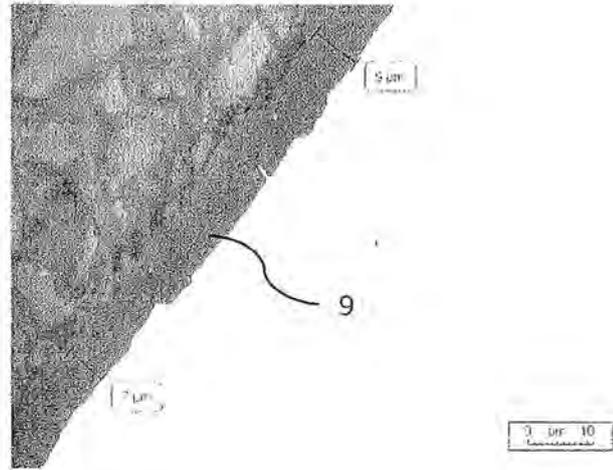


Fig.6

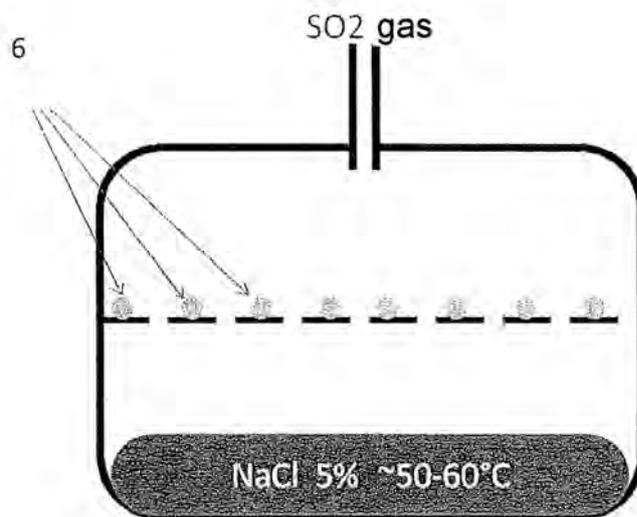


Fig.7

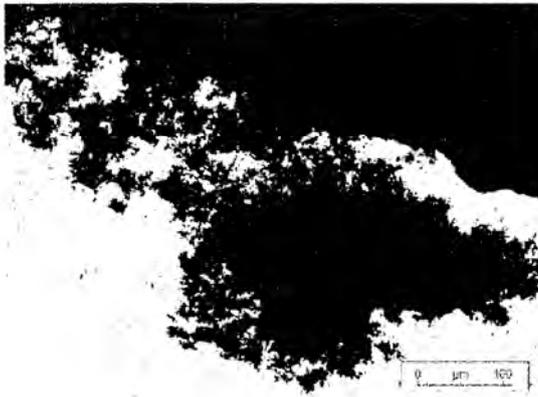


Fig.8

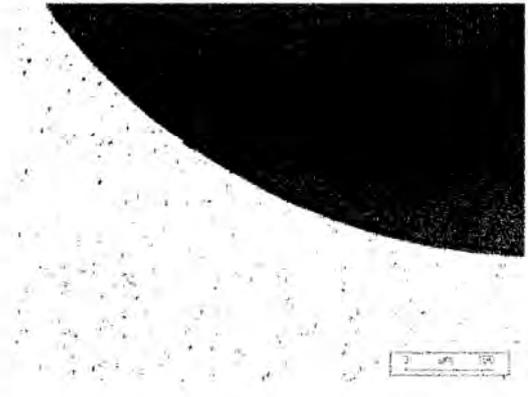


Fig.9

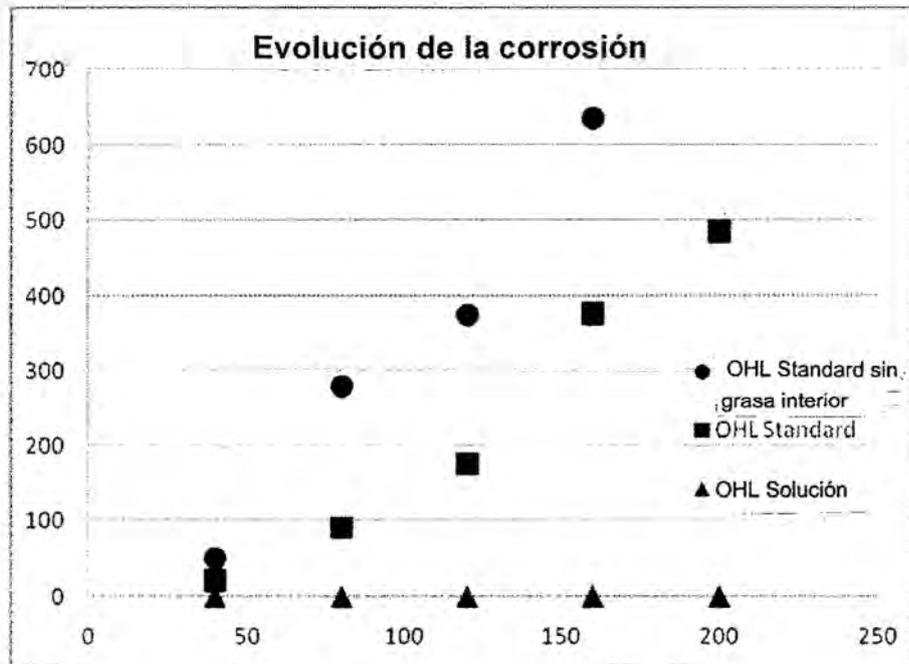


Fig.10

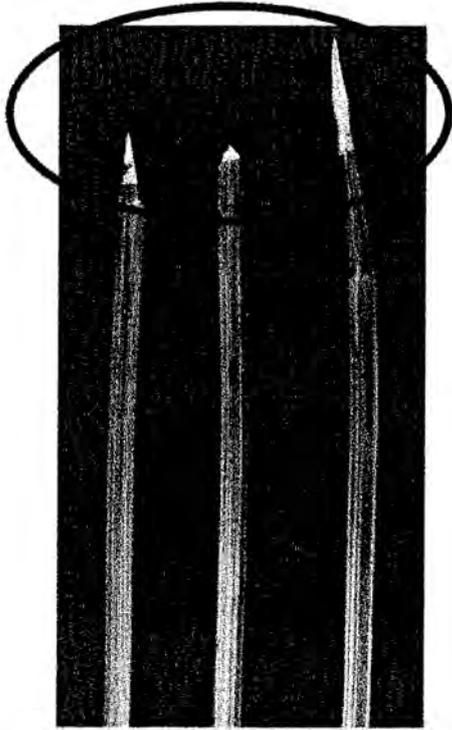


Fig.11

