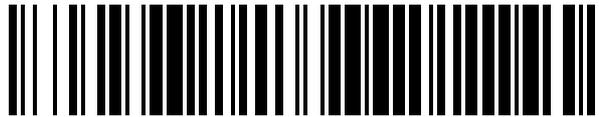


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 240 999**

21 Número de solicitud: 201931211

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

15.07.2019

43 Fecha de publicación de la solicitud:

11.02.2020

71 Solicitantes:

**WICETEC OY (100.0%)
Kutomotie 16
00380 Helsinki FI**

72 Inventor/es:

**Vuomajoki, Pauli y
Wallenius, Tomas**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **Pala de turbina eólica**

ES 1 240 999 U

DESCRIPCIÓN

Pala de turbina eólica

5 CAMPO DE LA INVENCION

Por lo general, la presente invención se refiere a turbinas eólicas. En particular, la invención está relacionada con la prevención de la formación de hielo y la reducción de la formación de hielo de las palas de turbinas eólicas mediante calentamiento.

10

ANTECEDENTES

La formación de hielo en la atmósfera tiene lugar cuando las gotas de agua en la atmósfera se congelan en un objeto con el que entran en contacto. Por ejemplo, en relación con las aeronaves, el hielo puede aumentar el riesgo de pérdida del perfil aerodinámico. Por lo tanto, la acumulación de hielo debe ser detectada tan pronto como sea posible. Por ejemplo, se puede proporcionar una sonda electromecánica con un elemento de detección oscilante (vibrante) en la nariz de la aeronave, con lo que el hielo acumulado en la misma causa cambios en la frecuencia de oscilación, dependiendo del espesor de la capa de hielo. La frecuencia de oscilación se vigila para estimar la cantidad de hielo.

20

Como otro escenario de uso, las turbinas eólicas de los parques eólicos pueden verse muy afectadas por el hielo en las palas del rotor. Las palas pueden agrietarse y la eficacia de producción puede disminuir drásticamente. El desgaste general de la turbina puede aumentar también debido a los desequilibrios de masa y aerodinámicos y la fricción resultante causada por el hielo. Se ha sugerido la introducción de la sonda oscilante antes mencionada en la góndola de una turbina eólica, así como el uso de varios detectores basados en capacitancia, impedancia e inductancia que requieren la adición de sensores específicos en las palas del rotor. Además, se han expuesto diferentes sensores ópticos que controlan el hielo acumulado en la superficie de un sensor en función, por ejemplo, de los cambios en la reflexión de la luz desde la superficie.

30

Para evitar o reducir la formación de hielo, se han establecido una serie de procedimientos de antihielo o de deshielo, como el calentamiento o la excitación por microondas, para evitar, reducir o ralentizar la acumulación de hielo en las superficies predeterminadas. El calentamiento puede implementarse soplando aire caliente u otro gas, canalizando alambres

35

calientes, otros elementos o, por ejemplo, un líquido, un sistema de circulación de líquido, a la una o más áreas dianas. Para uso antihielo, las áreas dianas pueden incluir un revestimiento repelente al hielo, como pintura de silicona, por ejemplo.

- 5 El documento US5971323A desvela un elemento de calentamiento resistivo para calentar un aspa de helicóptero para combatir la formación de hielo en la misma. Diversas capas de fibras conductoras superpuestas se disponen de manera que la potencia térmica irradiada a través de las mismas varía a lo largo del borde delantero de aspa.
- 10 El documento FR2779314A desvela una disposición algo similar diseñada para aspas de helicópteros y aspas de aeronaves. En particular, disposiciones duales, una para deshielo y otra para antihielo, pueden implementarse en la misma ala.

Muchas disposiciones conocidas para evitar la formación de hielo sufren todavía problemas
15 de confiabilidad, eficacia y/o seguridad, al menos en ciertos tipos de condiciones operativas.

Por ejemplo, en el contexto de la aviación y parques eólicos, la capacidad de calentamiento requerida puede ser de aproximadamente 10 kW/m² en magnitud. Si la conexión entre la superficie diana que se va a calentar y el elemento de calentamiento aplicado es inadecuada
20 y falla, tanto la superficie como el elemento pueden dañarse debido al sobrecalentamiento.

En algunos casos, conductores metálicos extremadamente finos tales como alambres o, por ejemplo, fibras metalizadas se han laminado en epoxi y se han proporcionado en la superficie diana. Sin embargo, estas disposiciones son extremadamente propensas a la rotura mecánica
25 debido a la fatiga causada por diversos factores potenciales, tal como la flexión repetida o la humedad entre las capas laminadas, lo que fácilmente conduce a un mal funcionamiento del calentamiento, tal como un calentamiento reducido o completamente detenido, sin olvidar, por otro lado, el riesgo de sobrecalentamiento. Además, las soluciones contemporáneas pueden ser extremadamente difíciles de desechar en la superficie diana, tal como la pala del rotor, sin
30 sacrificar algunos requisitos de diseño en cuanto al espesor, peso, perfil aerodinámico, etc.

SUMARIO DE LA INVENCION

Por lo tanto, el objeto es aliviar uno o más de los problemas descritos anteriormente en el
35 presente documento que aún no se han abordado satisfactoriamente por las disposiciones de calentamiento actuales, y proporcionar una alternativa viable para el calentamiento de una

superficie diana, como la superficie de una pala del rotor, un ala del avión o alguna otra superficie vulnerable, sensible al hielo, potencialmente expuesta a condiciones de formación de hielo.

- 5 El objeto se logra mediante las realizaciones de una pala adecuada para su uso con un rotor de una turbina eólica y un procedimiento de fabricación relacionado de acuerdo con la presente invención.

10 Por consiguiente, en un aspecto de la presente invención una pala para un rotor de una turbina eólica comprende

-un elemento de cuerpo de pala, que comprende opcionalmente fibra de vidrio tal como material compuesto reforzado con fibra de vidrio, que comprende una superficie portadora para alojar un elemento de calentamiento,

15

-un elemento de calentamiento eléctricamente conductor, alargado y preferentemente plano, preferentemente un elemento que incluye fibra de carbono, tal como una estera de fibra de carbono o similar, dispuesto sobre la superficie portadora para extenderse longitudinalmente sustancialmente a lo largo de al menos el borde delantero de la pala, preferentemente a al menos aproximadamente el 50 % de la longitud de la pala, más preferentemente a al menos aproximadamente el 60 % y más preferentemente a al menos aproximadamente el 70 % respectivamente, en el que el elemento de calentamiento comprende un tejido de carbono multiaxial,

20

25 - un elemento conductor de suministro de energía eléctrica ubicado en un extremo del elemento de calentamiento alargado, elemento conductor que se extiende sustancialmente sobre la anchura del elemento de calentamiento en ambos lados opuestos y a lo largo de las respectivas superficies opuestas del mismo, y que se acopla eléctricamente en dichos lados y a través de dichas superficies respectivas, en el que el elemento conductor se configura para soportar un flujo de corriente eléctrica de al menos aproximadamente 20 A a través del mismo, y

30

- una estructura de junta que comprende al menos un elemento de junta eléctricamente conductor, dicho al menos un elemento de junta eléctricamente conductor cubriendo sustancialmente, en dichos lados del elemento de calentamiento, las porciones del elemento conductor eléctrico que se extienden sobre la anchura del elemento de calentamiento.

35

Preferentemente, hay al menos dos elementos conductores mencionados anteriormente y, opcionalmente, también estructuras de junta, uno de los dos en cada extremo del elemento de calentamiento para permitir el flujo de corriente a través del elemento y el calentamiento relacionado. Como alternativa, se pueden aplicar estructuras de conductores y/o juntas con configuraciones diferentes, por ejemplo, en cada extremo, además del elemento conductor y/o de la estructura de juntas preferidos, respectivamente.

El elemento de junta que se forma o se incluye al menos en la estructura de junta puede ser un elemento de múltiples porciones que define, por ejemplo, dos capas, una para cada lado del elemento de calentamiento. Al menos dos de las porciones pueden estar conectadas entre sí. El elemento de junta puede ser, por tanto, un elemento unitario como un elemento en forma de 'u' con dos o más porciones integrales como las mitades en 'u', o múltiples elementos de junta como capas separadas por material o materiales intermedios pueden utilizarse en la estructura de junta. Un elemento de junta o una pluralidad de ellos pueden definir además al menos cuatro capas, dos a cada lado del elemento de calentamiento, preferentemente porciones de elementos conductores en el medio. El elemento de junta puede doblarse para extenderse a lo largo de ambos lados del elemento conductor y/o el elemento de calentamiento.

En una realización, el elemento de calentamiento puede ser sustancialmente plano y soportar, por ejemplo, una forma sustancialmente rectangular o elíptica. Puede ser una lámina o similar a una lámina. Adicional o como alternativa, puede ser un elemento compuesto, o "agregado", que comprende múltiples porciones ubicadas en serie a lo largo de la longitud y/o la anchura de la pala. Las porciones se pueden acoplar eléctricamente entre sí a través de conductores intermedios.

Sin embargo, en la dirección perpendicular, el elemento de calentamiento puede comprender múltiples porciones, tales como capas con características potencialmente diferentes, tales como materiales y/o orientación del ingrediente del material. Las capas pueden haberse laminado juntas. Preferentemente, una porción del elemento conductor puede extenderse entre las capas. El elemento de calentamiento incluye material eléctricamente conductor, como fibra de carbono o fibra de grafito adecuada.

En otra realización, ya sea complementaria o alternativa, el elemento de calentamiento puede ubicarse más cerca de la punta que la porción de base de la pala. En algunas realizaciones,

el elemento de calentamiento puede curvarse a lo largo de la punta y seguir sustancialmente su forma. Por ejemplo, el elemento de calentamiento doblado puede extenderse desde el borde delantero hasta el borde trasero y/o desde el lado de aspiración hasta el lado de presión de la pala.

5

En una realización adicional, ya sea complementaria o alternativa, el elemento de calentamiento puede tener al menos un extremo ahusado. El elemento de calentamiento se puede estrechar hacia la punta, por ejemplo.

- 10 En una realización adicional, ya sea complementaria o alternativa, el elemento conductor puede ser alargado o al menos comprender una porción alargada. Puede incluir una tira o alambre, por ejemplo, una cadena, configuración cilíndrica.

- 15 En una realización adicional, ya sea complementaria o alternativa, el elemento conductor se configura para llevar y/o al menos soportar, por ejemplo, sin sobrecalentamiento y roturas relacionadas, corriente eléctrica de aproximadamente 20 A, 40 A, 60 A, 80 A o 100 A (y naturalmente menos en cada caso). Estas clasificaciones de corriente se refieren a la corriente a largo plazo o a la corriente continua (por ejemplo, la corriente promedio en el caso de CC o RMS en el caso de CA), que puede abarcar segundos, minutos u horas, por ejemplo,
- 20 mientras se transfiere a través del elemento conductor entre el elemento de calentamiento/estructura conjunta y fuente de alimentación. Los picos o pulsos de corriente temporalmente más cortos tolerados, potencialmente causados por, por ejemplo, rayos u otros eventos, inducidos en los conductores, elementos de calentamiento y/o estructuras de juntas, pueden tener una magnitud completamente diferente, con picos potenciales de decenas de
- 25 kA o más, dependiendo aún de, por ejemplo, la forma de onda asociada y diversos otros factores, como el posicionamiento y la alineación del conductor.

- El área de sección transversal del elemento conductor, tal como un alambre, puede ser de aproximadamente 25 mm² o menos, por ejemplo. Aún no tiene sentido sobredimensionar los
- 30 conductores debido al aumento de los requisitos de espacio (tanto de los conductores como de otros elementos eléctricos asociados, como los componentes) y, por ejemplo, las consideraciones de gestión del calor. Como se ha mencionado anteriormente, el material conductor del elemento conductor, tal como un alambre o cable eléctrico, puede ser o al menos comprender cobre, por ejemplo. Como alternativa o adicionalmente, se pueden aplicar
- 35 otro u otros materiales eléctricamente conductores, tales como plata, aluminio, otros metales conductores o, por ejemplo, grafito o polímero conductor. La sección transversal puede tener

una forma generalmente circular u otra forma sustancialmente redonda/redondeada, pero si se desea, puede hacerse también angular con referencia a, por ejemplo, secciones transversales cuadradas, otras rectangulares o hexagonales.

- 5 Por consiguiente, también la estructura de junta/elemento de junta y elemento de calentamiento pueden configurarse para soportar y llevar potencialmente la una o más corrientes antes mencionadas.

En algunas realizaciones, el elemento conductor puede incluir una porción dividida con un
10 nodo y al menos dos ramificaciones para permitir disponer el elemento a ambos lados (arriba/abajo) del elemento de calentamiento. Una rama puede estar ubicada en un lado y al menos otra rama en el lado opuesto. Adicional o como alternativa, el elemento puede incluir una pluralidad de subelementos separados, tales como alambres conductores que pueden dirigirse independientemente a cualquier lado del elemento de calentamiento. El elemento
15 puede incluir también un cable u otra estructura agregada que aloja colectivamente, como embudos y aísla una serie de subelementos, como los conductores trenzados fuera del área de junta con una camisa común, por ejemplo.

En algunas otras realizaciones, complementarias o alternativas, el elemento conductor, tal
20 como un solo alambre, puede doblarse para extenderse sobre el elemento de calentamiento a ambos lados del mismo. Una curva puede incluir una curva sustancialmente semicircular o un pliegue agudo, por ejemplo.

En una realización complementaria o alternativa adicional, el elemento conductor puede estar
25 dividido y doblado. Por ejemplo, el elemento puede comprender un nodo que se divide en dos porciones de rama que se doblan después para alternar en uno o ambos lados del elemento de calentamiento.

Aún en una realización complementaria o alternativa adicional, dos o más elementos de la
30 pala pueden construirse, conectarse, fijarse y/o ponerse en capas mediante laminación. Adicionalmente se puede aplicar adhesivo.

Aún en una realización complementaria o alternativa adicional, el elemento de calentamiento puede consistir en, o al menos comprender, diversas capas de material basado en carbono
35 opcionalmente tejido tal como tejido de carbono adicionalmente opcionalmente provisto de material de relleno. Opcionalmente, puede utilizarse material multiaxial tal como tejido de

carbono biaxial de múltiples capas.

Un procedimiento para construir una realización de una pala para un rotor de una turbina eólica como se describe en el presente documento, puede comprender:

5

- obtener un elemento de cuerpo de pala que comprende una superficie portadora para alojar un elemento de calentamiento, y

10

- proporcionar un elemento de calentamiento eléctricamente conductor, alargado y preferentemente plano sobre la superficie portadora para extenderse longitudinalmente sustancialmente a lo largo de al menos el borde delantero de la pala, preferentemente a al menos aproximadamente el 50 % de la longitud de la pala, más preferentemente a al menos aproximadamente el 60 % y lo más preferentemente a al menos aproximadamente el 70 % respectivamente, en el que el elemento de calentamiento comprende tejido de carbono

15

multiaxial, y

en el que la conexión de suministro de energía eléctrica al elemento de calentamiento se proporciona por un elemento conductor ubicado en un extremo del elemento de calentamiento alargado, extendiéndose el elemento conductor sustancialmente sobre la anchura del elemento de calentamiento en al menos dos lados opuestos del mismo y a lo largo de las respectivas superficies opuestas del mismo, y acoplándose eléctricamente al mismo en dichos dos lados y a través de dichas superficies respectivas, y una estructura de junta eléctricamente conductora que comprende al menos un elemento de junta eléctricamente conductor, cubriendo sustancialmente dicho al menos un elemento de junta eléctricamente conductor, en dichos dos lados opuestos del elemento de calentamiento, las porciones del elemento conductor eléctrico que se extienden sobre la anchura del elemento de calentamiento.

20

25

Los diversos elementos enumerados anteriormente pueden unirse por laminación, por ejemplo.

30

En una realización del procedimiento, se proporciona una capa de material adicional sobre los elementos, incluyendo opcionalmente dicha capa de material adicional fibra de vidrio. La capa adicional puede proporcionar aislamiento y/o protección para los elementos subyacentes además del potencial efecto estético. También el perfil aerodinámico de la pala puede optimizarse y, por tanto, elevar la eficacia de la pala con el mismo.

35

Las consideraciones presentadas anteriormente con respecto a las diversas realizaciones de la disposición pueden aplicarse de manera flexible a las realizaciones del procedimiento *mutatis mutandis* y viceversa, según lo aprecie una persona experta.

5 La utilidad de la presente invención surge de una pluralidad de cuestiones que dependen de cada realización particular. En primer lugar, el acoplamiento eléctrico entre el conductor y el elemento de calentamiento se puede asegurar a lo largo de toda la anchura del elemento de calentamiento mediante la configuración aplicada del propio conductor y la estructura de junta antes mencionada, lo que eleva la eficacia del calentamiento, proporciona un calentamiento
10 uniforme y minimiza los riesgos de derivaciones o roturas de contacto. Por consiguiente, se puede evitar que la pala deposite hielo sobre la misma o que el hielo ya acumulado puede derretirse y eliminarse. Se puede alcanzar y mantener una temperatura deseada de la pala. Además, la solución sugerida permite mantener la lámina fina y ligera. Sin embargo, su fabricación sigue siendo relativamente simple y rápida.

15 La expresión "una serie de" se refiere en el presente documento a cualquier número entero positivo que comienza con uno (1), por ejemplo, uno, dos o tres.

La expresión "una pluralidad de" se refiere en el presente documento a cualquier entero
20 positivo partiendo de dos (2), por ejemplo, a dos, tres o cuatro.

Diferentes realizaciones de la presente invención se desvelan en las reivindicaciones dependientes.

25 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS RELACIONADOS

A continuación, la invención se describe con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos en los que

30 La Figura 1a ilustra un escenario de uso de una realización de la presente invención en un contexto de turbina eólica.

La Figura 1b ilustra diferentes realizaciones de la estructura de pala y elementos relacionados de acuerdo con la presente invención.

La Figura 2a ilustra una realización de la estructura de pala con énfasis particular en el
35 acoplamiento entre el elemento conductor eléctrico y el elemento de calentamiento en un extremo de este último.

La Figura 2b ilustra una sección transversal de otra realización de la pala.

La Figura 2c ilustra una sección transversal de una realización adicional de la pala.

La Figura 3 es un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento de acuerdo con la presente invención.

5

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

La Figura 1a representa un escenario en el que se puede aplicar una realización de la presente invención. Un parque eólico puede incluir un número de turbinas eólicas 101 que comprenden,
10 cada una, una torre 106, una góndola 102 y un cubo del rotor con un número de palas 104a, 104b y 104c. Una pala 104a, 104b, 104c puede comprender sustancialmente una porción de base con, por ejemplo, una sección transversal de forma cilíndrica para conectar la pala al cubo, y una porción de perfil aerodinámico con una sección transversal de forma aerodinámica. La porción de perfil aerodinámico puede comprender un lado de aspiración y
15 un lado de presión conectados en sus bordes delantero y trasero.

La Figura 1b ilustra diferentes realizaciones de la pala y de los elementos asociados. La pala 108, cuyo boceto de sección transversal meramente ejemplar se muestra en la Figura, está provista de un elemento de calentamiento alargado 110 que puede tener por lo general una
20 forma rectangular plana, por ejemplo. Preferentemente, el elemento de calentamiento 110 se extiende sustancialmente al menos a lo largo del borde delantero 108a de la pala 108 en una distancia que es al menos el 60 % de la longitud de la pala 108 para proporcionar un calentamiento uniforme a la misma. Es visible en la Figura cómo solo la porción de punta mínima de la pala carece del elemento de calentamiento en la realización ilustrada.
25 Preferentemente, la punta se calienta también por la solución sugerida.

Preferentemente, el elemento de calentamiento 110 está situado más cerca del extremo de la punta 108c que del extremo de base, puesto que la punta 108c puede ser más propensa a la formación de hielo. Sin embargo, también se puede aplicar un posicionamiento simétrico u
30 otras alternativas dependiendo de la realización.

En algunas realizaciones, como en la representada, el elemento de calentamiento 110 tiene un extremo ahusado. El mismo puede, en particular, estrecharse hacia la punta 108c. Por consiguiente, la disipación de calor cerca de la punta 108c puede mejorarse, lo que se prefiere
35 puesto que la demanda de calor puede ser mayor allí debido al aumento del enfriamiento por convección inducido por velocidades locales más altas. Puede requerirse menos

calentamiento en el extremo de base.

De este modo, el elemento de calentamiento puede cubrir ventajosamente el área de la pala que es responsable de la mayoría de la generación de energía. Es decir, hacia la base, la contribución a la generación de energía puede disminuir y también la pala puede volverse menos propensa a la formación de hielo debido al efecto geométrico (el perfil aerodinámico suele ser más grueso) y el efecto aerodinámico (el enfriamiento por convección suele ser menor). Por lo tanto, el extremo de base de la pala 108 puede, en muchos escenarios, dejarse desprotegido o protegerse con menos eficacia contra la formación de hielo.

10

El elemento de calentamiento 110 puede estar ubicado más cerca de un lado predeterminado deseado de la superficie de la pala 108, por ejemplo, superficie de "aspiración" o superficie de "presión", en relación con el espesor de la pala 108. Las superficies pueden ser planas, curvas o segmentadas, por ejemplo. Como alternativa, el elemento de calentamiento 110 puede estar situado simétricamente, por ejemplo, en el centro de, con respecto a las dos o más superficies de la pala 108. Como una alternativa adicional, pueden proporcionarse elementos de calentamiento dedicados para múltiples superficies, tales como aspiración y presión. Preferentemente, el elemento de calentamiento 110 está situado más cerca del borde delantero 108a que del borde trasero 108b de la pala 108. Como alternativa, el elemento de calentamiento puede ubicarse simétricamente, por ejemplo, a la mitad, en relación con los bordes delantero y trasero.

15

20

El elemento de calentamiento 110 puede comprender fibra tal como fibra de carbono. Puede incluir polímeros reforzados con fibra, por ejemplo, seleccionados de manera que se alcancen las cifras de calor y conductividad eléctrica deseadas.

El elemento de calentamiento 110 se puede conectar eléctricamente a la fuente de alimentación que no se muestra en la Figura a través de diversos elementos conductores eléctricos 112a, 112b proporcionados al menos parcialmente dentro de la pala 108 y las juntas 114a, 114b, preferentemente colocados en los extremos del elemento de calentamiento alargado 108 y más preferentemente también en ambos lados del elemento de calentamiento, por ejemplo, el lado orientado hacia el observador de la Figura y el lado opuesto.

30

El extremo del elemento de calentamiento puede hacer referencia por lo general a una porción que preferentemente cubre menos de aproximadamente el 20 %, más preferentemente menos de aproximadamente el 10 %, y lo más preferentemente menos de aproximadamente el 5 %

35

de la longitud total del mismo.

- Los elementos conductores 112a, 112b, tales como alambres o cables eléctricos que contienen, por ejemplo, una serie de alambres, pueden tener un área de sección transversal efectiva (conductora) de aproximadamente 25 mm² o menos, por ejemplo. Aun así, por ejemplo, un área de sección transversal de 10, 15, 20 o 30 mm² podría adoptarse alternativamente en el uno o más elementos conductores o en sus elementos constituyentes, como el uno o más alambres incluidos en el caso de, por ejemplo, cableado.
- 5
- 10 Preferentemente, los elementos 112a, 112b se configuran de hecho, además de las dimensiones, también en términos de, por ejemplo, materiales para poder transportar de manera fiable la corriente deseada hacia/desde el elemento de calentamiento 110 a través de las juntas 114a, 114b.
- 15 A medida que aumentan las corrientes transferidas, aumenta también la temperatura de los portadores asociados, como los elementos 112, 112b, y el calor disipado a las estructuras circundantes y a los materiales, como el material del cuerpo basado en fibra de la pala, que se tendrá en cuenta en la configuración general de la pala teniendo en cuenta la selección de materiales usados y su transferencia de calor mutua. El calor excesivo puede causar daños a
- 20 los materiales y/o causar su deslaminación de las capas adyacentes. Preferentemente, la configuración eléctrica de la pala es tal que un amperaje algo razonable por elemento conductor es suficiente para energizar el elemento de calentamiento, tal como una cifra en el orden de magnitud de unas pocas decenas de amperios, por ejemplo, como se ha contemplado anteriormente en el presente documento.
- 25
- Puede ser ventajoso, si no absolutamente necesario, que los elementos 112a, 112b y, opcionalmente, otros elementos conductores de corriente de la pala se configuren de manera que puedan actuar ocasionalmente como conductores de rayos sin romperse. Por consiguiente, deben dimensionarse y colocarse de manera que en la estructura de la pala, los
- 30 impulsos cortos de alta potencia y alta corriente debidos a un rayo u otro evento repentino no dañen los elementos 112a, 112b o estructuras adyacentes. Preferentemente, los elementos 112a, 112b se instalan en la pala en un patrón suave sin vueltas repentinas excesivas o, por ejemplo, enrutamiento tipo lazo o herradura, debido a que estas formas abruptas o "discontinuidades" hacen que la corriente inducida tome una derivación en el conductor y salte
- 35 a través de otros materiales. Dichas descargas podrían provocar que el conductor y el material intermedio se quemen o encajen al menos localmente, por ejemplo.

En 120, se muestra una realización del elemento de calentamiento donde el elemento comprende, en dirección longitudinal, al menos dos porciones diferentes unidas entre sí. Como alternativa o adicionalmente, también en dirección lateral (anchura), el elemento podría comprender múltiples porciones unidas. Las porciones pueden comprender diferentes materiales, orientaciones de materiales y/o diferentes dimensiones. Por consiguiente, las propiedades de las porciones, como la conductividad térmica y/o eléctrica, pueden diferir mutuamente. En 122, una realización del elemento de calentamiento comprende dos porciones preferentemente conectadas entre sí por los conductores eléctricos. Como alternativa, las porciones podrían conectarse independientemente a la fuente de energía o algún elemento intermedio, por ejemplo. En 124, una realización del elemento de calentamiento comprende una porción de material (central) incrustada en el material circundante. El material incrustado puede tener una conductividad térmica y/o eléctrica diferente a la del material circundante, por ejemplo. En 126, una realización del elemento de calentamiento comprende un extremo curvo, o generalmente ahusado. En 128, una realización del elemento de calentamiento comprende un extremo ahusado que tiene una forma de contorno definida por una curva lineal por piezas.

En 130, una realización del elemento de calentamiento comprende una capa de material sustancialmente plana. En 132, una realización del elemento de calentamiento comprende múltiples superposiciones, tales como capas de material apiladas 134, 136 con respecto al espesor del elemento.

La Figura 2a ilustra, no a escala, una realización de la estructura de la pala 201 y el acoplamiento eléctrico relacionado con la fuente de alimentación. En la Figura, solo se muestra un extremo del elemento de calentamiento 208. El mismo está ubicado en el elemento de cuerpo 218 de la pala y las líneas de puntos representan la parte no visualizada del mismo que se extiende a la dirección del eje longitudinal asociado. Una serie de elementos conductores eléctricos 212 pueden situarse a lo largo de ambas superficies del elemento de calentamiento 208 que está situado en una posición predeterminada del material de soporte que forma al menos una parte del cuerpo de pala 218. En el escenario descrito, dos conductores se han doblado alrededor del elemento 208 para formar sustancialmente al menos una vuelta hasta su extremo en la dirección lateral (anchura). El doblado puede ser afilado, por ejemplo. El bucle formado por el elemento conductor 212 puede estar cerrado comprendiendo un punto de nodo, o puede estar abierto (como un gancho). Un elemento de junta 214, tal como una tira, se ha doblado para extenderse a lo largo de ambos lados del

elemento conductor y del elemento de calentamiento. El elemento de junta 214 tiene una forma en forma de U en la Figura para ilustrar este hecho. En los escenarios de la vida real, la curva puede también ser relativamente afilada.

- 5 Como alternativa, uno o más elementos de junta 214 pueden comprender múltiples porciones, potencialmente al menos inicialmente separadas, tales como una porción superior y una porción inferior que pueden situarse independientemente en cada superficie del elemento de calentamiento 208 para cubrir el conductor 212 intercalado entremedio. Al menos dos extremos de las porciones se pueden configurar para que entren en contacto, opcionalmente
10 se superpongan entre sí después de la disposición.

Una capa funcional, tal como una capa protectora y opcionalmente optimizadora del perfil aerodinámico 216, se ha proporcionado encima de la estructura intercalada construida. La capa 216 puede cubrir toda la pala 201 o solo porciones seleccionadas, tales como las
15 porciones de junta, de la misma. Se pueden proporcionar capas funcionales y/o estéticas adicionales sobre las mismas.

La Figura 2b ilustra una sección transversal de otra realización de la pala. El elemento de calentamiento 208a comprende una pluralidad de porciones tales como capas. Puede
20 comprender, por ejemplo, tejido de carbono biaxial. El elemento conductor 212a mostrado ubicado en un extremo de la pala, tal como el extremo de la punta o el extremo de base, comprende un nodo que lo divide en múltiples, esencialmente tres, ramas. La rama central se extiende entre o dentro de dos porciones, tales como capas, del elemento de calentamiento 208a. Una rama puede extenderse generalmente en un lado y otra rama en el lado opuesto
25 del elemento de calentamiento 208a o una porción tal como una capa del mismo. En el caso representado, los elementos de junta 214 se extienden sobre las ramas más alejadas del elemento conductor 212a. Estos pueden llevar, como alternativa, los extremos unidos (no mostrados en la Figura) para formar un elemento de junta unitario con, por ejemplo, un bucle o una sección transversal en forma de u.

30

La Figura 2c ilustra una sección transversal de una realización adicional de la pala. El elemento de calentamiento 208b puede colocarse sustancialmente en el centro de la estructura general apilada formada en el elemento de cuerpo 218 de la pala. El elemento conductor 212b incluye un nodo que lo divide en dos ramas. Cada rama está dirigida a un lado
35 dedicado del elemento de calentamiento 208b. Además, cada rama está configurada, tal como doblada, para extenderse sobre la anchura del elemento de calentamiento 208b

múltiples veces, en la realización de la Figura esencialmente dos. Al menos una rama del elemento conductor 212b podría unirse de nuevo al nodo (no mostrado en la Figura) u otra porción del elemento para formar un bucle. Se ha proporcionado una pluralidad de capas de elementos de junta 214, esencialmente dos capas en ambos lados del elemento de calentamiento 208b. La porción del elemento conductor 212b se configura para residir entre las dos capas 214 a cada lado. Al menos dos capas 214 de elementos de junta podrían conectarse entre sí en los extremos (no mostrado en la Figura) para formar, por ejemplo, una forma de u.

10 La Figura 3 desvela, a modo de ejemplo solamente, un diagrama de flujo del procedimiento de acuerdo con una realización de la presente invención. En 302, se pueden fabricar, obtener y preparar diferentes materiales y elementos de puesta en marcha. Por ejemplo, se pueden obtener y configurar materiales de pala, cables eléctricos, cables de señal, materiales de elementos de calentamiento, materiales de elementos de junta, etc.

15 En 304, se obtiene al menos un elemento de cuerpo de la pala. El elemento de cuerpo de la pala puede incluir fibra de vidrio, por ejemplo, en particular, por ejemplo, plásticos reforzados con fibra de vidrio tales como poliéster o epoxi. Puede contener varias piezas, como dos mitades que deben unirse. El elemento de cuerpo de la pala puede parecerse a la pala final o, por ejemplo, a la mitad de la pala en tamaño y/o forma. Del mismo modo, varios elementos de cuerpo, como dos, se pueden unir para construir la forma básica de la pala. Se pueden proporcionar diferentes elementos adicionales, tales como cables de señal, sensores y también cables eléctricos aplicados para el calentamiento, y opcionalmente se pueden fijar como pegados al elemento de cuerpo de la pala que actúa como portador del mismo.

20

25 Elementos adicionales pueden estar incrustados en el material del cuerpo.

En 306, se obtiene al menos un elemento de calentamiento y, opcionalmente, se coloca ya en esta etapa al elemento de cuerpo de la pala. Una tira de material adecuado tal como una lámina de fibra de carbono puede cortarse y proporcionarse sobre el elemento de cuerpo de la pala, por ejemplo. El elemento de calentamiento puede colocarse de manera que cubra una porción predeterminada de un lado seleccionado del elemento de cuerpo de la pala correspondiente a, por ejemplo, el lado de aspiración o presión de la pala acabada. Opcionalmente, el elemento de calentamiento puede cubrir al menos parcialmente al menos un borde del elemento de cuerpo de la pala, tal como el borde formando sustancialmente o al menos paralelo al borde delantero de la pala. Preferentemente, el elemento de calentamiento se coloca más cerca del borde delantero que del borde trasero a menos que, por ejemplo, se

30

35

aplique un posicionamiento más centrado. El centrado se puede aplicar con respecto a la nariz del perfil aerodinámico y/o entre los bordes delantero y trasero, por ejemplo.

5 El elemento de calentamiento puede, en algunas realizaciones, extenderse longitudinalmente sustancialmente a lo largo de al menos el borde delantero de la pala, preferentemente a al menos aproximadamente el 60 % de la longitud de la pala, más preferentemente a al menos aproximadamente el 70 % y lo más preferentemente a al menos aproximadamente el 80 % o 90 % respectivamente para proporcionar ventajosamente calentamiento inclinado en la punta o calentamiento uniforme al mismo. Como alternativa, en algunas otras realizaciones con
10 diferentes escenarios de uso y/o perfil aerodinámico de la pala, por ejemplo, la extensión del elemento de calentamiento puede ser menor.

La superficie del elemento de cuerpo que recibe el elemento de calentamiento se puede limpiar primero utilizando, por ejemplo, acetona. Se puede proporcionar resina adecuada en
15 el elemento de cuerpo y en el elemento de calentamiento, tal como una lámina que incluye fibra de carbono puede enrollarse o, de lo contrario, colocarse encima del mismo. Las ubicaciones de las juntas, preferentemente en los extremos del elemento de calentamiento, pueden dejarse sueltas en esta etapa para facilitar la construcción posterior de la junta, en la que el conductor y el material del elemento de la junta se configuran preferentemente para
20 extenderse también entre el elemento de cuerpo y el elemento de calentamiento.

En 308, una serie de elementos conductores de suministro de energía eléctrica, tales como alambres de cobre, se ubican preferentemente en los extremos del elemento de calentamiento alargado, extendiéndose sustancialmente el elemento conductor sobre la anchura del
25 elemento de calentamiento en al menos dos lados del mismo y acoplándose eléctricamente al mismo. Los elementos conductores pueden fijarse mediante resina adecuada. Los elementos conductores se acoplan al menos eléctricamente a la fuente de energía y pueden formar los componentes internos del cableado eléctrico instalado en las palas, o estar al menos conectados a la misma. También se proporciona una estructura de junta
30 eléctricamente conductora que incorpora una serie de elementos de junta y que cubre sustancialmente las porciones del elemento conductor eléctrico que se extienden sobre la anchura del elemento de calentamiento alargado en ambos lados del mismo. Se puede proporcionar inicialmente una pluralidad de elementos de junta y al menos algunos de ellos pueden conectarse opcionalmente juntos durante la formación de las juntas, dependiendo de
35 la realización de la estructura de junta como se contempla aquí anteriormente.

En una realización, los extremos del elemento de calentamiento pueden haberse dejado sueltos inicialmente con respecto al elemento de cuerpo durante el punto 306 como se ha mencionado anteriormente, de modo que los elementos de junta y conductor pueden colocarse entremedio. Después de que las capas necesarias de elementos de junta y conductor se hayan ubicado entre el elemento de cuerpo y el elemento de calentamiento o al menos la capa inferior de un elemento de calentamiento multicapa, también el extremo suelto del elemento de calentamiento o al menos la capa más baja del mismo puede fijarse a la estructura agregada subyacente del cuerpo, los elementos conductor y de junta, y las capas restantes del conductor, junta y, opcionalmente, también el elemento de calentamiento (cuyo extremo puede estar opcionalmente doblado) se puede proporcionar en la parte superior. La resina adecuada se aplicará en el procedimiento.

En una realización alternativa, las juntas eléctricas pueden formarse en el elemento de calentamiento antes de colocarlo en la ubicación final sobre el elemento de cuerpo, es decir, un número de elementos conductores y elementos de junta pueden ubicarse primero en el elemento de calentamiento, después de lo que la entidad agregada se sitúa en el cuerpo del elemento y se fija al mismo.

Las áreas laminadas pueden endurecerse aplicando, por ejemplo, una bolsa de vacío que induce presión y una manta térmica que induce calor a las mismas. Un tiempo y una temperatura de endurecimiento adecuados ciertamente dependen de la realización y los materiales usados y sus cantidades, pero, por ejemplo, varias horas y una temperatura elevada de aproximadamente 70 grados centígrados pueden ser necesarios en algunos escenarios.

En 310, se pueden proporcionar capas adicionales que contengan, por ejemplo, fibra de vidrio para cubrir al menos parcialmente el elemento de cuerpo/elemento de calentamiento/junta - agregado. Preferentemente, la fibra de vidrio protectora o capa alternativa se dispone tal como laminada en el elemento de calentamiento antes de curar el elemento de calentamiento. Se pueden conectar varios sensores, como los sensores de calor, a la estructura con el cableado necesario (si es que hay alguno, también se pueden aplicar sensores inalámbricos). Estas acciones pueden haberse ejecutado al menos parcialmente antes en relación con el punto 306, por ejemplo, siempre que el elemento de calentamiento haya sido colocado en el elemento de cuerpo antes de terminar las juntas.

En 312, finaliza la ejecución del procedimiento.

- El ordenamiento mutuo y la presencia general de los puntos de los diagramas del procedimiento divulgados anteriormente pueden alterarse por una persona experta basándose en los requisitos establecidos por cada escenario de uso particular. Por ejemplo,
- 5 una pala puede incluir una pluralidad de elementos de calentamiento para calentar múltiples lados (por ejemplo, aspiración y presión) y/o bordes tales como sus bordes delantero y trasero. Opcionalmente, los elementos de calentamiento de los diferentes lados pueden incluso superponerse en el borde delantero.
- 10 En consecuencia, una persona experta puede, basándose en esta divulgación y conocimiento general, aplicar las enseñanzas proporcionadas para implementar el ámbito de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas en cada caso de uso particular con las modificaciones, supresiones y adiciones necesarias, si hubiera. Por ejemplo, en lugar de
- 15 una pala del rotor para una turbina eólica, la superficie diana que se va a calentar podría estar relacionada con un molino de viento, una bomba de viento, un ala de avión, un ala de misiles, etc. En muchas aplicaciones es ventajoso proporcionar el objeto diana que se va a calentar con al menos un elemento de calentamiento como se ha divulgado en el presente documento complementado por un ejemplo del elemento conductor eléctrico sugerido y la estructura de
- 20 junta sustancialmente en ambos extremos del elemento de calentamiento. Sin embargo, las disposiciones de conductor y/o junta podrían también diferir entre los extremos. En algunas realizaciones, una disposición de conductor/junta podría ubicarse incluso en la parte central alejada del extremo del elemento de calentamiento.

REIVINDICACIONES

1. Una pala (104a, 104b, 104c, 108, 201) para un rotor de una turbina eólica (101), comprendiendo dicha pala

5

- un elemento de cuerpo (218) de la pala que comprende una superficie portadora para alojar un elemento de calentamiento,

10 - un elemento de calentamiento eléctricamente conductor, alargado y sustancialmente plano (110, 120, 122, 124, 126, 128, 130, 132, 208, 208a, 208b) dispuesto sobre la superficie portadora para extenderse longitudinalmente sustancialmente a lo largo de al menos el borde delantero (108a) de la pala, en la que el elemento de calentamiento comprende tejido de carbono multiaxial,

15 - un elemento conductor de suministro eléctrico (112a, 112b, 212, 212a, 212b) ubicado en un extremo del elemento de calentamiento, extendiéndose sustancialmente el elemento conductor sobre la anchura del elemento de calentamiento en ambos lados opuestos y a lo largo de las respectivas superficies opuestas del mismo, y acoplado eléctricamente al mismo en dichos lados y a través de dichas superficies respectivas, en la que el elemento conductor
20 se configura para soportar un flujo de corriente eléctrica de al menos aproximadamente 20 A a través del mismo, y

- una estructura de junta que comprende al menos un elemento de junta eléctricamente conductor (114a, 114b, 214), cubriendo sustancialmente dicho al menos un elemento de junta
25 eléctricamente conductor, en dichos lados del elemento de calentamiento, las porciones del elemento conductor eléctrico que se extienden sobre la anchura del elemento de calentamiento.

2. La pala de la reivindicación 1, que comprende al menos una capa protectora y
30 aerodinámicamente optimizada (216) dispuesta sobre el elemento de calentamiento y también sobre la estructura de junta, comprendiendo dicha al menos una capa fibra de vidrio.

3. La pala de cualquier reivindicación anterior, en la que el elemento de calentamiento (110) está situado más cerca de la punta (108c) que la base de la pala.

35

4. La pala de cualquier reivindicación anterior, en la que el elemento de calentamiento (110,

126, 128) tiene un extremo ahusado, en el extremo situado más cerca de la punta (108c) de la pala.

5 5. La pala de cualquier reivindicación anterior, en la que el elemento de calentamiento comprende tejido de carbono biaxial.

6. La pala de cualquier reivindicación anterior, en la que el elemento de calentamiento comprende fibra de grafito.

10 7. La pala de cualquier reivindicación anterior, en la que el elemento de calentamiento comprende una pluralidad de capas apiladas.

8. La pala de cualquier reivindicación anterior, en la que el elemento conductor (212) tiene una curva para extenderse sobre ambos lados del elemento de calentamiento.

15

9. La pala de cualquier reivindicación anterior, en la que el elemento conductor (212a, 212b) comprende un nodo que divide el elemento conductor en al menos dos ramificaciones dirigidas a diferentes lados del elemento de calentamiento.

20 10. La pala de cualquier reivindicación anterior, en la que el elemento conductor comprende al menos dos subelementos separados que se dirigen a diferentes lados del elemento de calentamiento.

25 11. La pala de cualquier reivindicación anterior, en la que el elemento conductor (212b) tiene una curva para extenderse repetidamente sobre un lado predeterminado del elemento de calentamiento.

30 12. La pala de cualquier reivindicación anterior, en la que el elemento de calentamiento (208) comprende dos capas (208a) entre las que se extiende al menos una porción del elemento conductor (212a).

35 13. La pala de cualquier reivindicación anterior, en la que la estructura de junta incluye un elemento de junta (214) doblado para extenderse sobre ambos lados del elemento de calentamiento (208).

14. La pala de cualquier reivindicación anterior, en la que la estructura de junta define al menos

dos capas, una a cada lado del elemento de calentamiento (208a), residiendo las porciones del elemento conductor (212a) entremedio.

5 15. La pala de cualquier reivindicación anterior, en la que la estructura de junta incluye una pluralidad de elementos de junta que definen al menos cuatro capas, dos a cada lado del elemento de calentamiento (208b), de manera que la porción del elemento conductor (212b) se extiende entremedio.

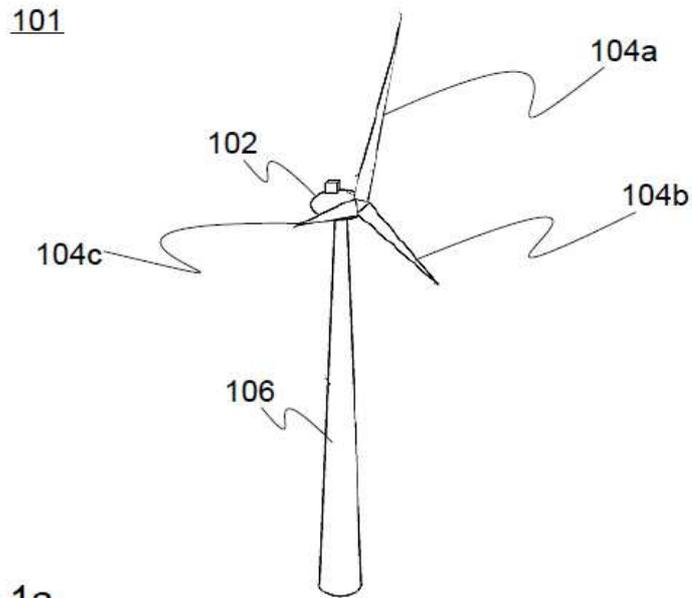


Figura 1a

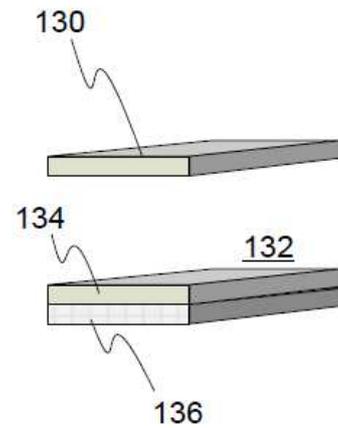
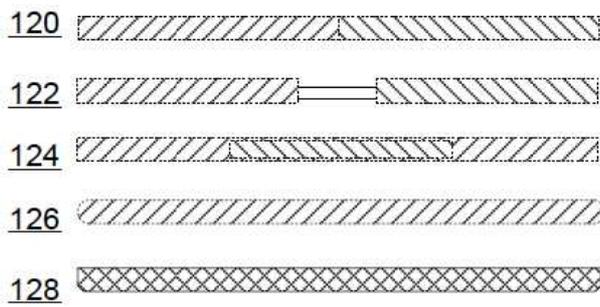
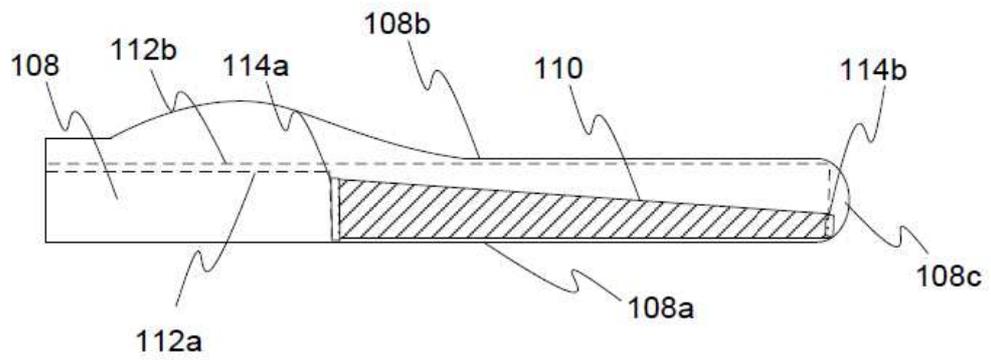


Figura 1b

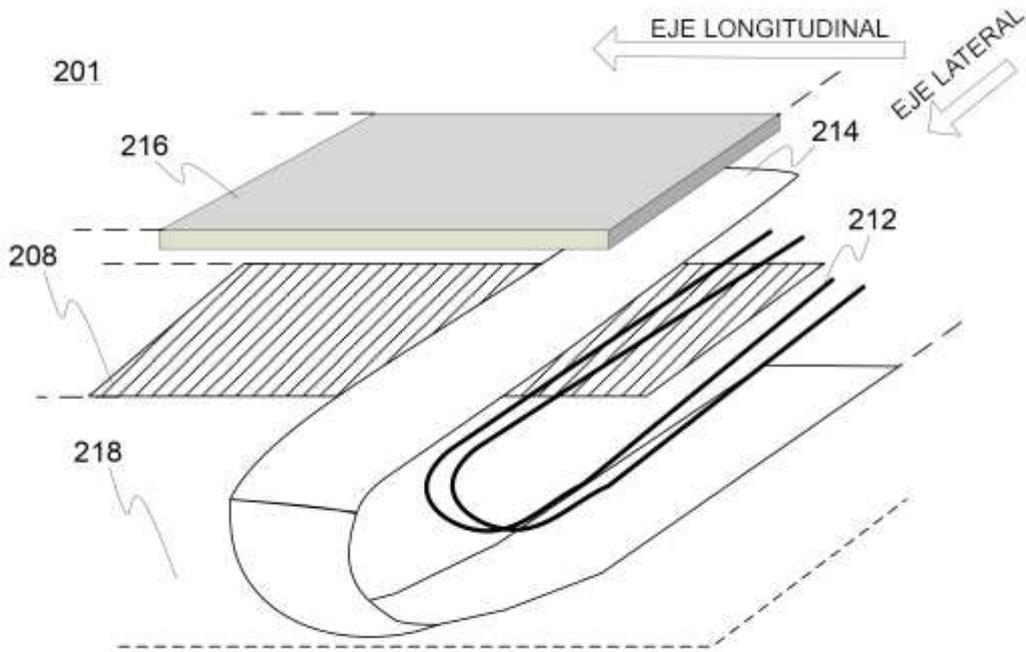


Figura 2a

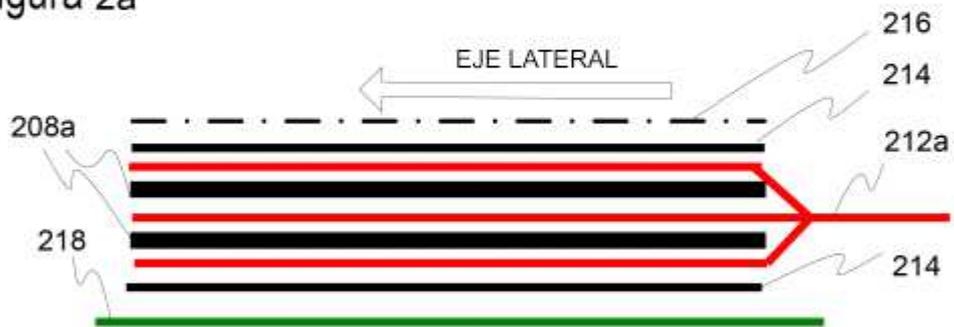


Figura 2b

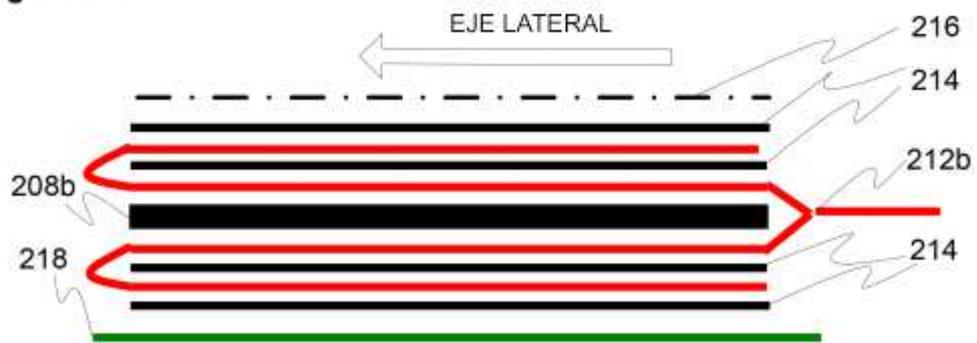


Figura 2c

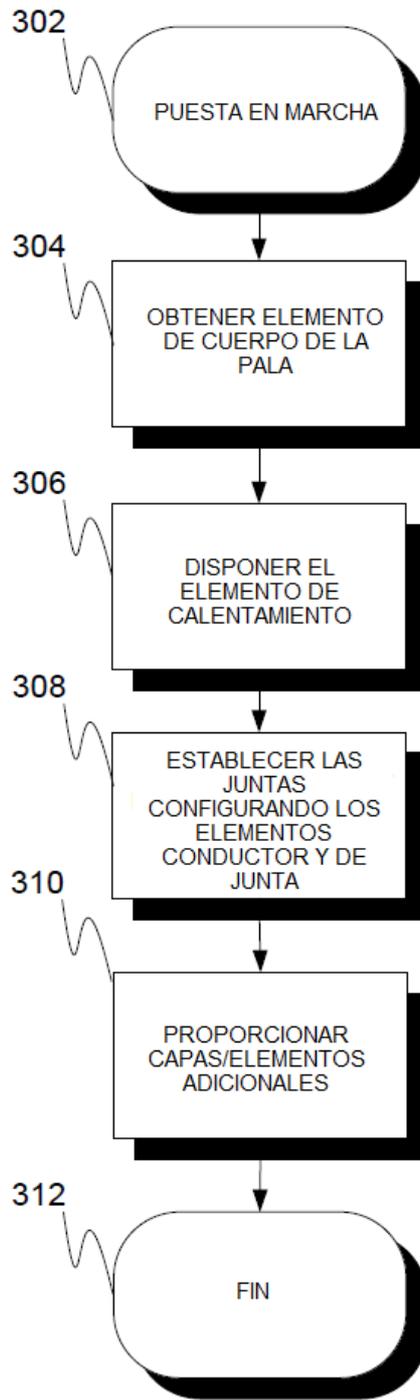


Figura 3