

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 924**

51 Int. Cl.:

**G01M 5/00** (2006.01)

**F03D 17/00** (2006.01)

**F03D 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.06.2014 PCT/DK2014/050175**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.12.2014 WO14202091**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2014 E 14731907 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 3011173**

54 Título: **Aparato para aplicar una carga a una paleta de turbina eólica instalada, y método de uso del mismo**

30 Prioridad:

**19.06.2013 DK 201370331**

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

**15.10.2018**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**CHRISTIANSEN, CLAUS BÆK**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 685 924 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Aparato para aplicar una carga a una paleta de turbina eólica instalada, y método de uso del mismo

### 5 **Campo técnico**

La invención se refiere, en general, a turbinas eólicas, y más en particular a un aparato para aplicar una carga a una paleta de turbina eólica que esté instalada en una turbina eólica, así como a un método para aplicar una carga a una paleta de turbina eólica instalada.

10

### **Antecedentes**

Las turbinas eólicas se utilizan para producir energía eléctrica utilizando un recurso renovable y sin quemar combustibles fósiles. En general, una turbina eólica convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica. Una turbina eólica de eje horizontal incluye una torre, una góndola situada en el vértice de la torre, y un rotor que tiene una pluralidad de paletas y está soportado en la góndola por medio de un árbol. El árbol acopla el rotor directa o indirectamente con un generador, que está alojado dentro de la góndola. En consecuencia, cuando el viento obliga a las paletas a girar, el generador produce energía eléctrica.

15

20

En ciertas ocasiones puede resultar deseable o necesario inspeccionar, reparar y/o comprobar paletas de turbinas eólicas tras su instalación, y tal vez tras haber funcionado durante cierto periodo de tiempo. Debido a que las paletas están elevadas sobre el suelo, por ejemplo hasta 50 o 60 metros solo hasta la punta de la paleta, a menudo se utiliza una grúa móvil externa para proporcionar acceso a las paletas. A este respecto, la grúa puede incluir un transportador de personal (por ejemplo, una cesta) para transportar al personal de mantenimiento y los equipos necesarios hacia las paletas, y desde las mismas, con el fin de llevar a cabo la tarea deseada o requerida. Por ejemplo, para comprobar una paleta en condiciones de carga, una grúa eleva al personal hasta la paleta para instalar un equipo que aplica una carga a la paleta.

25

30

Sin embargo, un sistema de este tipo presenta una serie de inconvenientes. En primer lugar, la necesidad de una grúa externa para llevar a cabo la tarea aumenta significativamente el costo del proyecto de mantenimiento. En este sentido, el costo de alquiler de grúas generalmente resulta prohibitivo y puede ser el mayor contribuyente al costo total del proyecto de mantenimiento. En segundo lugar, ciertas turbinas eólicas pueden estar ubicadas en áreas remotas a las que puede resultar difícil llegar con una grúa móvil, generalmente grande. Adicionalmente, desplazar el personal y el equipo desde el suelo hasta la paleta puede precisar precauciones de seguridad, y puede requerir una mayor cantidad de tiempo, ya que la grúa generalmente deberá efectuar varios alzamientos para lograr el resultado deseado (por ejemplo, llevar a cabo la reparación, efectuar la comprobación, etc.). Adicionalmente, la cantidad de personal para el proyecto puede ser relativamente elevada. Por ejemplo, normalmente se necesitan tres o más trabajadores en proyectos de este tipo, lo que aumenta adicionalmente los costos.

35

40

Como se describe en el documento US 2013/061683 A1, la comprobación de las paletas de turbina eólica también puede llevarse a cabo al nivel del suelo, en bancos de prueba.

45

Por consiguiente, en la industria de las turbinas eólicas existe la necesidad de un dispositivo o aparato para aplicar una carga a una paleta de turbina eólica instalada, y de un método para aplicar una carga a una paleta de turbina eólica que evite la necesidad de una grúa externa u otros tipos de dispositivos de elevación costosos.

### **Sumario**

50

En la reivindicación 1 se define un sistema de aplicación de cargas en paletas de acuerdo con la invención. En las subreivindicaciones 2-9 se definen características preferidas adicionales. En la reivindicación 10 se define un método de acuerdo con la invención. En las subreivindicaciones 11-15 se definen características preferidas adicionales. En ciertos aspectos, puede proporcionarse un sistema de aplicación de cargas en paletas para una turbina eólica ensamblada que tenga una torre, una góndola y un rotor que tenga al menos una paleta de turbina eólica, estando configurado el sistema de aplicación de cargas en paletas para imponer una fuerza sobre la al menos una paleta de turbina eólica, incluyendo un dispositivo portátil de carga que tiene un motor y un suministro de cable, en donde el motor está configurado para enrollar/desenrollar el cable; un soporte de torre configurado para estar acoplado de forma móvil a la torre, entre una primera posición, adyacente a una base de la torre, y una posición operativa, adyacente a la al menos una paleta, en donde el soporte de torre tiene un miembro de guía para redirigir el cable desde el dispositivo de carga; y un dispositivo de fijación de paletas, configurado para su acoplamiento a la al menos una paleta y configurado adicionalmente para su acoplamiento al cable del dispositivo de carga, en donde, cuando el dispositivo de fijación de paletas está acoplado con la al menos una paleta y la torre de soporte está en la posición operativa, el dispositivo de carga está configurado para su activación para inducir tensión en el cable, de manera que se imponga una fuerza sobre la al menos una paleta, en dirección hacia la torre.

55

60

65

El soporte de torre incluye un miembro anular de bucle cerrado, configurado para su disposición alrededor de la torre. En una realización, el miembro anular incluye un miembro tensor alargado y flexible, dispuesto dentro de una cubierta protectora externa. El miembro tensor alargado y flexible puede seleccionarse del grupo que consiste en

una cuerda, una cadena, un cable o combinaciones de los mismos. El soporte de torre puede comprender adicionalmente una línea de remolque, configurada para su acoplamiento con un dispositivo de accionamiento situado en la góndola, para mover el soporte de torre con respecto a la torre. La línea de remolque y el miembro de guía están preferiblemente en lados opuestos del soporte de torre. En una realización, el miembro de guía puede incluir una polea.

El dispositivo de fijación de paletas está configurado para su acoplamiento con la al menos una paleta simplemente por fricción. En una realización, el dispositivo de fijación de paletas incluye un puntal principal alargado que tiene un miembro interior rígido y una cubierta protectora exterior, en donde el puntal principal está configurado para enganchar contra una superficie de la al menos una paleta; y una eslinga acoplada al puntal principal, y configurada para su acoplamiento con el cable del dispositivo de carga, en donde el puntal principal y la eslinga definen un espacio de recepción configurado para recibir la punta de la al menos una paleta a través del mismo. El puntal principal puede estar curvado para corresponderse generalmente con la curvatura de al menos una paleta, a lo largo de la porción donde el puntal principal está configurado para su acoplamiento con la paleta. El dispositivo de fijación de paletas puede comprender adicionalmente una aleta que se extiende desde el puntal principal, de manera opuesta a la eslinga. La aleta puede tener un color diferente al de la al menos una paleta, para funcionar a modo de indicador visual del dispositivo de fijación de paletas con relación a la al menos una paleta. El dispositivo de fijación de paletas puede incluir adicionalmente una primera línea guía, configurada para extenderse hacia la base de la torre (p.ej., el suelo o una plataforma) durante el uso, y una segunda línea guía configurada para extenderse hacia la góndola, durante el uso, en donde la primera y segunda cuerdas guía están configuradas para su manipulación manual, para ubicar el dispositivo de fijación de paletas con relación a la paleta.

El sistema de aplicación de cargas en paletas puede incluir adicionalmente una celda de carga, configurada para proporcionar una indicación de la fuerza impuesta sobre la al menos una paleta desde el sistema de aplicación de cargas en paletas. Adicionalmente, un controlador puede estar acoplado operativamente al dispositivo de carga y estar acoplado operativamente a la celda de carga, en donde el controlador está configurado para controlar el funcionamiento del dispositivo de carga en función de las indicaciones de la celda de carga. El sistema de aplicación de cargas en paletas puede incluir adicionalmente un anclaje, configurado para su acoplamiento con el dispositivo de carga, para soportar al menos una porción de la carga del sistema de aplicación de cargas en paletas durante el uso. En una realización, el anclaje está configurado para su acoplamiento de manera desmontable con la torre.

Un método para aplicar una fuerza a una paleta de turbina eólica, en una turbina eólica montada, teniendo la turbina eólica una torre, una góndola y un rotor que tiene al menos una paleta, incluye: i) detener la turbina eólica de modo que la paleta de turbina eólica quede apuntada hacia una dirección descendente, adyacente a la torre; ii) acoplar un soporte de torre a la torre, adyacente a la base de la torre; iii) acoplar un cable a un dispositivo de fijación de paletas, de manera que el cable enganche con un miembro de guía del soporte de torre; iv) elevar el soporte de torre a lo largo de la torre, hasta una posición operativa adyacente a la paleta; v) acoplar el dispositivo de fijación de paletas a la paleta; y tensar el cable para proporcionar una fuerza sobre la paleta, en dirección hacia la torre. El acoplamiento del soporte de torre a la torre puede incluir formar un miembro anular de bucle cerrado alrededor de la parte exterior de la torre, adyacente a la base de la torre. En una realización, la formación del miembro anular de bucle cerrado incluye adicionalmente acoplar unas porciones de un miembro tensor flexible, para formar el miembro anular.

Elevar el soporte de torre a lo largo de la torre puede incluir extender una línea de remolque desde la góndola; acoplar la línea de remolque al soporte de torre; y tirar de la línea de remolque hacia arriba, para mover el soporte de torre a lo largo de la torre hasta la posición operativa. Preferiblemente, la línea de remolque se acopla con el soporte de torre en un punto opuesto a donde el cable engancha con el miembro de guía del soporte de torre. En una realización, las etapas de extender la línea de remolque desde la góndola y tirar de la línea de remolque hacia arriba incluyen activar una grúa, situada a bordo de la góndola de la turbina eólica. Adicionalmente, elevar el soporte de torre a lo largo de la torre hasta la posición operativa incluye proporcionar un indicador visual sobre la paleta, y elevar el soporte de torre a lo largo de la torre hasta que el soporte de torre, tal como el miembro de guía del mismo, queda alineado de manera sustancialmente horizontal con el indicador visual.

De acuerdo con el método, acoplar el dispositivo de fijación de paletas a la al menos una paleta comprende adicionalmente acoplar por fricción el dispositivo de fijación de paletas a la paleta, sin que se forme una conexión positiva entre el dispositivo de fijación de paletas y la paleta. Acoplar el dispositivo de fijación de paletas con la paleta puede incluir adicionalmente posicionar el dispositivo de fijación de paletas de manera que la paleta se extienda a través de un espacio de recepción, de bucle cerrado, del dispositivo de fijación de paletas. Adicionalmente, acoplar el dispositivo de fijación de paletas a la paleta puede incluir manipular manualmente una primera línea guía que se extiende desde el dispositivo de fijación de paletas, hacia la base de la torre, y manipular manualmente una segunda línea guía que se extiende desde el dispositivo de fijación, hasta la góndola, para colocar el dispositivo de fijación de paletas con respecto a la paleta. Acoplar el dispositivo de fijación de paletas con la paleta puede incluir adicionalmente proporcionar un indicador visual sobre el dispositivo de fijación de paletas, que tenga un color que contraste con el color de la paleta, y posicionar el dispositivo de fijación de paletas con respecto a la paleta utilizando el indicador visual.

Adicionalmente, de acuerdo con el método, tensar el cable para proporcionar una fuerza sobre la paleta comprende además activar un dispositivo de carga, posicionado adyacente a la base de la torre y acoplado operativamente con el cable, para inducir tensión en el cable. El método puede incluir adicionalmente proporcionar una indicación de la fuerza que actúa sobre la paleta desde el sistema de aplicación de cargas en paletas, y controlar el dispositivo de carga basándose en la indicación de la fuerza, para alcanzar o mantener una fuerza deseada de accionamiento sobre la paleta. Cuando resulte deseable llevar a cabo una tarea en múltiples paletas de una turbina eólica, el método puede incluir liberar la tensión del cable, retirar de la paleta el dispositivo de fijación de paletas, hacer girar el rotor de manera que otra paleta apunte en la dirección descendente, adyacente a la torre, al tiempo que se mantiene el soporte de torre en su posición operativa, acoplar el dispositivo de fijación de paletas a otra paleta, y tensar el cable para proporcionar una fuerza sobre la otra paleta, en dirección a la torre.

### Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos, que se incorporan en la presente memoria descriptiva y constituyen parte de la misma, ilustran una realización de la invención y, junto con la descripción general de la invención ofrecida anteriormente y la descripción detallada que se ofrece a continuación, sirven para explicar la invención.

La Fig. 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica, que tiene un sistema de aplicación de cargas en paletas de acuerdo con una realización de la invención;

La Fig. 2 es una vista parcial ampliada del sistema de aplicación de cargas en paletas ilustrado en la Fig. 1;

La Fig. 3 es otra vista parcial ampliada del sistema de aplicación de cargas en paletas; y

La Fig. 4 es un diagrama de flujo que ilustra varias etapas del método de acuerdo con una realización de la invención.

### Descripción detallada

Con referencia a la Fig. 1, una turbina eólica 10 incluye una torre 12, una góndola 14 dispuesta en el vértice de la torre 12, y un rotor 16 acoplado operativamente a un generador (no mostrado) alojado dentro de la góndola 14. Además del generador, la góndola 14 aloja componentes variados necesarios para convertir energía eólica en energía eléctrica, y diversos componentes necesarios para operar, controlar y optimizar el rendimiento de la turbina eólica 10. La torre 12 soporta la carga presentada por la góndola 14, el rotor 16 y otros componentes de la turbina eólica 10 que están alojados dentro de la góndola 14, y también opera para elevar la góndola 14 y el rotor 16 a cierta altura sobre el nivel del suelo o el nivel del mar, como puede ser el caso, a la que habitualmente se encuentran corrientes de aire más rápidas y con menos turbulencias.

El rotor 16 de la turbina eólica 10, que se representa como una turbina eólica de eje horizontal, sirve como motor principal para el sistema electromecánico. El viento que exceda un nivel mínimo activará el rotor 16, y causará la rotación en un plano sustancialmente perpendicular a la dirección del viento. El rotor 16 de la turbina eólica 10 incluye un cubo central 18 y al menos una paleta 20, que sobresale hacia fuera desde el cubo central 18 en ubicaciones distribuidas circunferencialmente alrededor del mismo. En la realización representativa, el rotor 16 incluye tres paletas 20, pero el número puede variar. Las paletas 20 están configuradas para interactuar con el flujo de aire que pasa, para producir una elevación de las mismas que haga girar el cubo central 18 alrededor de un eje longitudinal.

La turbina eólica 10 puede estar incluida en una colección de turbinas eólicas similares, pertenecientes a un parque eólico o granja eólica que sirva como planta generadora de energía conectada por líneas de transmisión con una red eléctrica, tal como una red eléctrica de corriente alterna (CA) trifásica. La red eléctrica generalmente consiste en una red de estaciones de energía, circuitos de transmisión y subestaciones acopladas por una red de líneas de transmisión, que transmiten la energía a cargas en forma de usuarios finales y otros clientes de servicios eléctricos. En circunstancias normales, la energía eléctrica se suministra desde el generador a la red eléctrica, como saben los expertos en la materia.

Como se mencionó anteriormente, por diversas razones puede resultar deseable aplicar una carga a una herramienta u otra pieza de equipamiento situada en una o más de las paletas 20 de turbina eólica, o posicionar la misma, una vez que la paleta ya está instalada en la turbina eólica 10. Por ejemplo, durante una inspección de la paleta, o durante un procedimiento de reparación de la misma, puede resultar conveniente aplicar una fuerza o carga sobre la paleta para restringir o asegurar de forma más positiva la posición de la misma, y facilitar así al personal de mantenimiento la inspección o reparación. A modo de ejemplo adicional, durante un procedimiento de comprobación de la resistencia y/o la integridad de la paleta, puede ser deseable aplicar una fuerza o carga de comprobación en una paleta estacionaria, para simular la carga de la paleta en uso y determinar así cierta información estructural de la misma, tal como defectos de la paleta. Con este fin, y de acuerdo con una realización de la invención, la Fig. 1 ilustra un sistema 26 de aplicación de cargas en paletas ejemplar, para aplicar una fuerza o carga sobre una paleta 20 de turbina eólica una vez que la paleta 20 de turbina eólica está instalada en la turbina

eólica 10.

Como se ilustra en las Figs. 1 a 3, en una realización ejemplar, el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas incluye generalmente un accesorio o anclaje 28 fijo, un dispositivo portátil 30 de carga, una celda 32 de carga, un soporte 34 de torre y un dispositivo 36 de fijación de paletas. El anclaje 28 está configurado para proporcionar un soporte fijo para el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas de manera que, por ejemplo, una parte sustancial de la carga del sistema 26 de aplicación de cargas en paletas pueda transferirse al anclaje 28 durante el uso. Preferiblemente, el anclaje 28 se encuentra adyacente a una base 38 de la torre de turbina eólica 12 de modo que sea fácilmente accesible para el personal de mantenimiento (Fig. 2). En una realización, por ejemplo, el anclaje 28 puede estar ubicado en el suelo, adyacente a la base 38 de la torre 12 (o sobre una plataforma adyacente a la base de la torre, para aplicaciones en alta mar). El anclaje 28 puede fijarse permanentemente en el suelo, o colocarse de forma desmontable en el suelo antes de aplicar una carga a una paleta. Adicionalmente, el anclaje 28 puede colocarse de forma desmontable en el suelo. Por ejemplo, el anclaje 28 puede proporcionarlo un vehículo de servicio u otro artículo muy pesado situado sobre el suelo, adyacente a la base 38 de la torre 12.

Alternativamente, el anclaje 28 puede acoplarse con la torre 12 de tal forma que finalmente las fuerzas del sistema 26 de aplicación de cargas en paletas se transfieran de vuelta a la torre 12 (y al suelo, a través de los cimientos de la turbina eólica). En una realización ejemplar de la invención, puede estar configurado como una fijación desmontable no permanente a la torre 12. En este sentido, el anclaje 28 puede incluir una o más correas (por ejemplo, correas de nylon) configuradas para rodear de manera ajustada la superficie exterior 40 de la torre 12, adyacentes a la base 38. Por ejemplo, el anclaje 28 puede incluir una o más correas de trinquete que puedan asegurarse firmemente alrededor de la parte exterior 40 de la torre 12, como se ilustra en la Fig. 2. El anclaje 28 puede cooperar con diversas características de la torre, tales como por ejemplo los tubos de ventilación, para ayudar a asegurar la posición del anclaje 28 en la torre 12. El anclaje 28 puede incluir diversos acolchados y/o una cubierta protectora, de modo que el anclaje no arañe la torre 12 o cause algún otro tipo de daños a la misma. Aunque, según lo descrito anteriormente puede resultar preferible una realización no permanente del anclaje 28, cabe observar que en una realización alternativa adicional el anclaje 28 puede estar fijado a la torre 12 de manera permanente. Por ejemplo, a la torre 12 pueden estar fijados diversos pernos, pasadores, clavos, etc., para proporcionar el anclaje 28 del sistema 26 de aplicación de cargas en paletas.

El soporte 34 de torre está configurado para controlar de manera eficaz la dirección de la fuerza que actúa sobre la paleta 20 desde el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas (por ejemplo, véase la Fig. 1). A este respecto, para minimizar la fuerza neta que el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas impone sobre la paleta 20, para lograr una carga determinada (por ejemplo, una carga de flexión en la paleta), puede resultar deseable que la fuerza impuesta actúe sobre la paleta 20 generalmente en un ángulo de aproximadamente 90° con respecto al eje longitudinal de la paleta 20. Si el dispositivo 30 de carga está cerca de la base 38 de la torre 12, y los cables generadores de fuerza del dispositivo 30 de carga se extienden directamente hasta la paleta 20 sin redireccionamiento alguno, entonces el ángulo que el cable hace con la paleta 20 será elevado (por ejemplo, 160° o superior), y en consecuencia también lo será el ángulo de la fuerza. En esta orientación, tan solo actuará un componente relativamente pequeño o fracción de la fuerza neta del cable, para imponer una carga de flexión sobre la paleta 20. Así, para lograr una carga de flexión deseada en la paleta 20, el dispositivo 30 de carga tendría que ser capaz de generar una fuerza neta muy elevada. Esto aumentaría el tamaño del dispositivo de carga y del cable, y también impondría una gran carga de tensión sobre la paleta 20, lo que puede resultar indeseable.

Estos inconvenientes generalmente pueden evitarse orientando los cables del cabrestante (que se analiza a continuación) de modo que se extiendan de manera generalmente perpendicular con respecto al eje longitudinal de la paleta 20. De esta manera actuará una fracción relativamente elevada de la fuerza neta, para imponer una carga de flexión sobre la paleta 20. En una realización de la invención, esto puede lograrse mediante el soporte 34 de la torre. A este respecto, el soporte 34 de la torre puede acoplarse a la torre 12 de manera que se permitan los movimientos generalmente verticales del soporte 34 de torre a lo largo de la torre 12. En una realización, el soporte 34 de torre puede estar configurado como un miembro anular 46 dispuesto alrededor de la superficie exterior 40 de la torre 12. En esta realización, el miembro anular 46 puede ser ligeramente mayor que la torre 12, para permitir el movimiento del miembro anular 46 con respecto a la torre 12.

En una realización, el miembro anular 46 puede estar formado por un miembro rígido de barra (viga, varilla, etc.), generalmente circular, fabricado con un material adecuado para dar cabida a las fuerzas impuestas sobre el mismo por parte del sistema 26 de aplicación de cargas en paletas (no mostrado). A modo de ejemplo, el miembro de barra puede estar formado de hierro, acero, aluminio, u otros materiales adecuados. Adicionalmente, el miembro rígido de barra puede formarse por dos o más segmentos de barra que se acoplen entre sí en la ubicación de la turbina eólica, de extremo a extremo, por ejemplo, para formar el miembro completo de barra de bucle cerrado. Sin embargo, en otra realización el miembro anular 46 puede formarse a partir de un miembro tensor alargado, generalmente flexible. Por ejemplo, el miembro anular 46 puede formarse a partir de un tramo suficientemente largo de cuerda, cable, cadena, etc. Tales miembros tensores son capaces de soportar una carga en tensión, pero generalmente no pueden soportar una carga en compresión. Esto permite que el miembro tensor sea plegable y más compacto, por ejemplo, lo que puede facilitar el almacenamiento y transporte del sistema 26 de aplicación de cargas en paletas. En cualquier caso, puede disponerse el miembro tensor alrededor de la superficie exterior 40 de la

torre 12 y acoplarse los extremos o porciones del mismo, de manera generalmente conocida en la técnica, para formar un anillo de bucle cerrado alrededor de la torre 12. En esta configuración, por ejemplo, el miembro anular 46 es capaz de soportar cargas en una dirección generalmente radial, en sentido opuesto a la torre 12.

5 Debido a que el soporte 34 de torre está muy cerca de la torre 12, y configurado para moverse con relación a la misma, el soporte 34 de torre puede incluir acolchado y/o una cubierta protectora externa para evitar que el soporte 34 de torre raye o dañe la torre 12 de otra manera, durante su movimiento y uso relativos. A modo de ejemplo, en una realización ejemplar el soporte 34 de torre puede estar formado por una cadena metálica, dispuesta dentro de una cubierta tubular exterior (por ejemplo, una manguera antiincendios). Sin embargo, la invención no se limita a esta construcción particular del soporte 34 de torre y pueden usarse otros elementos tensores y cubiertas protectoras exteriores, y permanecer dentro del alcance de la presente invención.

15 Para facilitar el movimiento del soporte 34 de torre a lo largo de la torre 12, el soporte 34 de torre puede incluir adicionalmente un sistema elevador, que se muestra de manera general con el número 48 (Fig. 1). En una realización, el sistema elevador 48 incluye un cable 50 de remolque acoplado con el soporte 34 de torre, por un extremo del mismo, y acoplado con un dispositivo 52 de accionamiento (mostrado esquemáticamente) por otro extremo del mismo, en donde el dispositivo 52 de accionamiento está configurado para enrollar/desenrollar un cable 56 de remolque para mover el soporte 34 de torre a lo largo de la torre 12. En una realización ejemplar, el dispositivo 52 de accionamiento puede proporcionarlo la grúa 54 (mostrada esquemáticamente) de la turbina eólica 10, situada a bordo de la góndola 14. A este respecto, el cable 56 de remolque de la grúa 54 de a bordo puede acoplarse con el cable 50 de remolque, que a su vez se acopla con el soporte 34 de torre. Alternativamente, el cable 56 de remolque de la grúa 54 de a bordo puede acoplarse directamente con el soporte 34 de torre sin un cable intermedio. En una realización alternativa adicional, en lugar de usar la grúa 54 de a bordo, en la góndola 14 puede estar ubicado un dispositivo 52 de accionamiento temporal, tal como un cabrestante portátil relativamente pequeño o similar, para elevar el cable 50 de remolque o el soporte 34 de torre. En cualquier caso, como se aclarará a continuación, el sistema elevador 48 puede estar configurado para elevar el soporte 38 de torre a lo largo de la torre 12 de manera que el soporte 38 de torre quede adyacente a la paleta 20, cuando la paleta esté en su posición hacia abajo (posición horaria de las seis, es decir, la paleta está orientada generalmente paralela a la torre 12).

30 Además de lo anterior, el soporte 34 de torre incluye un miembro de guía, tal como una roldana o roldana 58 acoplada al mismo, para redirigir o reorientar el cableado del cabrestante (que se analiza a continuación). La roldana 58 debería estar dimensionada para soportar las cargas aplicadas sobre la misma por el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas. Por ejemplo, en una realización, la roldana 58 puede tener una capacidad nominal de aproximadamente 2 toneladas. Los expertos en la materia reconocerán cómo dimensionar la roldana 58 para la aplicación particular. Adicionalmente, en una realización preferida, la roldana 58 puede estar situada en el soporte 34 de torre en un punto opuesto a donde el cable 50 o el sistema elevador 48 se acopla con el soporte 34 de torre (Figs. 1 y 3). De este modo, la roldana 58 y el punto de fijación para el cable 50 o el sistema elevador 48 están generalmente en lados opuestos del soporte 34 de torre, y en lados opuestos de la torre 12 (por ejemplo, separados 180°). De manera similar a lo mencionado anteriormente, la roldana 58 puede incluir acolchado y/o una cubierta protectora para evitar que la roldana 58 arañe o dañe de otro modo la torre 12, durante el movimiento del soporte 34 de torre o el uso del sistema 26 de aplicación de cargas en paletas. Aunque una roldana 58 puede suponer una realización preferida, en diversas realizaciones alternativas también pueden usarse otros miembros de guía que redirijan o reorienten el cableado del cabrestante con una fricción relativamente baja.

45 Como se ilustra en las Figs. 1 y 2, el sistema 30 de carga puede ubicarse adyacente a la base 38 de la torre 12 para que sea fácilmente accesible para el personal de mantenimiento, y acoplarse con el anclaje 28 para restringir o limitar el movimiento del dispositivo 30 de carga durante el uso. Sin embargo, cabe observar que son posibles otras ubicaciones para el dispositivo 30 de carga en el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas. Generalmente, el dispositivo 30 de carga deberá estar en la ruta entre el anclaje 28 y el dispositivo 36 de fijación de paletas. De acuerdo con un aspecto de la invención, el dispositivo 30 de carga no forma parte de una grúa u otro dispositivo elevador grande, pero está configurado para que un/a operario/a de mantenimiento pueda desplazarlo fácilmente. Más en particular, el dispositivo 30 de carga está configurado para estar dentro de los límites de carga de peso de un/a operario/a adulto normal. Con fines ilustrativos y descriptivos, el dispositivo 30 de carga, en la Fig. 2 la roldana 58 y el dispositivo 36 de fijación de paletas se muestran circunferencialmente desplazados entre sí. Sin embargo, según la implementación, cabe observar que el dispositivo 30 de carga quedará preferiblemente alineado verticalmente con la roldana 58 y el dispositivo 36 de fijación de paletas, como se ilustra de manera general en la Fig. 1. Sin embargo, también pueden utilizarse otras disposiciones, incluyendo diversos desplazamientos no verticales. El dispositivo 30 de carga puede acoplarse con el anclaje 28 mediante una eslinga, cable u otro miembro 60 de acoplamiento adecuado. Por ejemplo, puede usarse una eslinga para reducir el rayado u otros posibles daños a la torre 12 de la turbina eólica.

El dispositivo 30 de carga, que puede incluir un dispositivo de tipo cabrestante, por ejemplo, puede tener un diseño generalmente convencional e incluir un motor 64 controlable y un suministro de cable 66, tal como el proporcionado por un carrete de cable, acoplado operativamente al motor 64 para que enrollar o desenrollar el cable 66. El motor 64 puede ser un motor eléctrico, por ejemplo, y estar operativamente acoplado con un controlador 68 para controlar el motor 64. También pueden usarse otros tipos de motores, tales como motores hidráulicos, motores

neumáticos, motores electromecánicos, pistones hidráulicos, etc., en diversas realizaciones de la invención. El controlador 68 también puede incluir un control remoto 70 para poder controlar el dispositivo 30 de carga de forma remota, por ejemplo desde la góndola 14, o sobre el suelo, pero desde una distancia con respecto a la base 38 de la torre 12. El dispositivo 30 de carga no deberá limitarse al ilustrado en el presente documento, sino abarcar diversos dispositivos portátiles capaces de aplicar tensión a un cable.

El cable 66 del dispositivo 30 de carga se extiende desde el motor 64, en la base 38 de la torre 12, hasta la roldana 58 en el soporte 34 de torre. Esta primera porción 66a del cable 66 se extiende generalmente de manera vertical o en paralelo con respecto a la torre 12, durante el uso, como se ilustra en las Figs. 1 y 3. El cable 66 se extiende entonces desde la roldana 58 hasta el dispositivo 36 de fijación de paletas (que se analiza en detalle más adelante), que está configurado para su acoplamiento con la paleta 20. En una realización, el cable 66 puede extenderse directamente desde la roldana 58 hasta el dispositivo 36 de fijación de paletas (no mostrado). Sin embargo, en una realización alternativa el cable 66 puede extenderse múltiples veces entre el soporte 34 de torre y el dispositivo 36 de fijación de paletas, para lograr una fuerza y/o velocidad de carga deseadas con las que aplicar la fuerza a la paleta 20. Los expertos en la materia comprenderán cómo disponer el cable 66 entre el soporte 34 de torre y el dispositivo de fijación de paletas. En cualquier caso, la segunda porción 66b del cable 66 puede configurarse para que quede generalmente perpendicular a la paleta 20 (por ejemplo,  $90^\circ \pm 15^\circ$ ). Esto puede controlarse, por ejemplo, colocando correctamente el soporte 34 de torre a lo largo de la torre 12.

El dispositivo 36 de fijación de paletas está configurado para permitir imponer sobre la paleta 20 una fuerza, generada por el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas, sin dañar la misma. A este respecto, y como se ilustra en las Figs. 2 y 3, el dispositivo 36 de fijación de paletas puede incluir un puntal principal 74 con un miembro interior 76 generalmente rígido, para transferir carga a la paleta 20, y una cubierta protectora exterior 78 para evitar o reducir la probabilidad de daños a la paleta 20. En una realización, el soporte interior 76 puede incluir una barra de metal, tal como una barra de aluminio. Por supuesto, también pueden usarse otros materiales metálicos, o no metálicos, para el soporte interior rígido. El miembro interior 76 también puede estar ligeramente curvado de modo que se corresponda o coincida más estrechamente con la curvatura de la paleta 20, en la ubicación deseada del dispositivo 36 de fijación de paletas en la paleta 20. El miembro interior 76 deberá tener una longitud suficiente para abarcar la paleta 20 cuando esté posicionado contra la misma. Por ejemplo, el miembro interior 76 puede tener aproximadamente 1,2 m de longitud. Sin embargo, son posibles otras longitudes dependiendo de la disposición particular. En una realización, la cubierta exterior 78 puede incluir acolchado de espuma u otros materiales resilientes o no resilientes, que eviten de manera suficiente que el miembro interior 76 dañe la paleta 20.

El dispositivo 36 de fijación de paletas incluye adicionalmente una eslinga o correa 80, que tiene un primer y segundo extremos 82, 84 acoplados a los respectivos primer y segundo extremos 86, 88 del puntal principal 74. La eslinga 80 puede incluir a lo largo de una parte central de la misma un conector, tal como un clip, sujeción en U, roldana o similar (se muestra la roldana), para acoplar el cable 66 del dispositivo 30 de carga con el dispositivo 36 de fijación de paletas. De esta manera, cuando se tensa la eslinga 80 o se tira fuertemente de la misma, se forma un espacio 90 de recepción generalmente triangular entre la eslinga 80 y el puntal 74. Como se analizará a continuación, la paleta 20 está configurada para ser recibida en el espacio 90 de recepción, durante el uso del sistema 26 de aplicación de cargas en paletas. El dispositivo 36 de fijación de paletas está configurado para su montaje en la paleta 20 mediante un acoplamiento de fricción. A este respecto, el dispositivo 36 de fijación de paletas no cuenta con un conector, sujetador, etc. para crear una conexión positiva con la paleta. En su lugar, a medida que se tensa el cable 66, el puntal principal 74 engancha a tope contra una superficie de la paleta 20 y queda allí sujeto, contra la paleta, por fricción. Este tipo de enganche permite acoplar y desacoplar el dispositivo 36 de fijación de paletas rápidamente de la paleta 20, y adicionalmente acaba con la necesidad de tener que elevar al personal de mantenimiento hasta las paletas, por ejemplo con una grúa, para facilitar el acoplamiento a la paleta.

También adicionalmente, el dispositivo 36 de fijación de paletas puede incluir una aleta 94 generalmente triangular (por ejemplo, similar a una cometa), que proporcione diversas funciones útiles al sistema 26 de aplicación de cargas en paletas. La aleta 94 incluye una base 96 que está acoplada con el puntal 74 o envuelta alrededor del mismo, de manera que los lados 98 de la aleta 94 estén generalmente situados entre los dos extremos 86, 88 del puntal 74, y el vértice 100 de la aleta 94 esté separado del puntal 74. Una función de la aleta 94 es la de ayudar a controlar el posicionamiento del dispositivo 36 de fijación de paletas con relación a la paleta 20, durante el uso. A este respecto, el dispositivo 36 de fijación de paletas incluye una primera línea guía 102 acoplada a la aleta 94, adyacente al vértice 100 de la aleta 94. Como se describe a continuación, la primera línea guía 102 puede estar configurada para ayudar a colocar de manera generalmente horizontal el dispositivo 36 de fijación de paletas con respecto a la paleta 20. El dispositivo 36 de fijación de paletas puede incluir adicionalmente una segunda y tercera cuerdas guía 104, 106 acopladas a los extremos opuestos de la base de la aleta 94, o acopladas a los extremos 86, 88 del puntal principal 74. Como se ha mencionado anteriormente, la segunda y tercera cuerdas guía 104, 106 pueden estar configuradas para ayudar a colocar de manera generalmente vertical el dispositivo 36 de fijación de paletas con respecto a la paleta 20. Cabe observar que, aunque la segunda y tercera cuerdas guía 104, 106 pueden ser cuerdas guía separadas, en una realización ejemplar la segunda y tercera cuerdas guía 104, 106 pueden ser porciones de una única cuerda que puede estar acoplada con otra línea guía 108, que puede extenderse hasta la góndola 14 de la turbina eólica 10 (p. ej., en forma de Y). Esto se analizará en más detalle a continuación.

En otro aspecto, la aleta 94 proporciona otra función útil. A este respecto, la aleta 94 puede funcionar como una ayuda visual para ubicar el dispositivo 36 de fijación de paletas con relación a la paleta 20. Con este fin, la aleta 94 puede estar coloreada de manera que contraste con el color de la paleta 20. En una realización, por ejemplo, la paleta 20 puede ser generalmente blanca y la aleta 94 puede ser de color azul (por ejemplo, azul marino), para contrastar con el color de la paleta. Sin embargo, también pueden usarse otros colores contrastantes. Este contraste cromático ayuda al personal de mantenimiento a localizar el puntal 74 en el lado trasero de la paleta 20 durante el uso, tal como se explicará a continuación.

La celda 32 de carga del sistema 24 de aplicación de cargas en paletas está configurada para proporcionar una indicación de la magnitud de la fuerza que actúa sobre la paleta 20, ejercida por el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas. Esto permite entonces al personal de mantenimiento ajustar el dispositivo 30 de carga para lograr una carga deseada, según lo determinado en función de la tarea particular a efectuar, por ejemplo. Con este fin, como se ilustra en la Fig. 2, la celda 32 de carga puede colocarse entre el anclaje 28 y el dispositivo 30 de carga en la base 38 de la torre 12. Sin embargo, cabe observar que la celda 32 de carga puede tener otras ubicaciones en el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas. Por ejemplo, la celda 32 de carga puede incorporarse en el dispositivo 30 de carga.

Generalmente, la celda 32 de carga deberá estar en la "ruta de fuerza" entre el anclaje 28 y el dispositivo 36 de fijación de paletas. Adicionalmente, la celda 32 de carga puede acoplarse operativamente al controlador 68, de modo que el dispositivo 30 de carga pueda controlarse de manera que se alcance o mantenga una fuerza determinada que actúe sobre la paleta 20. Por ejemplo, el controlador 68 puede configurarse para que comunique la lectura de la celda 32 de carga al control remoto 70, de modo que el personal de mantenimiento pueda controlar el dispositivo 30 de carga a través del control remoto 70, por ejemplo para lograr o mantener una fuerza determinada. La celda 32 de carga puede ser un extensímetro, una celda de carga hidráulica, una celda de carga neumática, una celda de carga piezoeléctrica u otro tipo de celda de carga, como se conoce generalmente en la técnica.

Se describirá ahora el uso del sistema 26 de aplicación de cargas en paletas, con los diversos componentes del sistema 26 de aplicación de cargas en paletas descritos anteriormente, con referencia a la Fig. 4. Antes de usar el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas para aplicar una fuerza a la paleta 20 de turbina eólica, primero debe ponerse fuera de servicio la turbina eólica 10 y poner la misma en un estado parado con una de las paletas 20 en la posición hacia abajo, en posición horaria de las seis en punto, adyacente a la torre 12. Preferiblemente, se gira el rotor 16 de la turbina eólica 10 para apartarlo del viento, de manera que la paleta 20 dirigida hacia abajo quede en el lado trasero de la torre 12 con relación a la dirección del viento. Estas etapas pueden estar representadas de manera general por la etapa 120. Las siguientes etapas prepararán de manera general el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas para el acoplamiento con la turbina eólica 10, y, más específicamente, con la paleta 20 dirigida hacia abajo. Cabe destacar que gran parte del trabajo de preparación para utilizar el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas puede efectuarse en el suelo (o en la plataforma, según sea el caso), lo que resulta particularmente conveniente para el personal de mantenimiento. A este respecto, y como se representa de manera general en la etapa 122, un/a trabajador/a puede establecer el anclaje 28 desmontable no permanente. Como se ha mencionado anteriormente, en una realización esto puede lograrse asegurando una o más correas de trinquete a la base 38 de la torre 12, y apretando las correas. Por supuesto, en caso de utilizar un anclaje permanente, puede omitirse esta etapa.

A continuación, puede establecerse el soporte 34 de torre alrededor de la torre 12 de manera adyacente a la base 38. Por ejemplo, puede colocarse el conjunto de cadena y manguera anteriormente descrito alrededor de la torre 12, para definir un miembro anular 46 de bucle cerrado alrededor de la torre 12. Si aún no se ha acoplado la roldana 58 al soporte 34 de torre, puede acoplarse la roldana 58 al soporte 34 de torre justo antes o después de disponer el soporte 34 de torre alrededor de la torre 12. Dado que el soporte 34 de torre está ligeramente sobredimensionado con respecto a la torre 12, el soporte 34 de torre puede quedar suelto a lo largo del suelo en la base 38 de la torre 12. Estos diversos aspectos se representan en la etapa 124 de la Fig. 4.

A continuación, puede prepararse el dispositivo 36 de fijación de paletas. A este respecto, puede colocarse el puntal 74 en el suelo en relación separada con respecto a la torre 12 (p. ej., de manera vertical debajo de la paleta 20 situada hacia abajo), con la porción central de la eslinga 80 estirada de manera ligeramente tensa en dirección hacia la torre 12, para definir el espacio 90 de recepción generalmente triangular. Puede tirarse de la aleta 94 y tensarse ligeramente la misma, de manera que el vértice 100 de la aleta 94 apunte de manera general en sentido opuesto a la torre 12. La primera, segunda y tercera líneas guía 102, 104, 106 pueden tenderse a los lados apropiados de la aleta 94, para que no se crucen entre sí o con la eslinga 80. Estos aspectos se representan de manera general en la etapa 126 de la Fig. 4.

A continuación, pueden prepararse el dispositivo 30 de carga y la célula 32 de carga. A este respecto, puede acoplarse la eslinga 60 con el anclaje 28 por un extremo de la misma y acoplarse con la celda 32 de carga por otro extremo de la misma. Puede acoplarse entonces la celda 32 de carga con el dispositivo 30 de carga (p. ej., al menos la porción de bloque de motor del mismo, ya que el cable puede alimentarse por separado al bloque del motor desde el carrete). Esto puede lograrse mediante un acoplamiento directo de la célula 32 de carga con el dispositivo 30 de carga, o mediante un conector, tal como otra eslinga, cuerda o cable. Este acoplamiento deberá ser tal que el dispositivo 30 de carga permanezca bastante cerca del suelo, durante el uso del sistema 26 de aplicación de cargas



en paletas, por ejemplo contra la superficie exterior 40 de la torre 12 como se ilustra en la Fig. 2. Adicionalmente, el dispositivo 30 de carga y la célula 32 de carga pueden acoplarse al controlador 68 mediante cables electrónicos adecuados. Estos aspectos se representan de manera general la etapa 128 de la Fig. 4. Adicionalmente, puede desenrollarse un tramo de cable 66 desde el dispositivo 30 de carga, ensartando el extremo del mismo a través de la roldana 58 situada sobre el soporte 34 de torre, y acoplado el mismo a la eslinga 80 del dispositivo 36 de fijación de paletas. Estos aspectos se representan de manera general en la etapa 130 de la Fig. 4.

Simultáneamente con las etapas descritas anteriormente, o después de completar las mismas, un/a trabajador/a puede posicionarse en la góndola 14 de la turbina eólica 10. El/la trabajador/a puede llevar varios artículos para efectuar aspectos de la presente invención. A este respecto, el/la trabajador/a puede llevar a la góndola 14 un tramo de cable, cuerda, etc., que puede funcionar como línea guía 108. Una vez allí, el/la trabajador/a puede abrir la escotilla de la góndola 14 y soltar la línea guía 108 hasta el suelo, donde un/a trabajador/a situado/a allí puede acoplar la línea guía 108 a la segunda y tercera líneas guía 104, 106 del dispositivo 36 de fijación de paletas. Estos aspectos se representan de manera general en la etapa 132. El/la trabajador/a situado/a en la góndola 14 también puede operar la grúa de a bordo, o un dispositivo 52 de accionamiento separado, para bajar una línea de remolque al suelo. El/la trabajador/a situado/a en el suelo puede acoplar entonces la línea de remolque al soporte 34 de torre o al cable 50 de remolque, que está acoplado con el soporte 34 de torre. Como se mencionó anteriormente, este acoplamiento deberá producirse en el lado delantero de la torre 12, de manera opuesta a la roldana 58. Estos aspectos se representan de manera general en la etapa 134.

Puede elevarse el soporte 34 de torre a lo largo de la torre 12, hasta una posición operativa. A este respecto, el trabajador en la góndola 14 puede activar el dispositivo 52 de accionamiento y elevar el soporte 34 de torre a lo largo de la torre 12. A medida que se eleva el soporte 34 de torre mediante el dispositivo 52 de accionamiento, puede inclinarse ligeramente hacia abajo en el lado de la roldana 58 (por ejemplo, estar más alto en el lado que se levanta con la línea 50 de remolque). Esto puede ser especialmente cierto con los soportes 34 de torre generalmente flexibles. El soporte 34 de torre deberá elevarse a lo largo de la torre 12 de manera que la roldana 58 quede alineada de manera generalmente horizontal con la ubicación deseada de la fuerza que actúa sobre la paleta 20, ejercida por el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas. Esta ubicación puede variar dependiendo de la tarea particular a efectuar, pero en una realización ejemplar puede estar dentro de los últimos 10 m de la paleta 20. Sin embargo, dependiendo de la aplicación particular, puede ser importante que la ubicación de la fuerza ejercida por el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas sea generalmente precisa y repetible. A este respecto, puede utilizarse un indicador visual para localizar la posición deseada de la fuerza sobre la paleta 20. En una realización, una característica existente de la paleta 20 puede proporcionar un indicador visual para localizar la fuerza ejercida por el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas. Por ejemplo, las paletas 20 de la turbina eólica a menudo incluyen receptores de rayos a todo lo largo de la paleta 20, para conducir los rayos a tierra. Estos receptores de rayos son generalmente visibles en la superficie de las paletas 20 y, por lo tanto, pueden servir como un indicador visual para emplazar con precisión la fuerza. En una realización, por ejemplo, puede resultar deseable emplazar la fuerza ejercida por el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas en uno de los receptores de rayos, adyacente a la punta de la paleta 20. Por supuesto, cabe observar que también pueden utilizarse otros indicadores visuales para emplazar la fuerza ejercida por el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas. Estos aspectos se representan de manera general en la etapa 136 de la Fig. 4.

En una realización, puede desenrollarse una cantidad suficiente de cable 66 antes o durante la elevación del soporte 34 de torre, de manera que, durante la elevación del soporte 34 de torre, no se eleve del suelo el dispositivo 36 de fijación de paletas hasta su posición operativa. En esta realización, después de elevar el soporte 34 de torre hasta su posición operativa en la torre 20, puede posicionarse el dispositivo 36 de fijación de paletas con relación a la paleta 20. A este respecto, puede usarse el dispositivo 30 de carga para elevar el dispositivo 36 de fijación de paletas al menos parte del camino hasta la paleta 20. Por ejemplo, puede activarse el motor 64, por ejemplo a través del controlador 68 y el control remoto 70, para enrollar el cable 66. Una vez que se ha eliminado la holgura en el cable 66, el dispositivo 36 de fijación de paletas comenzará a alzarse hacia arriba. A medida que el dispositivo 36 de fijación de paletas se desplaza hacia arriba, puede usarse la primera línea guía 102 para mantener la segunda porción 66b de cable y el dispositivo 36 de fijación de paletas a cierta distancia de la primera porción 66a de cable, para evitar enredos. El dispositivo 30 de carga puede desconectarse o desactivarse antes de que el dispositivo 36 de fijación de paletas alcance el soporte 34 de torre. Por ejemplo, el dispositivo 30 de carga puede desactivarse cuando el dispositivo 36 de fijación de paletas esté a varios metros (por ejemplo, aproximadamente a 10 m) de la roldana 58, y adyacente a la punta de la paleta 20, pero debajo de la misma.

Estando el dispositivo 36 de fijación de paletas posicionado próximo a la punta de la paleta 20, puede maniobrase el mismo para emplazarlo de manera apropiada con respecto a la paleta 20. En este sentido, un/a trabajador/a situado/a en el suelo puede manipular manualmente la primera línea guía 102 para posicionar horizontalmente el dispositivo 36 de fijación de paletas, de manera que la punta de la paleta 20 quede generalmente alineada con el espacio 90 de recepción generalmente triangular definido por el puntal 74 y la eslinga 80. De manera coordinada con dicho/a trabajador/a, otro/a trabajador/a puede estar posicionado/a a través de la escotilla de la góndola 14 para manipular manualmente la línea guía 108, que puede estar acoplada a la segunda y tercera líneas guía 104, 106. Este/a trabajador/a manipula el posicionamiento vertical del dispositivo 36 de fijación de paletas. Por ejemplo, el/la trabajador/a puede tirar de la línea guía 108 hacia arriba cuando la punta de la paleta 20 esté alineada con el

espacio 90 de recepción, de manera que la punta se extienda a través del espacio 90 de recepción. Estos/as dos trabajadores/as pueden continuar trabajando de manera coordinada, hasta que el dispositivo 36 de fijación de paletas esté situado en la ubicación deseada en la paleta 20. En esta parte del proceso la aleta coloreada 94 puede resultar particularmente beneficiosa. Estos aspectos se representan de manera general en la etapa 138 de la Fig. 4.

5 Cuando el dispositivo 30 de carga está así posicionado, puede activarse el mismo para comenzar a enrollar de nuevo el cable 66. A medida que entra el cable 66, se tensa cada vez más el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas y la célula 32 de carga comienza a registrar una fuerza en el sistema 26. El dispositivo 30 de carga puede seguir enrollando el cable 66 hasta que la celda 32 de carga indique que se está imponiendo una fuerza deseada sobre la paleta 20, momento en el cual puede detenerse el dispositivo 30 de carga. El sistema 26 de aplicación de cargas en paletas esencialmente tira de la paleta 20 hacia la torre 12, creando una carga de flexión en la paleta 20. La cantidad de fuerza impuesta por el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas puede depender de la tarea particular a efectuar. A modo de ejemplo y no de limitación, para varias comprobaciones o inspecciones de integridad estructural de la paleta, la fuerza máxima impuesta sobre la paleta 20 por parte del sistema 26 de aplicación de cargas en paletas puede ser de varios cientos de Newton (p. ej., aproximadamente 200-300 N). En otras aplicaciones en las que sea deseable asegurar la paleta 20 en una posición relativamente fija, por ejemplo para pequeñas reparaciones o similares, la fuerza máxima impuesta sobre la paleta 20 por parte del sistema 26 de aplicación de cargas en paletas puede ser inferior a aproximadamente 100 N. Cabe observar que estos valores son ejemplares, y que la cantidad de fuerza puede depender de la aplicación particular y de la tarea a efectuar en la paleta 20. Estos aspectos se representan de manera general en la etapa 140 de la Fig. 4. En cualquier caso, como se representa en la etapa 142, cuando se impone la fuerza deseada sobre la paleta 20, el personal de mantenimiento puede llevar a cabo la tarea particular.

25 Una vez que se ha completado la tarea particular, puede liberarse la tensión en el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas, por ejemplo activando el dispositivo 30 de carga para desenrollar una cantidad determinada del cable 66. Una vez liberada la tensión, pueden manipularse la primera línea guía 102 y la línea guía 108 para retirar el dispositivo 36 de fijación de paletas de la paleta 20. Estos aspectos se representan de manera general en la etapa 144 de la Fig. 4. Si la tarea a efectuar solo estaba dirigida a una paleta 20 de la turbina eólica 10 (p. ej., una reparación de una sola paleta), entonces puede desmontarse el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas. A este respecto, estando el dispositivo 36 de fijación de paletas separado de la paleta 20, puede activarse el dispositivo 30 de carga para extraer una cantidad suficiente del cable 66 como para colocar el dispositivo 36 de fijación de paletas en el suelo. En este momento, puede desacoplarse la línea guía 108 del dispositivo 36 de fijación de paletas y el/la trabajador/a situado/a en la góndola 14 puede alzar la línea guía 108 hasta la góndola. Alternativamente, el/la trabajador/a situado/a en la góndola 14 puede liberar el extremo de la línea guía 108, y dejarlo caer hasta el suelo para recoger el mismo.

40 A continuación, puede usarse la grúa 54 situada a bordo de la turbina eólica, u otro dispositivo 52 de accionamiento, para bajar el soporte 34 de torre a lo largo de la torre 12 hacia la base 38. Una vez que el soporte 34 de torre está en el suelo, los cables del dispositivo 66 de carga pueden desacoplarse del dispositivo 36 de fijación de paletas y de la roldana 58, y enrollarse los mismos alrededor de su carrete, por ejemplo. Si el anclaje 28 es de tipo temporal, puede desmontarse el mismo. Estos aspectos se representan de manera general en la etapa 146 de la Fig. 4. Una vez que se ha desmontado el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas y se ha retirado el mismo de la turbina eólica 10, puede arrancarse de nuevo la turbina eólica 10 y ponerse la misma en su estado totalmente operativo.

45 Dependiendo de la aplicación particular, puede ser necesario o deseable llevar a cabo una tarea en otra paleta, o en cada una de las paletas 20 (p. ej., comprobar cada una de las paletas 20 en la turbina eólica 10). Una vez que se ha configurado el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas para una de las paletas 20, resulta bastante sencillo utilizar el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas en las otras paletas 20. Este proceso de decisión se representa en la etapa 148. En este sentido, cuando se ha liberado la tensión en el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas y se ha retirado el dispositivo 36 de fijación de paletas de la paleta 20, puede moverse el dispositivo 36 de fijación de paletas de modo que se aparte el mismo del recorrido de desplazamiento del rotor 16 (por ejemplo, debajo de las paletas 20 y/o hacia la torre 12). Una vez que se ha apartado el dispositivo 36 de fijación de paletas, puede encenderse el rotor 16 para orientar la siguiente paleta 20 en la posición general hacia abajo, generalmente paralela a la torre 12, como se representa en la etapa 150.

55 En este momento, puede hacerse retroceder el dispositivo 36 de fijación de paletas para que quede próximo a la punta de la paleta 20, y pueden manipularse de nuevo las líneas de guía 102, 108 manualmente para emplazar el dispositivo 36 de fijación de paletas en la ubicación deseada, a lo largo de la paleta 20. Esto se representa de manera general en la etapa 152. Como se describió anteriormente, el dispositivo 30 de carga puede enrollar el cable 66 hasta que la celda 32 de carga indique que se está imponiendo una fuerza deseada sobre la paleta 20, momento en el cual puede detenerse el dispositivo 30 de carga y llevarse a cabo la tarea particular. Estas etapas pueden repetirse hasta que se haya efectuado la tarea en el número deseado de paletas (p. ej., en cada una de las paletas 20). Después de esto, puede desmontarse el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas, como se describió anteriormente.

El sistema 26 de aplicación de cargas en paletas ofrece una serie de ventajas sobre los sistemas convencionales. A este respecto, el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas descrito en el presente documento puede imponer una fuerza sobre una paleta sin la necesidad de una grúa externa, o similar. Así, se elimina uno de los factores de alto costo presentes en los diversos procedimientos de mantenimiento de turbinas eólicas. Adicionalmente, muchos de los componentes del sistema 26 de aplicación de cargas en paletas pueden transportarse fácilmente hasta un emplazamiento de turbina eólica, pudiendo por ejemplo instalarse los mismos en un vehículo de mantenimiento estándar (por ejemplo, un camión, furgoneta o similar), y pudiendo ser alzados y colocados por un/a operario/a de mantenimiento adulto/a corriente. En otras palabras, el sistema de aplicación de carga en paletas es generalmente modular y liviano, de modo que un/a operario/a de mantenimiento adulto/a pueda transportar y configurar el sistema.

Adicionalmente, el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas resulta relativamente fácil de usar y solo requiere dos trabajadores/as (como mínimo) para llevar a cabo el montaje, la implementación y el desmontaje del sistema 26. En este sentido, muchas de las etapas de montaje pueden llevarse a cabo junto a la base de la torre, por ejemplo en el suelo (p. ej., en aplicaciones en tierra) o en una plataforma (por ejemplo, en aplicaciones en el mar) a la que pueda acceder fácilmente el personal de mantenimiento. Adicionalmente, pueden efectuarse otras etapas de montaje con un/a trabajador/a situado/a en el suelo o plataforma y otro/a trabajador/a situado/a en la góndola, a la que puede accederse por medios conocidos y existentes (por ejemplo, un elevador o escalera dentro de la torre). Cabe destacar que el uso del conjunto de aplicación de cargas en paletas hace que no sea necesario subir personal de mantenimiento hasta las paletas de la turbina eólica, por ejemplo en una cesta de grúa o similar, para fijar equipos o dispositivos a la paleta de cara a imponer una fuerza sobre las mismas. Esto puede resultar particularmente deseable desde el punto de vista de la seguridad. En resumen, el conjunto 26 de aplicación de cargas en paletas resulta eficaz para imponer una fuerza en una paleta de turbina eólica de manera oportuna y altamente rentable.

Además, el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas puede usarse en una amplia variedad de tareas a efectuar en paletas de turbina eólica, que incluyen diversos procedimientos de comprobación, inspección y reparación. A modo de ejemplo y no de limitación, el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas puede usarse como parte de una inspección de cizallografía láser de una paleta de turbina eólica. En una inspección de cizallografía láser, se coloca un dispositivo de inspección en el interior de la paleta y se configura el mismo para que capte una imagen de la paleta sin carga, y en una o más condiciones de carga. La cizallografía láser es generalmente conocida en la técnica y, por lo tanto, se considera innecesaria una descripción adicional de la cizallografía láser para la comprensión completa del sistema 26 de aplicación de cargas en paletas. En cualquier caso, el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas descrito en el presente documento puede usarse para generar la carga en la paleta con el fin de llevar a cabo la inspección. De acuerdo con el método de cizallografía láser, pueden compararse entonces las imágenes generadas para obtener cierta información relativa a la paleta. Por ejemplo, la comparación de las imágenes puede identificar irregularidades no deseadas en el material de la paleta. La comparación también puede revelar otros defectos en la paleta. El uso del sistema 26 de aplicación de cargas en paletas permite llevar a cabo este tipo de inspección de manera rentable.

A modo de ejemplo adicional, el sistema 26 de aplicación de cargas en paletas también puede usarse para asegurar o retener una paleta durante la inspección visual o reparación de la misma. Por ejemplo, el movimiento de la paleta durante un procedimiento de reparación puede dificultar la ejecución de la reparación, o afectar negativamente a la integridad de la misma. Así, en general resulta deseable limitar el movimiento de la paleta durante un procedimiento de reparación. El sistema 26 de aplicación de cargas en paletas puede usarse para reducir el movimiento de la paleta durante una reparación, permitiendo de este modo que los/las operarios/as de mantenimiento lleven a cabo la reparación de manera más fácil, aumentando la probabilidad de que la reparación sea exitosa.

Aunque la presente invención se ha ilustrado mediante la descripción de diversas realizaciones preferidas, y aunque estas realizaciones se han descrito con cierto detalle, los inventores no pretenden restringir o limitar de manera alguna el alcance de las reivindicaciones adjuntas a tales detalles. Para los expertos en la materia resultarán obvias ventajas y modificaciones adicionales. Por ejemplo, aunque en el sistema de aplicación de cargas en paletas descrito el cable se extiende desde el dispositivo de carga hasta el miembro de guía o roldana en el soporte de torre, y luego hasta el dispositivo de fijación de paletas, en una realización alternativa el cable puede extenderse desde el dispositivo de carga hasta un miembro de guía (por ejemplo, roldana) en el dispositivo de aplicación de cargas en paletas, y luego hasta el soporte de torre. Así, las diversas características de la invención pueden utilizarse por sí solas o de manera combinada, dependiendo de las necesidades y preferencias del/la usuario/a.

Lo que se reivindica es:

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema (26) de aplicación de cargas en paletas para una turbina eólica (10) ensamblada, que tiene una torre (12), una góndola (14) y un rotor (16) con al menos una paleta (20) de turbina eólica, estando configurado el sistema (26) de aplicación de cargas en paletas para imponer una fuerza sobre la al menos una paleta (20) de turbina eólica, comprendiendo el sistema (26) de aplicación de cargas en paletas:
- 5 un dispositivo portátil (30) de carga que tiene un motor (64) y un suministro de cable (66), en donde el motor (64) está configurado para enrollar o desenrollar el cable (66);
- 10 un soporte (34) de torre configurado para su acoplamiento móvil con la torre (12), entre una primera posición, adyacente a una base (38) de la torre (12), y una posición operativa adyacente a la al menos una paleta (20), estando configurado el soporte (34) de torre para su acoplamiento con el cable procedente del dispositivo (30) de carga; y
- 15 un dispositivo (36) de fijación de paletas configurado para su acoplamiento con la al menos una paleta (20), y configurado adicionalmente para su acoplamiento con el cable (66) del dispositivo (30) de carga, en donde, cuando el dispositivo (36) de fijación de paletas está acoplado a la al menos una paleta (20) y el soporte (34) de torre está en la posición operativa, el dispositivo (30) de carga está configurado para su activación cuando quiere inducirse tensión en el cable (66), de modo que se imponga una fuerza sobre la al menos una paleta (20) en dirección hacia la torre (12).
- 20 2. El sistema (26) de aplicación de cargas en paletas de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el soporte (34) de torre incluye un miembro anular (46) de bucle cerrado, configurado para su disposición alrededor de la torre (12), en donde dicho miembro anular (46) incluye preferiblemente un miembro tensor alargado y flexible, dispuesto dentro de una cubierta protectora externa, y en donde dicho miembro tensor alargado y flexible se selecciona preferiblemente del grupo que consiste en una cuerda, una cadena, un cable, o combinaciones de los mismos.
- 25 3. El sistema (26) de aplicación de cargas en paletas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el soporte (34) de torre comprende adicionalmente una línea (50) de remolque configurada para su acoplamiento con un dispositivo (52) de accionamiento, situado en la góndola (14), para mover el soporte (34) de torre con respecto a la torre (12), en donde dicha línea (50) de remolque y un miembro (58) de guía están situados preferiblemente en lados opuestos del soporte (34) de torre.
- 30 4. El sistema (26) de aplicación de cargas en paletas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo (36) de fijación de paletas está configurado para su acoplamiento con la al menos una paleta (20) sustancialmente por fricción.
- 35 5. El sistema (26) de aplicación de cargas en paletas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo (36) de fijación de paletas comprende:
- 40 un puntal principal alargado (74), que tiene un miembro interior rígido (76) y una cubierta protectora externa (78), estando configurado el puntal principal para enganchar contra una superficie de la al menos una paleta (20); y una eslinga (80) acoplada al puntal principal (74) y configurada para su acoplamiento con el cable (66) del dispositivo (30) de carga,
- 45 en donde el puntal principal (74) y la eslinga (80) definen un espacio de recepción, configurado para recibir una punta de la al menos una paleta (20) a través del mismo, y en donde dicho puntal principal (74) está preferiblemente curvado para corresponderse generalmente con la curvatura de la al menos una paleta (20), a lo largo de la porción en la que el puntal principal (74) está configurado para enganchar con la paleta (20).
- 50 6. El sistema (26) de aplicación de cargas en paletas de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende adicionalmente una aleta (94) que se extiende desde el puntal principal (74), opuesta a la eslinga (80), en donde dicha aleta (94) tiene un color diferente al de la al menos una paleta (20) para servir de indicador visual del dispositivo (36) de fijación de paletas, con relación a la al menos una paleta (20).
- 55 7. El sistema (26) de aplicación de cargas en paletas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo (36) de fijación de paletas comprende adicionalmente una primera línea guía (102), configurada para extenderse hacia la base (38) de la torre durante el uso, y una segunda línea guía (104), configurada para extenderse hasta la góndola (14) durante el uso, en donde la primera y segunda líneas guía (102, 104) están configuradas para ser manipuladas manualmente para emplazar el dispositivo (36) de fijación de paletas con relación a la paleta (20).
- 60 8. El sistema (26) de aplicación de cargas en paletas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende adicionalmente una celda (32) de carga configurada para proporcionar una indicación de la fuerza impuesta sobre al menos una paleta (20), ejercida por el sistema (26) de aplicación de cargas en paletas, y que adicionalmente comprende preferiblemente un controlador (68) operativamente acoplado con el dispositivo (30) de carga, y acoplado operativamente a la célula (32) de carga, en donde el controlador (68) está
- 65

configurado para controlar la operación del dispositivo (30) de carga basándose en indicaciones de la célula (32) de carga.

5 9. El sistema (26) de aplicación de cargas en paletas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende adicionalmente un anclaje (28) configurado para su acoplamiento con el dispositivo (30) de carga para soportar al menos una parte de la carga del sistema (26) de aplicación de cargas en paletas (20), durante el uso, en donde dicho anclaje (28) está configurado preferiblemente para su acoplamiento de forma desmontable con la torre (12).

10 10. Un método para aplicar una fuerza en una paleta (20) de turbina eólica, en una turbina eólica (10) montada, teniendo la turbina eólica (10) una torre (12), una góndola (14) y un rotor (16) con al menos una paleta (20), comprendiendo el método:

15 i) estacionar la turbina eólica (10) de modo que una paleta (20) de turbina eólica apunte en una dirección hacia abajo, adyacente a la torre (12);

ii) acoplar un soporte (34) de torre a la torre (12), adyacente a una base (38) de la torre (12);

iii) acoplar un cable (66) a un dispositivo (36) de fijación de paletas, de manera que el cable enganche con un miembro (58) de guía del soporte (34) de torre;

20 iv) elevar el soporte (34) de torre a lo largo de la torre (12), hasta una posición operativa adyacente a la paleta (20);

v) acoplar el dispositivo (36) de fijación de paletas a la paleta (20); y

vi) tensar el cable (66) para proporcionar una fuerza sobre la paleta (20), en dirección hacia la torre (12).

25 11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en donde elevar el soporte (34) de torre a lo largo de la torre (12) hasta la posición operativa comprende:

proporcionar un indicador visual sobre la paleta (20); y

30 elevar el soporte (34) de torre a lo largo de la torre (12), hasta que el soporte (34) de torre esté sustancialmente alineado de manera horizontal con el indicador visual.

35 12. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11, en donde acoplar el dispositivo (36) de fijación de paletas con la al menos una paleta (20) comprende adicionalmente acoplar por fricción el dispositivo (36) de fijación de paletas con la paleta (20) sin que se forme una conexión positiva, entre el dispositivo (36) de fijación de paletas y la paleta (20).

40 13. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10-12, en donde acoplar el dispositivo (36) de fijación de paletas a la paleta (20) comprende adicionalmente:

proporcionar un indicador visual sobre el dispositivo (36) de fijación de paletas, que tiene un color que contrasta con el color de la paleta (20); y

45 posicionar el dispositivo (36) de fijación de paletas con respecto a la paleta (20) usando el indicador visual.

50 14. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10-13, en donde tensar el cable (66) para proporcionar una fuerza sobre la paleta (20) en dirección hacia la torre (12) comprende adicionalmente activar un dispositivo (30) de carga, colocado adyacente a la base (38) de la torre (12) y operativamente acoplado con el cable (66), para inducir tensión en el cable (66), y que preferiblemente comprende adicionalmente:

proporcionar una indicación de la fuerza que actúa sobre la paleta (20), ejercida por el sistema (26) de aplicación de cargas en paletas, y

55 controlar el dispositivo (30) de carga basándose en la indicación de la fuerza, para alcanzar o mantener una fuerza deseada que actúe sobre la paleta (20).

15. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10-14, que comprende adicionalmente:

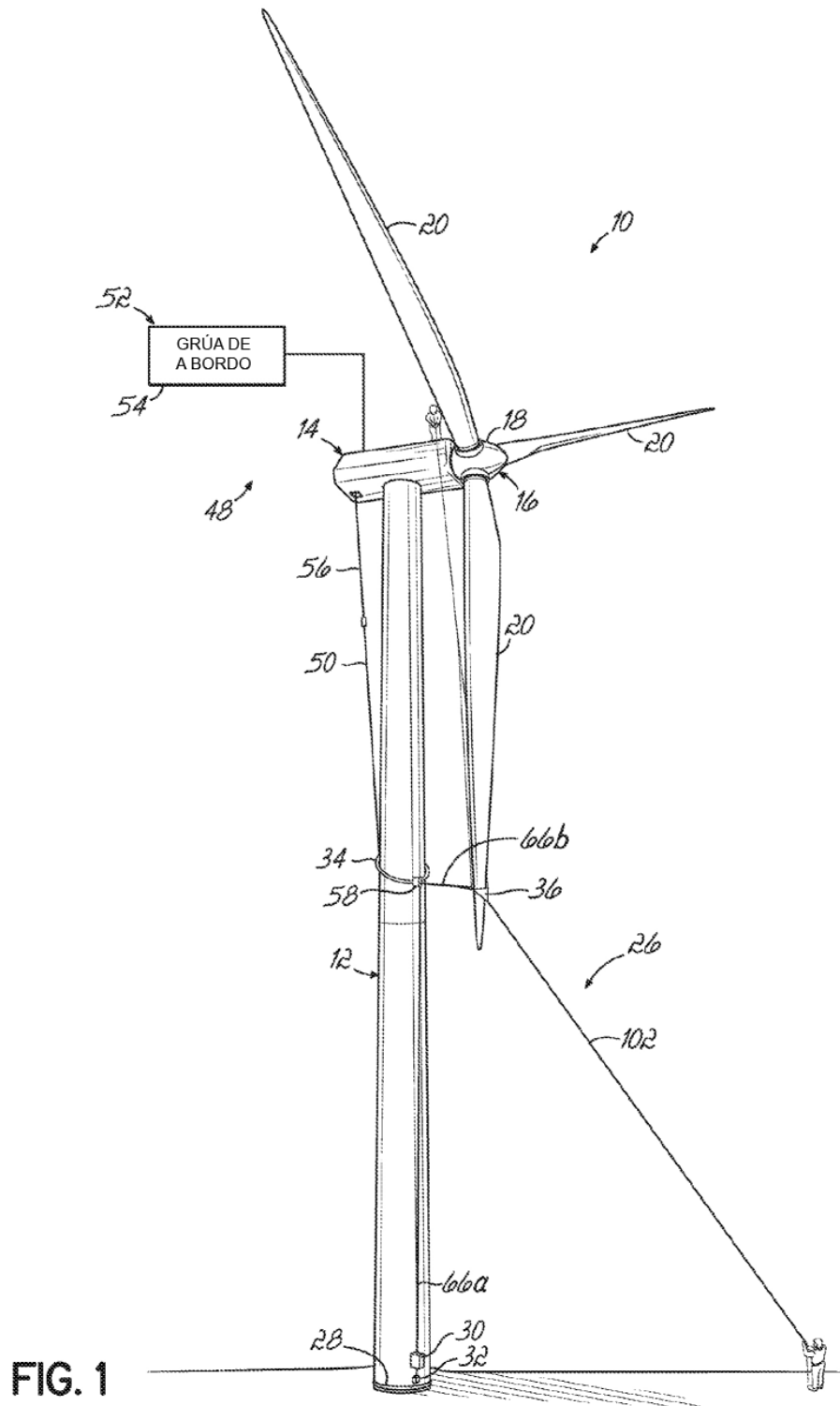
55 liberar la tensión en el cable (66);

retirar el dispositivo (36) de fijación de paletas de la paleta (20);

mientras se mantiene el soporte (34) de torre en su posición operativa, hacer girar el rotor (16) de modo que otra paleta (20) apunte en la dirección hacia abajo, adyacente a la torre (12);

60 acoplar el dispositivo (36) de fijación de paletas a la otra paleta (20); y

tensar el cable (66) para proporcionar una fuerza sobre la otra paleta (20), en dirección hacia la torre (12).



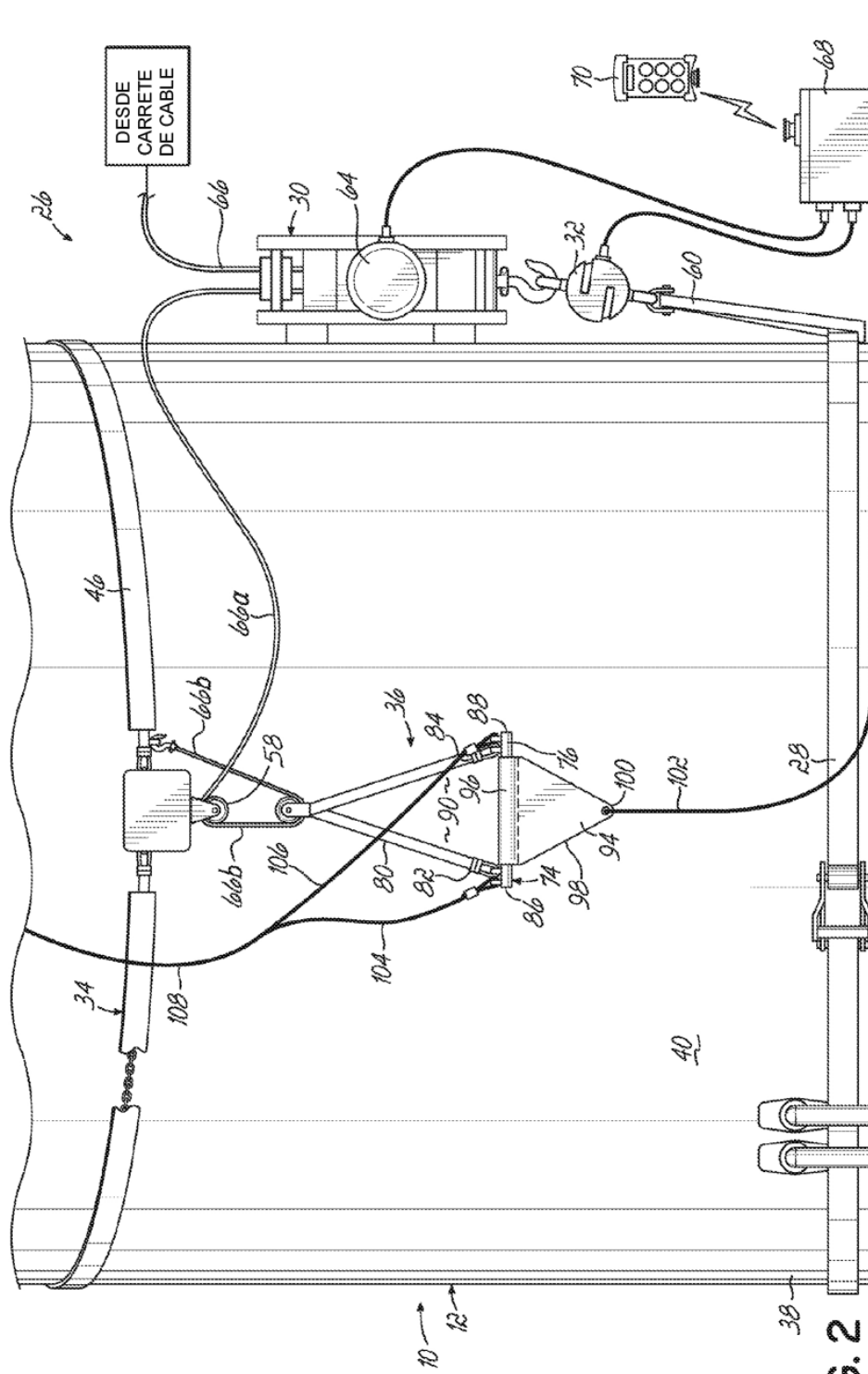


FIG. 2

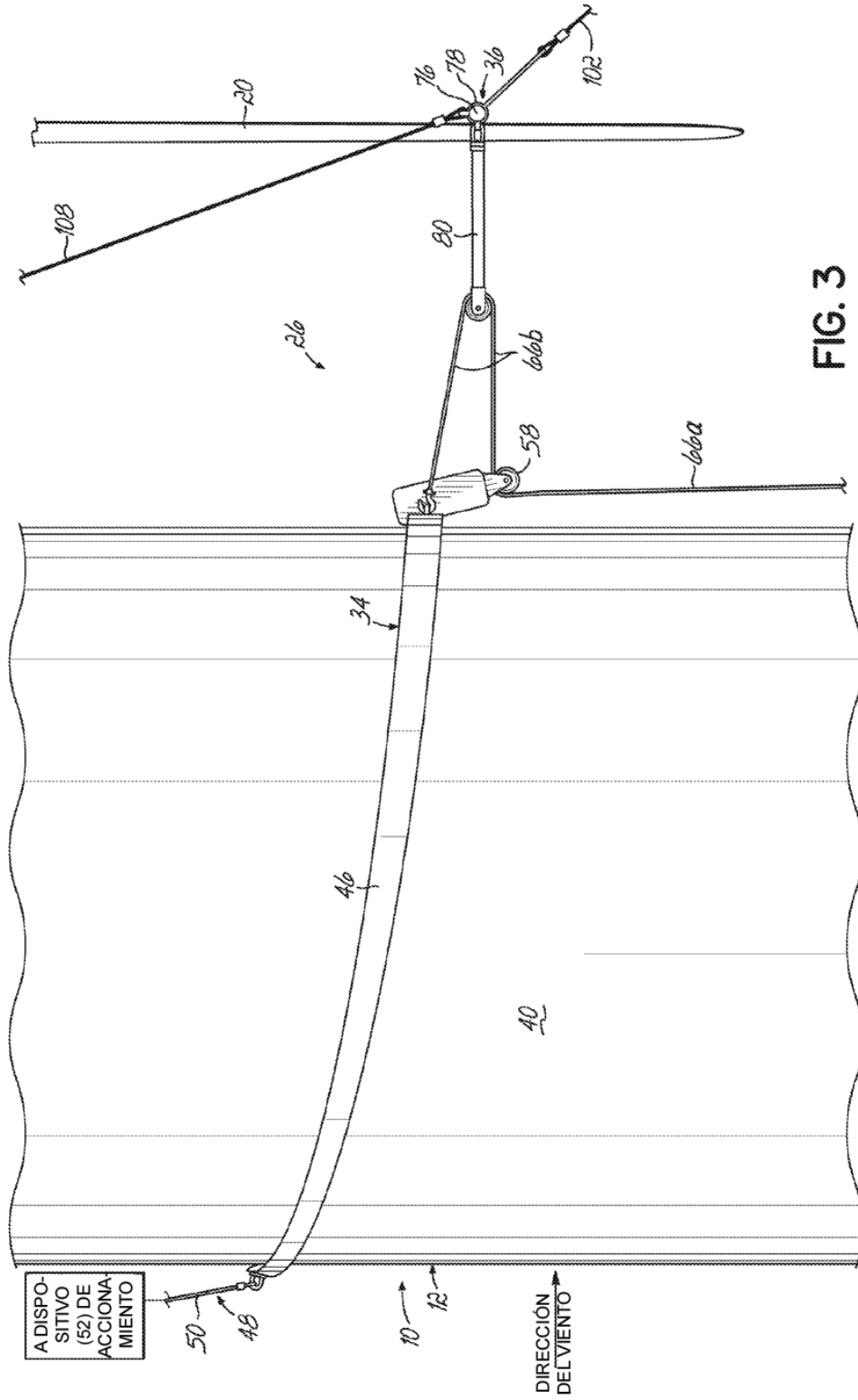


FIG. 3



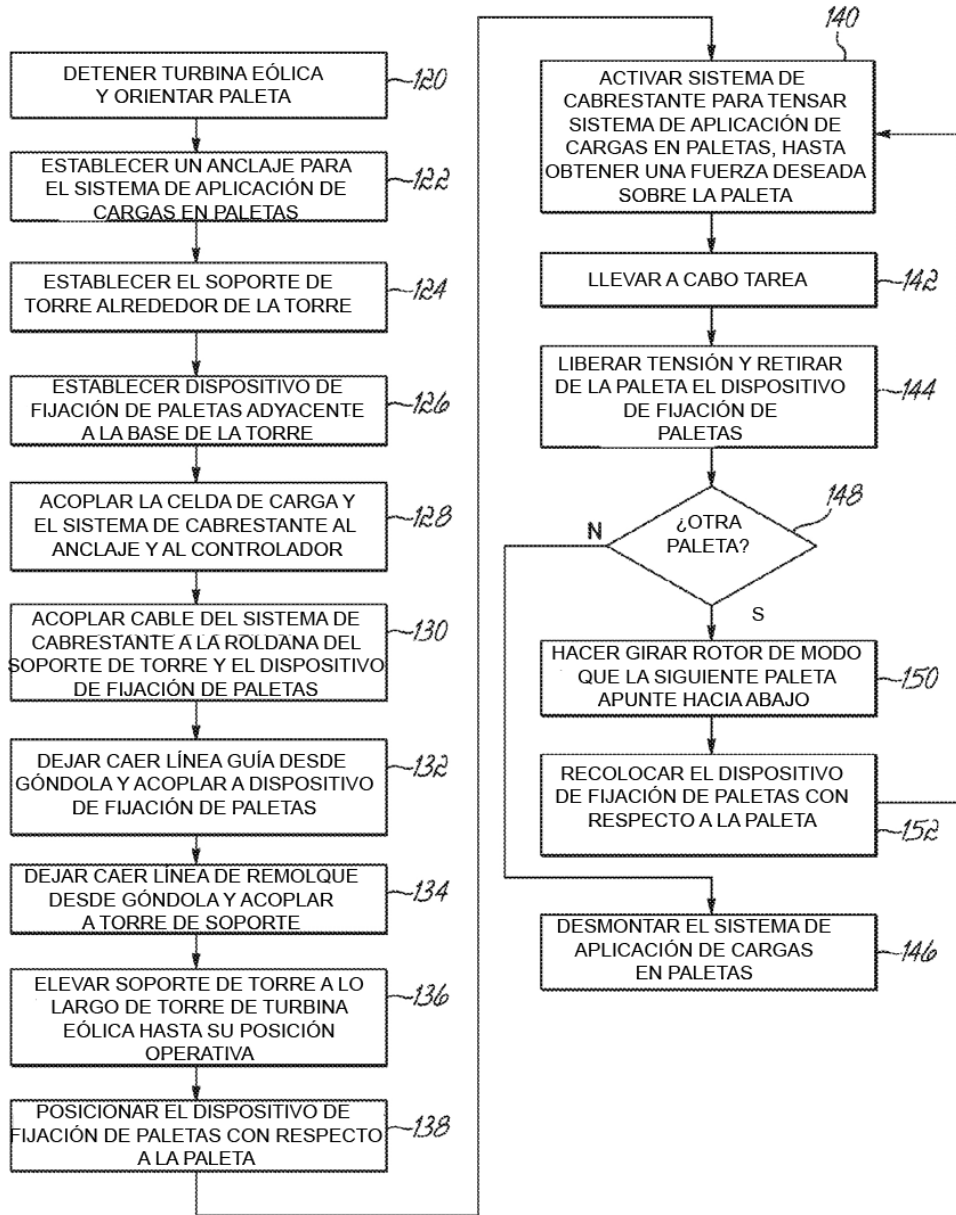


FIG. 4