

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 486 262**

51 Int. Cl.:

B66C 1/10 (2006.01)

B66C 23/18 (2006.01)

B66C 17/06 (2006.01)

B66C 23/62 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2010 E 10781852 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.06.2014 EP 2490975**

54 Título: **Aparato y método mejorados para ensamblar turbinas eólicas**

30 Prioridad:

23.10.2009 US 604817

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

18.08.2014

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 44

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

BOTWRIGHT, ADRIAN;

JUST, HENNINGNORHOLM y

HANSEN, KRISTIAN KAAGAARD

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 486 262 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 y método mejorados para ensamblar turbinas eólicas

Campo técnico

5 La invención se refiere generalmente a un aparato y a métodos mejorados para ensamblar turbinas eólicas y, más particularmente, a una grúa que tiene características mejoradas que proporcionan un control mejorado de los componentes de turbina eólica durante el ensamblaje de los mismos.

Antecedentes

10 Las turbinas eólicas para convertir la energía eólica en energía eléctrica se han conocido y aplicado durante muchos años, pero se ha encontrado un aumento considerable de su aplicación como fuente de energía alternativa durante el último par de décadas. Con este interés renovado en la energía eólica, los diseños de turbina eólica han visto avances significativos que, a su vez, han permitido que las turbinas eólicas aumenten significativamente su tamaño y peso. A modo de ejemplo, las turbinas eólicas actuales pueden tener rotores que se aproximan a de 100 a 150 metros de diámetro. Adicionalmente, el peso de, por ejemplo, tres palas de turbina eólica puede ser de hasta 40 a 50 toneladas. Por consiguiente, el ensamblaje de turbinas eólicas ha presentado algunos retos para los fabricantes.

15 Estos retos no sólo se deben al aumento de tamaño y peso de los componentes de turbina eólica, sino que también se deben al cambio de ubicaciones de montaje tradicionales a zonas más extremas, de difícil acceso, tales como zonas montañosas y sitios en alta mar.

20 Una técnica convencional para ensamblar una turbina eólica incluye transportar los diferentes componentes al sitio de construcción; ensamblar las secciones de torre que forman colectivamente la torre; elevar la góndola con una grúa y montar la góndola encima de la torre; ensamblar el rotor de turbina eólica en el suelo; y elevar el rotor de turbina eólica con la grúa y montar el rotor en el árbol de baja velocidad que se extiende desde la góndola. Dependiendo del tamaño particular de la turbina eólica, de la ubicación particular o de otros factores, el procedimiento de ensamblaje puede modificarse de manera adecuada. Por ejemplo, el buje de rotor puede acoplarse a la góndola antes de montar la góndola en la torre, y elevarse de manera individual las palas con la grúa

25 y montarse en el buje. Los expertos habituales en la técnica pueden reconocer combinaciones alternativas para ensamblar la turbina eólica.

Independientemente de cuál de las múltiples técnicas convencionales se utilice para ensamblar la turbina eólica, los aspectos del procedimiento de ensamblaje normalmente incluyen elevar componentes relativamente grandes, pesados con una grúa hasta una altura que está a una distancia significativa del suelo, tal como adyacente a la parte superior de la torre. Una consideración con una etapa de ensamblaje de este tipo pretende controlar de manera adecuada y segura el componente durante la elevación. Por ejemplo, durante el ensamblaje, puede ser importante controlar la orientación del componente para que pueda montarse el componente en la turbina eólica (por ejemplo, góndola, buje de rotor, pala, etc.). Adicionalmente, puede ser deseable controlar el componente para evitar o minimizar el daño al mismo durante la elevación, tal como podría ocurrir al entrar en contacto con la torre, la grúa u otros objetos próximos.

30

35

Con respecto a esto, los enfoques convencionales para controlar el componente durante la elevación incluyen acoplar varios cables de retención (por ejemplo, cuerdas largas) al componente. Más particularmente, un extremo de cada cable de retención se acopla al componente que está elevándose por la grúa. La longitud de los cables de retención es tal que se coloca el otro extremo de los mismos adyacente al suelo u otra superficie de soporte, tal como, por ejemplo, un barco o plataforma para instalaciones en alta mar. Los trabajadores de ensamblaje en el suelo o en la superficie de soporte agarran entonces los cables de retención y manipulan o controlan manualmente los movimientos de los componentes durante la elevación e instalación del componente. Dependiendo del tamaño particular de la turbina eólica, puede haber varios de tales cables de retención para controlar los diversos componentes durante el ensamblaje.

40

45 El aumento de tamaño de las turbinas eólicas ha hecho que el uso de cables de retención operados manualmente para controlar la orientación de los componentes de turbina eólica suponga un reto mayor. En primer lugar, incluso con múltiples cables de retención, es difícil controlar la orientación del componente que está elevándose mediante la grúa. Un motivo es que cuando el componente se eleva para que esté adyacente a la parte superior de la torre, los cables de retención pueden ser casi perpendiculares al plano horizontal en el que se desea el control de giro del componente. A medida que aumenta el ángulo de inclinación entre el plano horizontal del componente que está elevándose mediante una grúa y el cable de retención, generalmente disminuye la capacidad para controlar la orientación del componente dentro de ese plano horizontal.

50

Además, cuando el componente de turbina eólica está adyacente a la parte superior de la torre, el punto de control para el cable de retención, tal como el punto en el suelo, barco, plataforma, etc. en el que el trabajador de ensamblaje está de pie para agarrar el cable de retención, está a su distancia máxima del componente. Cuando se usan cables de retención para controlar el componente que está elevándose mediante una grúa, el control de la carga generalmente es inversamente proporcional a la distancia entre el punto de control y la carga. Por tanto, cuando se usan cables de retención, el control del componente de turbina eólica generalmente se minimiza cuando

55

la necesidad para controlar el componente generalmente está en su punto máximo (por ejemplo, cuando el componente está cerca de la parte superior de la torre).

5 La capacidad limitada de los cables de retención controlados manualmente para controlar el componente de turbina eólica durante la elevación da como resultado la necesidad de que tengan que estar presentes condiciones meteorológicas casi ideales para que se produzca el ensamblaje. Por tanto, por ejemplo, como ocurre actualmente con la técnica de cables de retención convencional, el ensamblaje sólo se intentará cuando las velocidades del viento no superen un determinado umbral, tal como, por ejemplo, 12 m/s. En algunos entornos, el número de días que tienen tales condiciones puede ser limitado y la aparición de estos días de condiciones ideales a menudo es impredecible. La incapacidad para ensamblar turbinas eólicas en una variedad más amplia de condiciones ambientales presenta cuestiones logísticas relacionadas con la organización del personal y el equipo necesarios para la instalación.

10 Además de lo anterior, las técnicas de cables de retención convencionales normalmente requieren un número relativamente grande de personal en el suelo para facilitar el control del componente de turbina eólica durante una elevación de grúa. Adicionalmente, las técnicas de cables de retención convencionales a menudo dan como resultado que el control del componente se disperse entre varias personas diferentes, (por ejemplo, operario de grúa, personal del cable de retención) necesitando todos la capacidad de comunicarse de manera eficaz para lograr satisfactoriamente el ensamblaje. Un control descentralizado de este tipo puede dar como resultado un aumento del tiempo de ensamblaje y los costes de ensamblaje.

15 Por tanto, aunque las técnicas de control de cables de retención convencionales generalmente son satisfactorias para su fin pretendido, sigue habiendo una necesidad de un aparato y metodologías mejorados para mejorar el control de los componentes de turbina eólica durante el ensamblaje de los mismos. El documento WO 2008/061797 da a conocer un sistema de elevación adecuado para la colocación controlada de palas de rotor, mediante el cual se usa un carro deslizante que puede moverse a lo largo de la pluma.

20 El documento WO2009/041812 da a conocer una grúa para su uso en el ensamblaje de una turbina eólica en la que van a interconectarse dos partes principales de la turbina mientras ambas están soportadas en la grúa. La grúa emplea un cable de elevación principal en un brazo de grúa principal para elevar un primer componente o parte de turbina principal tal como una góndola y rotor parcialmente ensamblado. En una ubicación definida en el brazo de grúa está previsto un receptáculo y un dispositivo de tracción asociado para el enganche con un armazón sujeto a la primera parte de turbina, sirviendo el dispositivo de tracción para desplazar la parte de turbina hacia la grúa y sobre el receptáculo para engancharse de manera rígida con el mismo, mientras una segunda parte o componente principal, tal como una pala está elevándose y uniéndose mediante un cabrestante separado.

Sumario

25 En el presente documento se da a conocer un aparato y un método mejorados para abordar estos y otros inconvenientes de los aparatos y las metodologías existentes. Un aparato para ensamblar una turbina eólica incluye una pluma de grúa que tiene un cable de soporte principal configurado para acoplarse a un componente de turbina eólica para elevar el componente durante el ensamblaje de la turbina eólica, y un mecanismo de control acoplado operativamente a la pluma de grúa para controlar la orientación del componente de turbina eólica durante la elevación. El mecanismo de control incluye un elemento de guía acoplado a la pluma de grúa, un elemento móvil acoplado al elemento de guía y configurado para poder moverse en relación con la pluma de grúa, un elemento de acoplamiento configurado para acoplar el elemento móvil al componente de turbina eólica que está elevándose mediante la pluma de grúa, y un mecanismo de accionamiento configurado para mover activamente el elemento móvil en relación con la pluma de grúa independientemente del movimiento del cable de soporte principal.

30 En una realización, el elemento de guía puede incluir uno o más carriles de guía. En una realización alternativa, el elemento de guía puede incluir uno o más cables de guía. En una realización, el elemento móvil puede incluir un carro montado de manera móvil sobre el elemento de guía y que puede moverse en relación con el mismo. En otras realizaciones, sin embargo, el elemento móvil puede incluir un elemento de placa empalmado en el elemento de guía de manera que el movimiento del elemento móvil se logra mediante el movimiento del elemento de guía. En una realización, el elemento de acoplamiento puede incluir un cable de longitud fija. Aún en otras realizaciones, el elemento de acoplamiento puede incluir un cable de longitud ajustable. Por ejemplo, en una realización, el elemento de acoplamiento puede incluir un cabrestante y un cable de retención acoplado operativamente al cabrestante. El cabrestante puede estar configurado para enrollar y desenrollar los cables de retención para ajustar la longitud del elemento de acoplamiento. Adicionalmente, en una realización, el cabrestante puede acoplarse al elemento móvil para moverse con el mismo. En otras realizaciones, el cabrestante puede ubicarse en relación separada con el elemento móvil. En una realización de este tipo, el elemento móvil puede incluir una polea para recibir una parte del cable de retención.

35 En una realización, el mecanismo de accionamiento puede incluir una disposición de cremallera y engranaje para mover el elemento móvil a lo largo del elemento de guía. Por ejemplo, el elemento de guía puede incluir la cremallera que se extiende a lo largo de una parte del mismo, y el elemento móvil puede incluir un engranaje accionado (tal como con un motor controlable). Cuando el motor se activa, el engranaje acciona el elemento móvil a

lo largo de la cremallera acoplada al elemento de guía. En otra realización, el mecanismo de accionamiento puede incluir una disposición de cabrestante para mover el elemento móvil a lo largo de la pluma de grúa. Además del elemento móvil que se acciona activamente a lo largo de la pluma de grúa, el mecanismo de control también puede incluir uno o más accionadores configurados para mover el elemento de acoplamiento en relación con el elemento móvil en una dirección sustancialmente perpendicular a un eje longitudinal de la pluma de grúa.

En una realización, el mecanismo de control incluye un primer elemento de soporte acoplado a la pluma de grúa y que tiene al menos un cabrestante acoplado operativamente al mismo, y un segundo elemento de soporte acoplado a la pluma de grúa separado del primer elemento de soporte y que también tiene al menos un cabrestante acoplado operativamente al mismo. El elemento de guía incluye al menos un cable de guía acoplado operativamente a un cabrestante en cada uno de los elementos de soporte primero y segundo. En otra realización, el mecanismo de control incluye un primer elemento de soporte acoplado a la pluma de grúa y que tiene al menos un cabrestante acoplado operativamente al mismo, y un segundo elemento de soporte acoplado a la pluma de grúa separado del primer elemento de soporte y que tiene al menos una polea acoplada operativamente al mismo. El elemento de guía incluye al menos un cable de guía acoplado operativamente a un cabrestante en el primer elemento de soporte y a la polea en el segundo elemento de soporte. El mecanismo de control puede incluir adicionalmente un tercer elemento de soporte acoplado a la pluma de grúa adyacente al primer elemento de soporte y que tiene al menos un cabrestante acoplado operativamente al mismo, en el que el cable de guía también está acoplado al cabrestante en el tercer elemento de soporte.

Aún en una realización adicional, un aparato para ensamblar una turbina eólica incluye una pluma de grúa que tiene un cable de soporte principal configurado para acoplarse a un componente de turbina eólica para elevar el componente durante el ensamblaje de la turbina eólica, y un mecanismo de control acoplado operativamente a la pluma de grúa para controlar la orientación del componente de turbina eólica durante la elevación. El mecanismo de control incluye un elemento de guía que tiene una primera polea acoplada a la pluma de grúa, una segunda polea acoplada a la pluma de grúa separada de la primera polea, y un cable de guía que se extiende entre las poleas primera y segunda en una configuración de bucle cerrado. El elemento móvil incluye un elemento de placa empalmado en el cable de guía y configurado para poder moverse en relación con la pluma de grúa. El elemento de acoplamiento incluye un cabrestante separado del elemento móvil y un cable de retención que tiene una parte de extremo acoplada operativamente al cabrestante, otra parte de extremo acoplada operativamente al componente de turbina eólica que está elevándose mediante la grúa y una parte intermedia acoplada al elemento de placa.

Todavía en una realización adicional, un aparato para ensamblar una turbina eólica incluye una pluma de grúa que tiene un cable de soporte principal configurado para acoplarse a un componente de turbina eólica para elevar el componente durante el ensamblaje de la turbina eólica, y un mecanismo de control acoplado operativamente a la pluma de grúa para controlar la orientación del componente de turbina eólica durante la elevación. El mecanismo de control incluye un elemento de guía que tiene un carril de guía acoplado a la pluma de grúa y que se extiende a lo largo de al menos una parte del mismo. El elemento móvil incluye un elemento de placa montado de manera móvil en el carril de guía y configurado para poder moverse en relación con la pluma de grúa. El elemento de acoplamiento incluye un cabrestante separado del elemento móvil y un cable de retención que tiene una parte de extremo acoplada operativamente al cabrestante, otra parte de extremo acoplada operativamente al componente de turbina eólica que está elevándose mediante la grúa, y una parte intermedia acoplada al elemento de placa. El elemento de placa puede incluir un conjunto de rodillo o una corredera para facilitar el movimiento relativo entre el elemento de placa y el carril de guía. Adicionalmente, el carril de guía puede tener diversas formas de sección transversal incluyendo una forma de T, una forma de C invertida, o circular.

Adicionalmente, un aparato para ensamblar una turbina eólica incluye una pluma de grúa que tiene un cable de soporte principal configurado para acoplarse a un componente de turbina eólica para elevar el componente durante el ensamblaje de la turbina eólica, y un mecanismo de control acoplado operativamente a la pluma de grúa para controlar la orientación del componente de turbina eólica durante la elevación. El mecanismo de control incluye un elemento de guía que tiene un cable de guía acoplado operativamente a un primer cabrestante configurado para variar la tensión en el cable de guía y acoplado operativamente a un segundo cabrestante que define una parte primera y segunda del cable de guía. El segundo cabrestante está configurado para variar las longitudes de las partes primera y segunda. Por ejemplo, las longitudes pueden variarse sin afectar de otro modo a la longitud global del cable de guía. En una realización, el mecanismo de control incluye un primer elemento de soporte acoplado a la pluma de grúa y que tiene el primer cabrestante acoplado al mismo y un segundo elemento de soporte separado del mismo y acoplado a la pluma de grúa y que tiene un par de poleas acopladas al mismo. Puede proporcionarse un tercer elemento de soporte que se acopla del mismo modo a la pluma de grúa y que sea adyacente al primer elemento de soporte. El tercer elemento de soporte también puede incluir el segundo cabrestante y un par de poleas. El elemento móvil puede incluir un carro montado de manera móvil en los cables de guía.

Un método para ensamblar una turbina eólica que usa una pluma de grúa que tiene un cable de soporte principal configurado para acoplarse a un componente de turbina eólica para elevar el componente durante el ensamblaje incluye: i) unir un elemento de acoplamiento entre el componente de turbina eólica y un elemento móvil acoplado a la pluma de grúa y que puede moverse en relación con el mismo; ii) activar un mecanismo de accionamiento para mover el elemento móvil en relación con la pluma de grúa cuando el componente de turbina eólica está elevándose mediante el cable de soporte principal de la pluma de grúa; y iii) cambiar la orientación del componente de turbina

eólica usando el elemento de acoplamiento.

- 5 En una realización, activar el mecanismo de accionamiento puede incluir activar un motor acoplado a un engranaje en el elemento móvil y que actúa conjuntamente con una cremallera acoplada a la pluma de grúa para mover el elemento móvil en relación con el mismo. En otra realización, puede usarse una disposición de cabrestante para mover el elemento móvil en relación con la pluma de grúa. Además, los mecanismos de accionamiento pueden operarse de manera que el elemento móvil se mueva para estar sustancialmente dentro del mismo plano horizontal que el componente de turbina eólica que está elevándose mediante el cable de soporte principal de la pluma de grúa.

Breve descripción de los dibujos

- 10 La figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica a modo de ejemplo;
 la figura 2 es una vista en perspectiva de una turbina eólica durante el ensamblaje;
 la figura 3A es una vista en perspectiva de un mecanismo de control según una primera realización;
 la figura 3B es una vista en alzado lateral del mecanismo de control mostrado en la figura 3A;
 la figura 3C es una vista desde arriba del mecanismo de control mostrado en la figura 3A;
- 15 la figura 4 es una vista en alzado lateral de un mecanismo de control según una segunda realización;
 la figura 5A es una vista en perspectiva de un mecanismo de control según una tercera realización;
 la figura 5B es una vista en alzado lateral del mecanismo de control mostrado en la figura 5A;
 la figura 5C es una vista desde arriba del mecanismo de control mostrado en la figura 5A;
- 20 la figura 6A es una vista en perspectiva de un mecanismo de control según una cuarta realización;
 la figura 6B es una vista en alzado lateral de un mecanismo de control según una quinta realización;
 la figura 6C es una vista desde arriba del mecanismo de control mostrado en la figura 6B;
- la figura 7A es una vista en perspectiva de un mecanismo de control según una sexta realización;
 la figura 7B es una vista en alzado lateral del mecanismo de control mostrado en la figura 7A;
 la figura 7C es una vista desde arriba del mecanismo de control mostrado en la figura 7A;
- 25 la figura 8A es una vista en alzado lateral de un mecanismo de control según una séptima realización;
 la figura 8B es una vista desde arriba del mecanismo de control mostrado en la figura 8A;
 la figura 8C es una vista desde arriba de una parte del mecanismo de control mostrado en la figura 8A;
- la figura 9A es una vista desde arriba similar a la figura 8C que ilustra un mecanismo de control según una octava realización;
- 30 la figura 9B es una vista desde arriba similar a la figura 8C que ilustra un mecanismo de control según una novena realización; y
 la figura 10 es una vista en perspectiva de un mecanismo de control según una décima realización.

Descripción detallada

- 35 En referencia ahora a los dibujos y a la figura 1 en particular, una turbina eólica 10 para convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica incluye tres partes principales; una torre 12, una góndola 14 montada en la parte superior de la torre 12 y un rotor 16 acoplado operativamente a la góndola 14. La torre 12 está configurada como una estructura generalmente alargada que se extiende alejándose de la superficie de la Tierra 18 (tal como tierra firme o la superficie del océano, mar u otra masa de agua) para ubicar el rotor 16 a una altura aumentada dentro de la atmósfera 20. Cerca de la superficie de la Tierra 18, las velocidades del viento normalmente aumentan con el
- 40 aumento de la altura por encima de la superficie 18. Por tanto, la torre 12 está configurada para colocar el rotor 16 en el aire que se mueve más deprisa en una zona más alta dentro de la atmósfera 20. Adicionalmente, cerca de la superficie de la Tierra 18, el viento se vuelve generalmente más suave y menos turbulento con el aumento de la altura por encima de la superficie 18. Por tanto, la torre 12 también está configurada para ubicar el rotor 16 en el aire más suave en una zona más alta en la atmósfera 20 y por tanto para someter al rotor 16 a una carga más consistente y predecible. La torre 12 puede estar formada de acero tubular, hormigón o retícula de acero, como es
- 45

convencional. Los expertos habituales en la técnica reconocerán, sin embargo, que la torre 12 también puede estar formada de otros materiales y tener una amplia variedad de diseños y configuraciones.

La góndola 14 normalmente se ubica adyacente a la parte superior de la torre 12 y aloja los diversos componentes para convertir la energía eólica en energía eléctrica, así como para alojar componentes para hacer funcionar la turbina eólica 10 de manera óptima. Con respecto a esto, la góndola 14 generalmente incluye un árbol de baja velocidad 22 que se extiende desde un extremo de trabajo de la góndola 14 al que se acopla el rotor 16. El árbol de baja velocidad 22 se acopla a una caja de engranajes (no mostrada) cuya salida es un árbol de alta velocidad (no mostrado) que gira a velocidades varias veces superiores al árbol de baja velocidad 22. Por ejemplo, el árbol de baja velocidad 22 puede estar configurado para girar a velocidades de entre aproximadamente 30 revoluciones por minuto (rpm) y aproximadamente 60 rpm, y el árbol de alta velocidad puede estar configurado para girar a velocidades de entre aproximadamente 1.000 rpm y aproximadamente 1.800 rpm. Estos valores son a modo de ejemplo y la caja de engranajes puede estar configurada de manera apropiada para proporcionar una velocidad deseable para el árbol de alta velocidad. El árbol de alta velocidad acciona un generador (no mostrado) alojado en la góndola 14 para producir energía eléctrica.

Además, la góndola 14 puede incluir un mecanismo de orientación (no mostrado) para hacer girar la góndola 14 y el rotor 16 alrededor de un eje central, sustancialmente vertical 24 definido generalmente por la torre 12. El mecanismo de orientación permite que el rotor 16 se coloque de manera óptima en relación con la dirección del viento. También puede proporcionarse un sistema de freno (no mostrado) en la góndola 14 para resistir o impedir el giro del rotor 16. Además, la góndola 14 puede incluir un sistema de control (no mostrado) para controlar el funcionamiento de la turbina eólica 10. Los expertos habituales en la técnica pueden reconocer otros componentes o sistemas que pueden alojarse en la góndola 14 y que facilitan el funcionamiento de la turbina eólica 10.

El rotor 16 incluye un buje central 26 configurado para acoplarse al árbol de baja velocidad 22 que se extiende desde el extremo de trabajo de la góndola 14. El rotor 16 incluye además una pluralidad de palas 28 (tres mostradas) que se extienden radialmente desde el buje central 26 y configuradas para interaccionar con el viento para generar la elevación que produce el giro del buje 26, y por tanto el giro del árbol de baja velocidad 22. En algunos diseños, las palas 28 se acoplan al buje 26 para poder girar alrededor de un eje longitudinal definido por las palas 28. De esta forma, el ángulo de las palas 28 en relación con la dirección del viento (denominado paso) puede ajustarse selectivamente para optimizar el funcionamiento de la turbina eólica 10. En otros diseños, el ángulo que forman las palas 28 con el viento puede no ser ajustable.

En funcionamiento, pueden utilizarse diversos instrumentos (por ejemplo, anemómetro u otros instrumentos adecuados) para medir los datos del viento y determinar la posición óptima del rotor 16 en relación con el viento. El sistema de control puede usarse entonces para activar el mecanismo de orientación y de regulación de paso para lograr la posición óptima de las palas 28. El viento hace girar entonces el rotor 16, que a su vez hace girar el árbol de baja velocidad 22. La caja de engranajes transforma la velocidad de giro relativamente baja del árbol de baja velocidad 22 en una velocidad de giro relativamente alta del árbol de alta velocidad. El generador transforma entonces el giro del árbol de alta velocidad en energía eléctrica, tal como a través de inducción electromagnética. La energía eléctrica de la turbina eólica 10 puede transmitirse entonces a un sitio específico para su uso (por ejemplo, una casa o fábrica) o transmitirse a una red eléctrica para su uso por un mayor número de personas.

Tal como se ilustra en la figura 2, el ensamblaje de la turbina eólica 10 normalmente incluye el uso de una grúa 30 para izar o elevar los diversos componentes de la turbina eólica 10 durante el ensamblaje. A modo de ejemplo, la grúa 30 puede usarse para colocar la góndola 14 en la parte superior de la torre 12, acoplar el rotor 16 sobre el árbol de baja velocidad 22 que se extiende desde la góndola 14, acoplar las palas 28 al buje 26 (que ya está acoplado a la góndola 14) o realizar otras operaciones o combinaciones de estas operaciones. Por tanto, aunque la figura 2 ilustra la grúa 30 elevando una pala 28, debe reconocerse que la grúa 30 puede elevar diferentes componentes de turbina eólica. Para hacer hincapié en este punto, el componente que está elevándose mediante la grúa 30 se denominará en el presente documento carga 32.

La grúa 30 incluye una base 34 que está soportada en el suelo, plataforma, etc. (es decir, la grúa 30 puede estar configurada para su uso en tierra o en operaciones mar adentro). Una pluma principal 36 está acoplada de manera móvil a la base 34 en un primer extremo inferior de la misma y puede tener, por ejemplo, una estructura generalmente reticulada como es convencional en la técnica. Una pluma de aguilón 38 tiene un primer extremo que está acoplado de manera móvil al segundo extremo superior de la pluma principal 36, tal como en el punto de pluma 40. El segundo extremo de la pluma de aguilón 38 incluye una polea principal 42 acoplada de manera giratoria al mismo para recibir el aparejo de la grúa, tal como se comentará a continuación. Un mástil de aguilón 44 puede acoplarse de manera pivotante a la pluma principal 36 en el punto de pluma 40 y un pórtico 46 también puede acoplarse de manera móvil a la base 34, explicándose a continuación el fin de cada uno.

El aparejo para la grúa 30 incluye un cable de soporte principal 48 para soportar la carga 32 que está elevándose mediante la grúa 30, tal como en la pasteca de aguilón 50. Un extremo del cable de soporte principal 48 está conectado a la pluma de aguilón 38. El otro extremo está dispuesto (es decir, encaminado o guiado) a través de la pasteca de aguilón 50, a lo largo de la polea principal 42 en el segundo extremo de la pluma de aguilón 38, sobre una segunda polea 52 montada de manera giratoria en el mástil de aguilón 44, y conectada a un cabrestante

principal 54 soportado en la base 34. El cabrestante 54 puede enrollar y desenrollar el cable de soporte principal 48 de manera controlable para subir y bajar la carga 32.

El aparejo también incluye un cable colgante 56 que tiene un extremo conectado a la pluma de aguilón 38, tal como adyacente a un segundo extremo del mismo, y dispuesto sobre una tercera polea 58 montada de manera giratoria en el mástil de aguilón 44, y a un segundo cabrestante 60 que puede de enrollar y desenrollar el cable colgante 56 de manera controlable para mover o ajustar el ángulo de la pluma de aguilón 38. El aparejo puede incluir adicionalmente un polipasto 62 que tiene un extremo conectado a la pluma principal 36, tal como adyacente a un segundo extremo del mismo, y dispuesto sobre una cuarta polea 64 en el pórtico 46, y a un tercer cabrestante 66 para enrollar y desenrollar el polipasto 62 de manera controlable para mover o ajustar el ángulo de la pluma principal 36.

Los expertos habituales en la técnica reconocerán que todos los componentes descritos anteriormente de la grúa 30 generalmente se conocen bien en la técnica y se han descrito en el presente documento para proporcionar una descripción y comprensión completas de los aspectos y características que van a describirse a continuación. Además, la descripción de la grúa 30 proporcionada anteriormente es a modo de ejemplo y los expertos habituales en la técnica reconocerán que pueden usarse las características de control descritas a continuación en una amplia variedad de grúas, y por tanto no se limita a la realización a modo de ejemplo descrita en el presente documento.

Para mejorar el control sobre la carga 32 durante una elevación, la grúa 30 incluye un mecanismo de control, ilustrado generalmente en 70. Más particularmente, en un aspecto, el mecanismo de control 70 puede estar configurado para controlar la orientación de la carga 32 en relación con un eje central 72, definido generalmente por un eje longitudinal del cable de soporte principal 48, de manera mejorada. Tal como se comenta en detalle a continuación, esto puede lograrse definiendo un punto de control móvil para los cables de retención, u otros cables de control acoplados a la carga 32, generalmente a lo largo de la pluma principal 36 cuando está elevándose la carga 32.

En un sentido amplio, las diversas realizaciones dadas a conocer en el presente documento incluyen mecanismos de control que tienen uno o más elementos de guía que se extienden a lo largo de al menos una parte de la longitud de la pluma principal 36. En algunas realizaciones, los elementos de guía pueden ser elementos rígidos y fijos (por ejemplo, carriles de guía) y en otras realizaciones, los elementos de guía pueden ser generalmente flexibles y móviles (por ejemplo, cables de guía). Un elemento móvil está acoplado operativamente a los elementos de guía y configurado para moverse en relación con la pluma principal 36, estando guiado tal movimiento por los elementos de guía y en una dirección generalmente paralela a un eje longitudinal de la pluma principal 36. En algunas realizaciones, el elemento móvil puede accionarse activamente a lo largo de la pluma principal 36 (por ejemplo, sistema de accionamiento activo). En otras realizaciones, sin embargo, el elemento móvil sólo puede moverse como resultado de la carga 32 que está elevándose mediante el cable de soporte principal 48 (por ejemplo, sistemas de accionamiento pasivo). Por último, los mecanismos de control dados a conocer en el presente documento incluyen un elemento de acoplamiento que acopla el elemento móvil a la carga 32. La ubicación en la que el elemento de acoplamiento se acopla al elemento móvil define generalmente el punto de control que facilita el control de la carga 32 a través del mecanismo de control. En algunas realizaciones, el elemento de acoplamiento puede ser fijo en longitud mientras que en otras realizaciones, el elemento de acoplamiento puede ser ajustable en longitud. Ahora se comentarán en detalle varias realizaciones a modo de ejemplo de mecanismos de control que proporcionan control mejorado de las cargas 32 para la construcción de turbinas eólicas.

Con respecto a esto, y tal como se ilustra en las figuras 3A-3C, en una realización, el mecanismo de control 70 incluye un elemento de guía que incluye un par de carriles 74, 76 acoplados de manera fija a la pluma principal 36 adyacente a su lado de trabajo (por ejemplo, parte orientada hacia la carga 32 durante el uso) a través de técnicas convencionales, incluyendo soldadura, elementos de fijación, tales como abrazaderas 78, u otros elementos de conexión adecuados. En una realización a modo de ejemplo, los carriles 74, 76, pueden incluir cada uno vigas en I que tienen dos alas opuestas 80, 82 acopladas mediante un alma intermedia 84 y que pueden estar formadas de metal u otros materiales adecuados. El mecanismo de control 70 incluye además un elemento móvil que en una realización puede estar configurado como un carro 86 montado de manera móvil en los carriles 74, 76 de manera que el carro 86 puede moverse generalmente a lo largo de los carriles 74, 76 y por tanto a lo largo de la pluma principal 36 tal como se ilustra mediante las flechas A en la figura 3A.

Tal como se muestra mejor en las figuras 3A y 3C, el carro 86 incluye un elemento de soporte principal 88 acoplado a cada uno de los carriles 74, 76, y que tiene una parte central 90 y partes de extremo opuestas 92, 94. Cada una de las partes de extremo 92, 94 incluye un elemento externo 96 y un elemento interno 98 (mostrado en línea discontinua que, por ejemplo, puede alojarse telescópicamente en los extremos de la parte central 90. Una relación telescópica de este tipo permite que las partes de extremo 92, 94 se muevan o se deslicen lateralmente hacia fuera en relación con la parte central 90 (mostrada en línea discontinua en la figura 3C) tal como se ilustra mediante las flechas B. Para facilitar este movimiento, el carro 86 puede incluir al menos uno, y preferiblemente un par de accionadores 100 para mover las partes de extremo 92, 94 lateralmente en relación con la parte central 90. A modo de ejemplo, y sin limitación, los accionadores 100 pueden incluir una amplia variedad de cilindros neumáticos e hidráulicos. Los expertos habituales en la técnica también pueden reconocer otros accionadores que pueden usarse para este fin. Tal como resultará claro a partir de la discusión a continuación, esta configuración permite que la

distancia lateral entre los elementos de acoplamiento (por ejemplo, dos cables de retención) se ajuste selectivamente para cumplir las necesidades o preferencias de una aplicación particular.

Cada una de las partes de extremo 92, 94 incluye además un elemento de acoplamiento que incluye un cabrestante motorizado 102, 104, respectivamente, acoplado al mismo. El elemento de acoplamiento incluye además cables de retención 106, 108, que tienen cada uno un extremo del mismo acoplado operativamente a los cabrestantes 102, 104, respectivamente. De esta forma, los cabrestantes 102, 104 pueden estar configurados para enrollar y desenrollar los cables de retención 106, 108 de manera controlable. Además, los cabrestantes 102, 104 pueden estar configurados para poder controlarse independientemente de modo que los cables de retención 106, 108 pueden enrollarse o desenrollarse independientemente entre sí. El otro extremo de los cables de retención 106, 108 puede incluir un elemento de conexión adecuado 110 para acoplar los cables de retención a la carga 32 (tal como a un almacén, una eslinga u otro elemento de sujeción que soporta el componente de turbina eólica durante la elevación) tal como se muestra en la figura 2. Por ejemplo, el elemento de conexión 110 puede incluir un gancho para acoplarse a la carga 32. Sin embargo, tal como reconocen los expertos habituales en la técnica, también son posibles otros elementos de conexión.

El carro 86 puede acoplarse a los carriles 74, 76 de manera que permite el movimiento relativo entre ellos. Con referencia a las figuras 3B y 3C, en esta realización, el carro 86 incluye una pluralidad de conjuntos de rodillo 112, que tienen cada uno al menos un rodillo que se engancha a los carriles 74, 76 para facilitar el movimiento a lo largo de los mismos. Con respecto a esto, cada conjunto de rodillo 112 incluye placas de soporte opuestas 114, acopladas cada una a la parte central 90 del elemento de soporte 88 y definiendo cada una superficies interiores enfrentadas 116. Uno o más rodillos 118 pueden acoplarse a cada una de las superficies interiores 116 de las placas 114 y se extienden hacia el interior de las mismas. Cuando el conjunto de rodillo 112 se acopla a los carriles 74, 76, los rodillos 118 pueden estar configurados para engancharse y rodar a lo largo de una superficie exterior 120 del ala 80.

Adicionalmente, el carro 86 puede incluir un mecanismo de accionamiento para mover activamente el carro 86 a lo largo de la pluma principal 36. Con respecto a esto, y en una realización, el mecanismo de accionamiento puede incluir al menos un engranaje 122 acoplado a una superficie interior 116 de las placas 114 y que se extiende hacia el interior de la misma. Cuando el conjunto de rodillo 112 se acopla a los carriles 74, 76, el engranaje 122 puede estar configurado para engancharse a una superficie interior 124 del ala 80. De esta forma, el conjunto de rodillo 112 no puede desprenderse de los carriles 74, 76, pero se permite el movimiento del carro 86 a lo largo de los mismos. El mecanismo de accionamiento puede incluir además al menos una cremallera 126 acoplada a la superficie interior 124 y que se extiende durante una parte sustancial de la longitud de los carriles 74, 76. Tal como reconocen los expertos habituales en la técnica, el al menos un engranaje 122 y la al menos una cremallera 126 actúan conjuntamente para mover el carro 86 a lo largo de la pluma principal 36. Para este fin, el al menos un engranaje 122 puede acoplarse operativamente a un motor 127 para hacer girar el engranaje 122 y accionar el carro 86 a lo largo de la pluma principal 36. Por ejemplo, el motor 127 puede ser un motor eléctrico o hidráulico acoplado a los uno o más engranajes de accionamiento 122. También pueden usarse otros tipos de motores para accionar el carro 86.

En una realización (no mostrada), pueden proporcionarse dos cremalleras 126 sobre la superficie interior 124 de cada carril 74, 76 (por ejemplo, una cremallera 126 dispuesta en ambos lados del alma intermedia 84), y pueden proporcionarse engranajes 122 correspondientes para actuar conjuntamente con cada cremallera 126. Alternativamente, para cada carril 74, 76, sólo puede proporcionarse una cremallera 126 sobre la superficie interior 124 (por ejemplo, en cada lado del alma intermedia 84) y proporcionarse un engranaje de accionamiento correspondiente 122. En este caso, se usan los rodillos 118 en lugar de los engranajes 122 cuando no actúan conjuntamente con una cremallera 126. Una realización de este tipo se ilustra en las figuras 3A-3C, estando ubicada la cremallera 126 sobre la parte exterior de la superficie interior 124 (figura 3C). En otra realización alternativa (no mostrada), sólo se proporciona una cremallera 126 o bien en el carril 74 o bien en el 76 para accionar el carro 86 a lo largo de la pluma principal 36. Adicionalmente, en una realización, cada uno de los engranajes 122 puede accionarse mediante un motor. Alternativamente, sin embargo, puede accionarse menos de todos los engranajes 122 mediante un motor correspondiente. Por ejemplo, en una realización, puede proporcionarse sólo un engranaje accionado por motor en cada uno de los carriles 74, 76 tal como se muestra en las figuras. Todavía en otra realización (no mostrada), puede proporcionarse sólo un engranaje accionado para ambos carriles 74, 76. Dependiendo de la aplicación específica, los expertos habituales en la técnica reconocerán cómo configurar el mecanismo de accionamiento para cumplir las necesidades de la aplicación específica.

En funcionamiento, el cable de soporte principal 48 puede desenrollarse (es decir, liberarse o aflojarse) para ubicar la pasteca de aguilón 50 adyacente al suelo o la superficie de soporte para acoplar la pasteca de aguilón 50 a la carga 32. En esta posición inicial del cable de soporte principal 48, el carro 86 puede colocarse adyacente al primer extremo inferior de la pluma principal 36. Los cabrestantes motorizados 102, 104 pueden activarse para desenrollar los cables de retención 106, 108 de modo que el elemento de conexión 110 puede acoplarse a la carga 32. Cuando la carga 32 se eleva inicialmente del suelo, los cabrestantes 102, 104 pueden activarse para imponer una tensión adecuada en los cables de retención 106, 108.

El cabrestante principal 54 puede activarse para enrollarse en el cable de soporte principal 48 y subir la carga 32 en sentido ascendente hacia la atmósfera 20. Cuando está subiéndose la carga 32, el mecanismo de accionamiento

- (por ejemplo, cremallera(s) 126, engranaje(s) 122, motor(es) 127, etc.) puede activarse para mover el carro 86 a lo largo de la pluma principal 36 hacia el segundo extremo superior del mismo. Más particularmente, puesto que en esta realización el carro 86 se acciona activamente, el carro 86 puede moverse a lo largo de la pluma principal 36 de manera que mantiene una relación específica entre el carro 86 y la carga 32. A modo de ejemplo, en una realización, cuando está subiéndose la carga 32 mediante el cable de soporte principal 48, el carro 86 puede accionarse a lo largo de la pluma principal 36 de modo que el carro 86 y la carga 32 se sitúen generalmente dentro del mismo plano horizontal (por ejemplo, ambos tienen sustancialmente la misma altura en relación con el suelo o la superficie de soporte). También son posibles otras relaciones entre el carro 86 y la carga 32, tal como manteniendo una distancia vertical fija entre el carro 86 y la carga 32 durante la elevación.
- Adicionalmente, dependiendo del ángulo de la pluma principal 36 y/o la pluma de aguilón 38, los cabrestantes 102, 104 pueden activarse para mantener la tensión en los cables de retención 106, 108 a medida que se sube la carga 32. El mantenimiento de la tensión en los cables de retención 106, 108 estabiliza la carga 32 durante la elevación, mantiene la orientación de la carga 32 en relación con el eje central 72 (por ejemplo, los cables de retención 106, 108 evitan que la carga 32 gire alrededor del eje central 72) y mantiene el movimiento de la carga 32 en una dirección generalmente vertical a lo largo de eje central 72. Los expertos habituales en la técnica reconocerán cómo activar los cabrestantes 102, 104 para mantener la tensión en los cables de retención 106, 108 y proporcionar el movimiento deseado de la carga 32 durante la elevación.
- Cuando se sube la carga 32 hasta una altura suficiente, tal como adyacente a la parte superior de la torre 12 (figura 1), puede ser deseable variar la orientación de la carga 32 para facilitar el ensamblaje del componente a la turbina eólica 10. Para este fin, los cabrestantes 102, 104 pueden activarse para variar la orientación de la carga 32. Más particularmente, para hacer girar la carga 32 alrededor del eje central 72 en un primer sentido (por ejemplo, en sentido horario), uno de los cabrestantes 102, 104 pueden activarse para desenrollar, y de ese modo alargar, uno de los cables de retención 106, 108, mientras que el otro de los cabrestantes 102, 104 puede activarse para enrollar, y de ese modo acortar, el otro de los cables de retención 106, 108. Para hacer girar la carga 32 alrededor del eje central 72 en un segundo sentido (por ejemplo, en sentido antihorario), los cabrestantes 102, 104 pueden hacerse funcionar de manera opuesta. Una vez que se ha logrado la orientación apropiada de la carga 32, los trabajadores de ensamblaje en la torre 12 pueden sujetar el componente a la turbina eólica 10 y desacoplar los cables de retención 106, 108 y el cable de soporte principal 48 de la carga 32. La grúa 30 puede usarse entonces para subir otro componente para el ensamblaje adicional de la turbina eólica 10.
- El mecanismo de control 70 descrito anteriormente aborda muchos de los inconvenientes con los aparatos y las técnicas usados en la construcción de turbinas eólicas existentes. Más particularmente, el mecanismo de control 70 mejora el control con respecto a un componente de turbina eólica que está elevándose mediante una grúa. Con respecto a esto, puesto que el carro 86, que lleva los cabrestantes 102, 104 y los cables de retención 106, 108, puede moverse a lo largo de la pluma principal 36, se reduce el ángulo de inclinación entre el plano horizontal de la carga 32 y los cables de retención 106, 108. Por ejemplo, en contraposición a tener los cables de retención 106, 108 generalmente perpendiculares al plano horizontal de la carga (como en las técnicas de cables de retención manuales), los cables de retención 106, 108 pueden ser generalmente paralelos al plano horizontal de la carga 32. Más particularmente, puesto que el carro 86 se acciona activamente, los cables de retención 106, 108 pueden situarse generalmente dentro del mismo plano horizontal que la carga 32, aunque son posibles otras disposiciones.
- Tal como se comentó anteriormente, mantener los cables de retención 106, 108 para que sean generalmente paralelos al plano horizontal de la carga 32 proporciona un control mejorado de la carga 32. Más particularmente, la capacidad para hacer girar la carga 32 alrededor del eje central 72 se facilita mucho cuando existe tal configuración paralela. Con respecto a esto, cuando los cables de retención 106, 108 y el plano horizontal de la carga 32 son generalmente paralelos, una parte sustancial de la fuerza aplicada a los cables de retención 106, 108 tiene una componente horizontal, y por tanto se utiliza para hacer girar la carga 32. Esto es en contraposición a los cables de retención manuales, en los que una parte sustancial de la fuerza aplicada a los cables de retención tiene una componente vertical, y por tanto actúa contra el cable de soporte principal, y sólo se utiliza una pequeña parte de la fuerza aplicada para hacer girar la carga alrededor de su eje central.
- Adicionalmente, puesto que el carro 86 y los cables de retención 106, 108 se mueven a lo largo de la pluma principal 36, se reduce la distancia entre el punto de control para los cables de retención 106, 108 (por ejemplo, donde los cabrestantes 102, 104 se acoplan al elemento de soporte 88) y la carga 32. Tal como se comentó anteriormente, minimizar la distancia entre el punto de control de los cables de retención 106, 108 y la carga 32 proporciona un control mejorado de la carga 32. Con respecto a esto, puesto que la pluma principal 36 y/o la pluma de aguilón 38 normalmente están en ángulo durante su uso, puede disminuir la distancia entre el punto de control de los cables de retención 106, 108 y la carga 32 a medida que se sube la carga 32 verticalmente. Por consiguiente, el control aumenta a medida que se sube la carga 32 de manera que puede considerarse en su punto máximo cuando la carga 32 es adyacente a la parte superior de la torre 12. Esto es en contraposición a las técnicas de cables de retención manuales en las que la distancia entre el punto de control de los cables de retención y la carga están en su punto máximo, y el control está por tanto en su punto mínimo, cuando la carga es adyacente a la parte superior de la torre.

El mecanismo de control 70 tal como se describió anteriormente puede proporcionar beneficios adicionales para la

construcción de turbinas eólicas. Por ejemplo, debido al aumento de control proporcionado por el mecanismo de control 70, se cree que el ensamblaje de turbinas eólicas puede iniciarse en una variedad más amplia de condiciones ambientales. Con respecto a esto, se cree que la construcción puede producirse a velocidades del viento de aproximadamente 15 m/s o incluso superiores. Esta capacidad aumentada aumentará el número de días disponibles para que se produzca el ensamblaje de turbinas eólicas. Además, permitir que se produzca el ensamblaje en una variedad más amplia de condiciones ambientales también facilitará la carga y el coste de coordinar y programar el equipo y el personal necesarios para la construcción.

Además, se contempla que los beneficios proporcionados por el mecanismo de control 70 reducirán el número del personal necesario para el ensamblaje de turbinas eólicas. Más particularmente, puede reducirse o eliminarse el personal de suelo dedicado a controlar la carga cuando está subiéndose. Además, el mecanismo de control 70 también puede proporcionar un control más centralizado sobre la carga que está subiéndose mediante la grúa. Con respecto a esto, el control sobre los cabrestantes 102, 104, los cables de retención 106, 108 y el mecanismo de accionamiento para controlar el movimiento del carro 86 a lo largo de la pluma principal 36 puede residir en menos personas en comparación con las técnicas de cables de retención manuales. Por ejemplo, en una realización, el operario de grúa puede controlar los cabrestantes 102, 104, los cables de retención 106, 108 y el mecanismo de accionamiento (así como el cable de soporte principal). Sin embargo, los expertos habituales en la técnica pueden reconocer otras disposiciones que pueden proporcionar un sistema de control más centralizado en comparación con las técnicas de cables de retención manuales.

Otra realización según aspectos de la invención se muestra en la figura 4. Esta realización es similar a la mostrada en las figuras 3A-3C y por tanto, se usan números de referencia iguales para referirse a características iguales en estas figuras. Sin embargo, una diferencia principal entre estas dos realizaciones se refiere al mecanismo de control particular para controlar la carga 32 que está elevándose mediante la grúa 30. Más particularmente, la realización en la figura 4 incluye un mecanismo de control 128 que tiene un mecanismo de accionamiento diferente para mover el carro 86 a lo largo de la pluma principal 36. Con respecto a esto, para accionar activamente el carro 86 a lo largo de la pluma principal 36, se utiliza una disposición de cabrestante como parte del mecanismo de accionamiento en lugar de la disposición de cremallera/engranaje de la realización anterior.

La disposición de cabrestante mostrada en la figura 4 tiene un mecanismo de control 128 con un mecanismo de accionamiento que incluye al menos un cabrestante de accionamiento 132 acoplado a la grúa 30 adyacente a su base 34. A modo de ejemplo, el cabrestante de accionamiento 132 puede acoplarse a la base 34, la pluma principal 36 o al menos uno de los carriles 74, 76. El mecanismo de accionamiento incluye además una polea de accionamiento 134 acoplada a la grúa 30 adyacente al segundo extremo superior de la pluma principal 36. A modo de ejemplo, la polea de accionamiento 134 puede montarse de manera giratoria en la pluma principal 36, o al menos a uno de los carriles 74, 76. Un cable de accionamiento 136 tiene un extremo libre acoplado al carro 86 y se dispone sobre la polea de accionamiento 134 al cabrestante de accionamiento 132, que puede enrollar y desenrollar el cable de accionamiento 136 de manera controlable. De manera similar a la realización anterior, el carro 86 incluye una pluralidad de conjuntos de rodillo 130 para acoplarse de manera móvil a los carriles 74, 76. Los conjuntos de rodillo 130 son similares en construcción a los conjuntos de rodillo 112, pero se usan estos rodillos 118 en lugar de los engranajes 122.

El funcionamiento de esta realización es similar al descrito anteriormente para las figuras 3A-3C. Por tanto, por motivos de brevedad, se omitirá una explicación detallada del funcionamiento de esta realización. La diferencia principal es que en lugar de activar el(los) motor(es) 127, el cabrestante de accionamiento 132 puede activarse para enrollar el cable de accionamiento 136 para mover el carro 86 hacia el segundo extremo de la pluma principal 36. Los expertos habituales en la técnica reconocerán fácilmente cómo hacer funcionar el mecanismo de control 128 basándose en la explicación anterior con respecto a las figuras 3A- 3C. Adicionalmente, la realización mostrada en la figura 4 puede tener beneficios similares a los descritos anteriormente para la realización anterior.

Existen otras realizaciones para controlar un componente de turbina eólica durante una elevación por grúa que pueden proporcionar beneficios en determinadas aplicaciones. A modo de ejemplo, en algunas aplicaciones, puede ser deseable minimizar las fuerzas que actúan sobre la pluma principal en una dirección distinta de a lo largo de la longitud de la pluma principal. En las realizaciones descritas anteriormente, los mecanismos de control incluían un par de carriles generalmente rígidos a los que se acoplaba de manera móvil un carro. El carro, a su vez, llevaba los cabrestantes que controlaban los cables de retención. Por consiguiente, las fuerzas sobre la pluma principal 36, como consecuencia de la disposición de los mecanismos de control 70 y 128, pueden incluir una componente de fuerza en una dirección perpendicular al eje longitudinal de la pluma principal 36. Para abordar un escenario de este tipo, se describe a continuación un mecanismo de control que no sólo proporciona un control mejorado de la carga durante una elevación por grúa, sino que también reduce las fuerzas que actúan generalmente perpendiculares al eje longitudinal de la pluma principal de la grúa.

Con respecto a esto, se muestra otro mecanismo de control a modo de ejemplo en las figuras 5A-5C, en las que los números de referencia iguales se refieren a características iguales mostradas en las figuras 1 y 2. En esta realización, la grúa 30 incluye un mecanismo de control 140 configurado para controlar, por ejemplo, la orientación de la carga 32 en relación con el eje central 72 de manera mejorada. Tal como se comenta en detalle a continuación, esto puede lograrse definiendo un punto de control móvil para los cables de retención, u otros cables

de control acoplados a la carga 32, generalmente a lo largo de la pluma principal 36 a medida que se eleva la carga 32.

5 Tal como se ilustra en estas figuras, el mecanismo de control 140 incluye un elemento de guía que incluye un par de cables de guía acoplados a y que se extienden a lo largo de la pluma principal 36. Con respecto a esto, el mecanismo de control 140 incluye un primer elemento de soporte 142 acoplado a la pluma principal 36 adyacente a su primer extremo inferior, y un segundo elemento de soporte 144 acoplado a la pluma principal 36 adyacente a su segundo extremo superior. Los elementos de soporte primero y segundo 142, 144 se extienden en una dirección generalmente perpendicular al eje longitudinal definido generalmente por la pluma principal 36 y pueden acoplarse a la misma a través de técnicas convencionales, incluyendo soldadura, elementos de fijación, tales como abrazaderas 10 78, u otros elementos de conexión adecuados. En una realización, el primer elemento de soporte 142 incluye un par de cabrestantes 146a, 146b acoplados al mismo y en relación separada a lo largo del mismo, tal como a extremos opuestos adyacentes del mismo. El segundo elemento de soporte 144 incluye de manera similar un par de cabrestantes 148a, 148b acoplados al mismo y en relación separada a lo largo del mismo, tal como a extremos opuestos adyacentes del mismo. Aunque no se limitan a una configuración de este tipo, los cabrestantes 146a, 148a y los cabrestantes 146b, 148b pueden disponerse para alinearse generalmente entre sí de manera generalmente paralela en relación con el eje longitudinal de la pluma principal 36.

20 Un par de cables de guía 150, 152 se extienden a lo largo de la pluma principal 36 entre los elementos de soporte primero y segundo 142, 144. Un extremo del cable de guía 150 se acopla operativamente al cabrestante 146a y el otro extremo del cable de guía 150 se acopla operativamente al cabrestante 148a. Los cabrestantes 146a, 148a pueden controlarse independientemente y pueden enrollar y desenrollar el cable de guía 150 de manera controlable. De manera similar, un extremo del cable de guía 152 se acopla operativamente al cabrestante 146b y el otro extremo del cable de guía 152 se acopla operativamente al cabrestante 148b. Los cabrestantes 146b, 148b también pueden controlarse independientemente (y pueden controlarse independientemente en relación con los cabrestantes 146a, 148a) y pueden enrollar y desenrollar el cable de guía 152 de manera controlable.

25 El mecanismo de control 140 incluye además un elemento móvil que en una realización puede incluir elementos de placa separados 154 acoplados a cada uno de los cables de guía 150, 152. En una realización, los elementos de placa 154 pueden empalmarse directamente en los cables 150, 152 (es decir, incorporarse entre o uniendo segmentos de los cables 150, 152) de manera que los extremos de los cables 150, 152 se acoplan a ojete o aberturas en los elementos de placa 154, tal como en dos esquinas de los mismos. De esta forma, los elementos de placa 154 se mueven a lo largo de la pluma principal 36 a través del movimiento de los cables de guía 150, 152. Los expertos habituales en la técnica reconocerán otras disposiciones para acoplar los elementos de placa 154 a los cables 150, 152, incluyendo soldadura u otros elementos de fijación adecuados. Los expertos habituales en la técnica reconocerán además que los elementos de placa 154 no se limitan a la configuración triangular mostrada, sino que también son posibles otras formas y diseños para los elementos de placa 154.

35 El mecanismo de control 140 incluye además un elemento de acoplamiento que tiene un cable de longitud fija 156 que tiene un extremo acoplado a, por ejemplo, un ojete o abertura formado en los elementos de placa 154 (tal como en la esquina restante de los mismos). El otro extremo de cable fijo 156 está configurado para acoplarse a la carga 32. Con respecto a esto, este extremo del cable fijo 156 puede incluir un elemento de conexión adecuado 110, tal como, por ejemplo, un gancho, para acoplar el cable fijo 156 a la carga 32 (tal como a un armazón, eslinga u otro elemento de sujeción que soporta el componente de turbina eólica durante la elevación). También son posibles, sin embargo, otros elementos de sujeción.

45 De manera similar a la realización anterior, en funcionamiento, el cable de soporte principal 48 puede desenrollarse para ubicar la pasteca de aguilón 50 adyacente al suelo o a la superficie de soporte para acoplar la pasteca de aguilón 50 a la carga 32. En esta posición inicial del cable de soporte principal 48, los elementos de placa 154 de los cables de guía 150, 152 pueden colocarse adyacentes al primer extremo inferior de la pluma principal 36. Los cabrestantes motorizados 146a, 146b, 148a, 148b pueden activarse para desenrollar los cables de guía 150, 152 de modo que el gancho u otro elemento de conexión 110 en el cable fijo 156 puede acoplarse a la carga 32. Por ejemplo, al menos uno de los cabrestantes 146a, 148a y al menos uno de los cabrestantes 146b, 148b pueden activarse para desenrollar los cables de guía 150, 152, respectivamente. A medida que se eleva la carga 32 inicialmente del suelo, los cabrestantes 146a, 146b, 148a, 148b pueden activarse para imponer una tensión adecuada en los cables de guía 150, 152. Por ejemplo, al menos uno de los cabrestantes 146a, 148a y al menos uno de los cabrestantes 146b, 148b pueden activarse para enrollar los cables de guía 150, 152, respectivamente.

50 El cabrestante principal 54 puede activarse para enrollar el cable de soporte principal 48 y subir la carga 32 en sentido ascendente y hacia la atmósfera 20. Cuando está subiéndose la carga 32, el mecanismo de accionamiento (por ejemplo, los cabrestantes 146a,b, 148a,b y los cables de guía 150, 152) puede activarse de manera adecuada para mover los elementos de placa 154 y los cables fijos 156 a lo largo de la pluma principal 36 hacia el segundo extremo superior de la misma. Más particularmente, puesto que el mecanismo de control 140 es un sistema de accionamiento activo, los elementos de placa 154 (y los cables fijos 156) pueden moverse a lo largo de la pluma principal 36 de manera que mantiene una relación específica entre los elementos de placa 154 y la carga 32. A modo de ejemplo, en una realización, a medida que se sube la carga 32 mediante el cable de soporte principal 48, los elementos de placa 154 pueden accionarse a lo largo de la pluma principal 36 de modo que los elementos de

5 placa 154 y la carga 32 se sitúen generalmente dentro del mismo plano horizontal (por ejemplo, ambos tienen sustancialmente la misma altura en relación con el suelo o la superficie de soporte). Para lograr una relación de este tipo, los cabrestantes 146a, 146b, 148a, 148b pueden activarse en coordinación entre sí. Más particularmente, los cabrestantes 148a, 148b pueden enrollarse mientras que los cabrestantes 146a, 146b se sueltan. También son posibles otras relaciones entre los elementos de placa 154 y la carga 32, tal como manteniendo una distancia vertical fija entre los elementos de placa 154 y la carga 32 durante la elevación.

10 Adicionalmente, dependiendo del ángulo de la pluma principal 36 y/o la pluma de aguilón 38, los cabrestantes 146a, 146b, 148a, 148b pueden activarse para mantener la tensión en los cables de guía 150, 152. El mantenimiento de la tensión en los cables de guía 150, 152 estabiliza la carga 32 durante la elevación, mantiene la orientación de la carga 32 en relación con el eje central 72 (por ejemplo, los cables de guía 150, 152 evitan que la carga 32 gire alrededor del eje central 72) y mantiene el movimiento de la carga 32 en una dirección generalmente vertical a lo largo del eje central 72. Los expertos habituales en la técnica reconocerán cómo activar los cabrestantes 146a, 146b, 148a, 148b para mantener la tensión en los cables de guía 150, 152 y proporcionar el movimiento deseado de la carga 32 durante la elevación. Por ejemplo, los cabrestantes 148a, 148b pueden enrollar los cables de guía 150, 152 a una velocidad más rápida, a una velocidad más lenta o a la misma velocidad que los cabrestantes 146a, 146b sueltan los cables de guía 150, 152, dependiendo del movimiento deseado de la carga 32.

20 Cuando se sube la carga 32 hasta una altura suficiente, tal como adyacente a la parte superior de la torre 12 (figura 1), puede ser deseable variar la orientación de la carga para facilitar el ensamblaje del componente a la turbina eólica 10. Para este fin, los cabrestantes 146a, 146b, 148a, 148b pueden activarse para variar la orientación de la carga 32. Más particularmente, para hacer girar la carga 32 alrededor del eje central 72 en un primer sentido (por ejemplo, en sentido horario), uno de los cables de guía 150, 152 puede desenrollarse mientras que el otro cable de guía 150, 152 puede enrollarse. Esto puede lograrse activando de manera adecuada los cabrestantes 146a, 146b, 148a, 148b. Más particularmente, los cabrestantes 146a, 146b, 148a, 148b pueden activarse de manera que alarguen uno de los cables de guía 150, 152 y acorten el otro de los cables de guía 150, 152 sin cambiar significativamente la altura de los elementos de placa 154. Para hacer girar la carga 32 alrededor del eje central 72 en un segundo sentido (por ejemplo, en sentido antihorario), el otro cabrestante 146a, 146b, 148a, 148b puede hacerse funcionar de manera opuesta. Una vez que se ha logrado la orientación apropiada de la carga 32, los trabajadores de ensamblaje en la torre 12 pueden sujetar el componente a la turbina eólica 10 y desacoplar los cables fijos 156 y el cable de soporte principal 48 de la carga 32. La grúa 30 puede usarse entonces para subir otro componente para el ensamblaje adicional de la turbina eólica 10.

Aunque el mecanismo de control 140 tiene un diseño y funcionamiento ligeramente diferentes en comparación con los mecanismos de control 70, 128 descritos anteriormente, se cree que el mecanismo de control 140 también aborda muchos de los inconvenientes de los aparatos y las técnicas existentes y proporciona muchos de los mismos beneficios que los proporcionados por los mecanismos de control 70, 128, tal como se ha descrito anteriormente.

35 Una realización alternativa, similar a la mostrada en las figuras 5A-5C, incluye una disposición de cabrestante diferente para mover los cables de guía 150, 152 (y por tanto los elementos de placa 154) a lo largo de la pluma principal 36. Más particularmente, la disposición de cabrestante puede estar configurada para ubicar los cabrestantes adyacentes al primer extremo inferior de la pluma principal 36. Una disposición de este tipo hace que los cabrestantes sean más accesibles y coloca los componentes operativos, relativamente pesados, en la parte inferior en la pluma principal 36, mejorando por tanto potencialmente la estabilidad de la grúa 30.

40 Tal como se muestra en las figuras 6A-6C, en las que los números de referencia iguales se refieren a características iguales en las figuras 5A-5C, la grúa 30 puede incluir un mecanismo de control 160 configurado para controlar, por ejemplo, la orientación de la carga 32 en relación con el eje central 72 de manera mejorada. El mecanismo de control 160 puede incluir un primer elemento de soporte 142 acoplado a la pluma principal 36 adyacente a su primer extremo inferior. En una realización, tal como se ilustra en la figura 6A, los cabrestantes 146a, 146b, 148a, 148b pueden acoplarse todos ellos al primer elemento de soporte 142. En una realización alternativa, sin embargo, y tal como se ilustra en las figuras 6B y 6C, el mecanismo de control 160 puede incluir un segundo elemento de soporte 144 acoplado también a la pluma principal 36 adyacente a su primer extremo inferior. El primer elemento de soporte 142 en esta última realización puede incluir los cabrestantes 146a, 146b, mientras que el segundo elemento de soporte 144 puede incluir los cabrestantes 148a, 148b.

50 Independientemente de cómo se monten los cabrestantes 146a, 146b, 148a, 148b, un tercer elemento de soporte 162 puede acoplarse a la pluma principal 36 adyacente a su segundo extremo superior e incluir un par de poleas 164a, 164b acopladas a la misma en relación separada. Aunque no se limita a una configuración de este tipo, la polea 164a puede disponerse para alinearse generalmente con los cabrestantes 146a, 148a y la polea 164b puede disponerse para alinearse generalmente con los cabrestantes 146b, 148b (por ejemplo, sustancialmente paralela al eje longitudinal de la pluma principal 36).

60 El cable de guía 150 se dispone sobre la polea 164a con un extremo acoplado operativamente al cabrestante 146a y el otro extremo acoplado operativamente al cabrestante 148a. Los cabrestantes 146a, 148a pueden controlarse independientemente y pueden enrollar y desenrollar el cable de guía 150 de manera controlable. De manera similar, el cable de guía 152 se dispone sobre la polea 164b con un extremo acoplado operativamente al cabrestante 146b y

el otro extremo acoplado operativamente al cabrestante 148b. Los cabrestantes 146b, 148b también pueden controlarse independientemente (y pueden controlarse independientemente en relación con los cabrestantes 146a, 148a) y pueden enrollar y desenrollar el cable de guía 152 de manera controlable.

5 El funcionamiento de estas realizaciones es similar al descrito anteriormente para las figuras 5A-5C. Por tanto, por motivos de brevedad, se omitirá una explicación detallada del funcionamiento de estas realizaciones. Los expertos habituales en la técnica reconocerán fácilmente cómo hacer funcionar el mecanismo de control 160 basándose en la explicación anterior con respecto al mecanismo de control 140 mostrado y descrito en las figuras 5A-5C. Adicionalmente, las realizaciones mostradas en las figuras 6A- 6C pueden tener beneficios similares a los descritos anteriormente para las realizaciones anteriores.

10 Las realizaciones anteriores eran sistemas accionados activamente en los que el elemento móvil puede accionarse independientemente a lo largo de la pluma principal 36. Sin embargo, en diseños alternativos, el elemento móvil puede no incluir un mecanismo de accionamiento de este tipo, sino que en cambio puede moverse a lo largo de la pluma principal 36 de manera pasiva. Por ejemplo, el elemento móvil puede moverse a lo largo de la pluma principal 36 como consecuencia de que el elemento de acoplamiento se acople a la carga 32 y que la carga 32 suba por el cable de soporte principal 48. En otras palabras, en tales sistemas pasivos, el elemento móvil se arrastra esencialmente hacia arriba de los elementos de guía a medida que se sube la carga 32 mediante el cable de soporte principal 48. Con respecto a esto, tales sistemas pueden ser menos complejos y quizá más deseables en algunas aplicaciones.

20 Las figuras 7A-7B, en las que los números de referencia iguales se refieren a características iguales en las figuras 1 y 2, ilustran una realización del sistema pasivo de este tipo. En esta realización, la grúa 30 incluye un mecanismo de control 170 configurado para controlar, por ejemplo, la orientación de la carga 32 en relación con el eje central 72 de manera mejorada. El mecanismo de control 170 incluye un elemento de guía que incluye un par de cables de guía 178, 180 que se extienden a lo largo de la pluma principal 36. Para este fin, el mecanismo de control 170 incluye un primer par de poleas 172a, 172b acopladas a la pluma principal 36 adyacente a su primer extremo inferior, y un segundo par de poleas 174a, 174b acopladas a la pluma principal 36 adyacente a su segundo extremo superior. Por ejemplo, las poleas 172a, 172b, 174a, 174b pueden acoplarse a la pluma principal 36 usando técnicas convencionales tales como abrazaderas 78. Las poleas pueden acoplarse adicional o alternativamente a la pluma principal 36 usando otras técnicas incluyendo soldadura o usando otros elementos de fijación adecuados. Los cables de guía 178, 180 se extienden a lo largo de la pluma principal 36 entre las poleas 172a, 174a y 172b, 174b, respectivamente. Los cables de guía 178, 180 se disponen sobre sus poleas respectivas para formar una configuración de bucle cerrado. Uno de los pares de poleas, tales como, por ejemplo, las poleas 172a, 172b puede incluir cada uno un mecanismo de ajuste 181 para ajustar la tensión en los cables de guía 178, 180.

35 El mecanismo de control 170 incluye además un elemento móvil que en una realización puede incluir elementos de placa separados 182 acoplado a cada uno de los cables de guía 178, 180. En una realización, los elementos de placa 182 pueden empalmarse directamente en los cables 178, 180 de manera que los extremos de los cables 178, 180 se acoplan a ojetas o aberturas en el elemento de placa 182, tal como en dos esquinas del mismo. De esta forma, los elementos de placa 182 se mueven a lo largo de la pluma principal 36 a través del movimiento de los cables de guía 178, 180. Los expertos habituales en la técnica reconocerán otras disposiciones para acoplar los elementos de placa 182 a los cables 178, 180, incluyendo soldadura u otros elementos de fijación adecuados. Los expertos habituales en la técnica reconocerán además que los elementos de placa 182 no se limitan a la configuración mostrada, sino que también son posibles otras formas y diseños para los elementos de placa 182.

45 El mecanismo de control 170 incluye además un elemento de acoplamiento configurado para incluir un par de cabrestantes 184a, 184b y cables de retención 186a, 186b correspondientes, respectivamente, acoplados operativamente al mismo. A diferencia de la realización mostrada en las figuras 3A-3B, los cabrestantes 184a, 184b no están acoplados al elemento móvil (por ejemplo, los elementos de placa 182), sino que en cambio pueden acoplarse a, por ejemplo, la base 34 de la grúa 30 o el primer extremo de la pluma principal 36. Por tanto, el cable de retención 186a tiene un primer extremo acoplado operativamente al cabrestante 184a, que está configurado para enrollar y desenrollar el cable de retención 186a de manera controlable, y se dispone sobre una polea 188 montada de manera giratoria en el elemento de placa 182. El cable de retención 186a se dispone además sobre una polea 190 montada de manera giratoria en un elemento de conexión 192 configurado para acoplar el cable de retención 186a a la carga 32. Por ejemplo, el elemento de conexión 192 puede incluir un gancho para acoplarse a la carga 32. Los expertos habituales en la técnica reconocerán, sin embargo, que también pueden usarse otros elementos de conexión. Un segundo extremo del cable de retención 186a se acopla al elemento de placa 182 de manera que no se impida el giro de la polea 188. Por ejemplo, un brazo 194 puede extenderse desde el elemento de placa 182, pudiendo estar configurado un extremo del mismo para recibir el extremo del cable de retención 186a. Una disposición de este tipo que tiene el cable de retención 186a formando un bucle alrededor de la polea 190, acopla operativamente el cable de retención 186a al elemento de conexión 192. El cabrestante 184b y el cable de retención 186b pueden tener una configuración similar, tal como se ilustra en las figuras 7A y 7B.

60 En funcionamiento, el cable de soporte principal 48 puede desenrollarse para ubicar la pasteca de aguilón 50 adyacente al suelo o a la superficie de soporte para acoplar la pasteca de aguilón 50 a la carga 32. En esta posición inicial del cable de soporte principal 48, los elementos de placa 182 de los cables de guía 178, 180 pueden

colocarse adyacentes al primer extremo inferior de la pluma principal 36. Los cabrestantes motorizados 184a, 184b pueden activarse para desenrollar los cables de retención 186a, 186b de modo que el elemento de conexión 192 puede acoplarse a la carga 32. Cuando la carga 32 se eleva inicialmente del suelo, los cabrestantes 184a, 184b pueden activarse para imponer una tensión adecuada en los cables de retención 186a, 186b. También pueden usarse mecanismos de ajuste 181 para ajustar la tensión en los cables de guía 178, 180.

El cabrestante principal 54 puede activarse para enrollar el cable de soporte principal 48 y subir la carga 32 en sentido ascendente hacia la atmósfera 20. Tal como se observó anteriormente, esta realización usa un sistema de accionamiento pasivo para mover el elemento de placa 182 a lo largo de la pluma principal 36. Con respecto a esto, a medida que se sube la carga 32 mediante el cable de soporte principal 48, también se tira de los elementos de placa 182 en sentido ascendente debido a los cables de retención 186a, 186b que se extienden entre los elementos de placa 182 y los elementos de conexión 192, que se acoplan a la carga 32. Puesto que el movimiento del cable de soporte principal 48 acciona en esencia el movimiento de los elementos de placa 182, los elementos de placa 182 pueden retrasarse ligeramente detrás de la carga 32, dependiendo de la tensión en los cables de retención 186a, 186b. Por tanto, en una realización, los elementos de placa 182 y la carga 32 pueden estar casi dentro del mismo plano horizontal (por ejemplo, ambos tienen casi la misma altura en relación con el suelo o la superficie de soporte). Cualquier diferencia en la altura de la carga 32 y los elementos de placa 182 puede mantenerse relativamente baja con el funcionamiento apropiado de los cabrestantes 184a, 184b durante la elevación.

Con respecto a esto, debe reconocerse que los cabrestantes 184a, 184b pueden activarse para mantener la tensión en los cables de retención 186a, 186b cuando está subiéndose la carga 32. El mantenimiento de la tensión en los cables de retención 186a, 186b estabiliza la carga 32 durante la elevación, mantiene la orientación de la carga 32 en relación con el eje central 72 (por ejemplo, los cables de retención 186a, 186b evitan que la carga 32 gire alrededor del eje central 72) y mantiene el movimiento de la carga 32 en una dirección generalmente vertical a lo largo del eje central 72. Los expertos habituales en la técnica reconocerán cómo activar los cabrestantes 184a, 184b para mantener la tensión en los cables de retención 186a, 186b y proporcionar el movimiento deseado de la carga 32 durante la elevación.

Cuando se sube la carga 32 hasta una altura suficiente, tal como adyacente a la parte superior de la torre 12 (figura 1), puede ser deseable variar la orientación de la carga 32 para facilitar el ensamblaje del componente a la turbina eólica 10. Para este fin, los cabrestantes 184a, 184b pueden activarse para variar la orientación de la carga 32. Más particularmente, para hacer girar la carga 32 alrededor del eje central 72 en un primer sentido (por ejemplo, en sentido horario), uno de los cabrestantes 184a, 184b puede activarse para desenrollar, y de ese modo alargar, uno de los cables de retención 186a, 186b, mientras que el otro de los cabrestantes 184a, 184b puede activarse para enrollar, y de ese modo acortar, el otro de los cables de retención 186a, 186b. Para hacer girar la carga 32 alrededor del eje central 72 en un segundo sentido (por ejemplo, en sentido antihorario), los cabrestantes 184a, 184b pueden hacerse funcionar de manera opuesta. Una vez que se ha logrado la orientación apropiada de la carga 32, los trabajadores de ensamblaje en la torre 12 pueden sujetar el componente a la turbina eólica 10 y desacoplar los cables de retención 186a, 186b y el cable de soporte principal 48 de la carga 32. La grúa 30 puede usarse entonces para subir otro componente para el ensamblaje adicional de la turbina eólica 10.

Aunque el mecanismo de control 170 tiene un diseño y funcionamiento ligeramente diferentes en comparación con los diversos mecanismos de control descritos anteriormente, se cree que el mecanismo de control 170 también aborda muchos de los inconvenientes del aparato y las técnicas existentes y proporciona muchos de los mismos beneficios que los proporcionados por los mecanismos de control anteriores que se han descrito anteriormente.

Aún otra realización de un sistema de control a modo de ejemplo se muestra en las figuras 8A-8C y es similar a la realización mostrada en las figuras 7A y 7B. Por tanto, se usan números de referencia iguales para referirse a características iguales en estas figuras. Las figuras 8A y 8B ilustran un mecanismo de control 200 que tiene elementos de guía en forma de carriles de guía 202, 204 que se extienden a lo largo de la pluma principal 36 y acoplados al mismo utilizando técnicas convencionales incluyendo soldadura, elementos de fijación, tales como abrazaderas 78, u otros elementos de conexión adecuados. En una realización, y tal como se ilustra en la figura 8C, los carriles de guía 202, 204 pueden incluir cada uno una viga alargada que tiene una sección transversal en forma de T y que define un ala exterior 206 y una nervadura 208 que se extiende desde una parte central del ala 206.

El mecanismo de control 200 incluye además un elemento móvil acoplado de manera móvil al elemento de guía. En esta realización, el elemento móvil puede incluir un elemento de placa 210 montado de manera móvil en cada uno de los carriles de guía 202, 204. Los elementos de placa 210 pueden ser similares a los elementos de placa 182 comentados en la realización anterior. Sin embargo, los elementos de placa 210 no están empalmados dentro de los elementos de guía, como lo estaban los elementos de placa 182. En cambio, y tal como se ilustra en la figura 8A, cada elemento de placa 210 puede incluir un conjunto de rodillo 212 que tiene al menos un rodillo 214 para facilitar el movimiento del elemento de placa 210 a lo largo de los carriles 202, 204. El conjunto de rodillo 212 puede ser similar al conjunto de rodillo 130 comentado anteriormente y mostrado en la figura 4. Por consiguiente, se omitirá una descripción detallada del conjunto de rodillo 212. Cuando el elemento de placa 210 se monta en los carriles 202, 204, los rodillos 214 pueden estar configurados para engancharse y rodar a lo largo de una superficie interior 216 del ala 206. Aunque no se muestra, debe reconocerse que el conjunto de rodillo 212 también puede incluir los rodillos 214 para engancharse y rodar a lo largo de una superficie exterior del ala 206.

El elemento de acoplamiento y otras características estructurales restantes son similares a las descritas anteriormente en referencia a las figuras 7A y 7B. Por tanto, también se omitirá una descripción detallada de estas características. Además, el funcionamiento de esta realización es similar al descrito anteriormente para las figuras 7A y 7B. Por tanto, por motivos de brevedad, no se proporcionará una explicación detallada de su funcionamiento en el presente documento. La diferencia principal es que los elementos de guía son carriles en forma de T en lugar de cables de guía, y los conjuntos de rodillo se usan para acoplar de manera móvil los elementos de placa a los elementos de guía. En cualquier caso, los expertos habituales en la técnica reconocerán fácilmente cómo hacer funcionar el mecanismo de control 200 basándose en la explicación anterior con respecto a las figuras 7A y 7B. Adicionalmente, la realización mostrada en las figuras 8A-8C puede tener beneficios similares a los descritos anteriormente para las realizaciones anteriores.

Tal como se muestra en la figura 8C, en una realización, los carriles 202, 204 pueden tener una forma en sección transversal en forma de T y los elementos de placa 210 pueden acoplarse a los carriles 202, 204 a través de los rodillos 214. Sin embargo, los carriles 202, 204 pueden tener otras configuraciones. Por ejemplo, tales configuraciones alternativas se muestran en las figuras 9A y 9B. Tal como se ilustra en la figura 9A, un mecanismo de control 218 puede tener elementos de guía que incluyen los carriles de guía 220, 222 que se extienden a lo largo de la pluma principal 36 y se acoplan al mismo utilizando técnicas convencionales. En esta realización, los carriles de guía 220, 222 pueden incluir cada uno una viga alargada que tiene una sección transversal en forma de C que define una cavidad interior 224 y una abertura 226 en comunicación con la cavidad interior 224.

El mecanismo de control 218 puede incluir adicionalmente un elemento móvil en forma de elementos de placa 228 montados de manera móvil en cada uno de los carriles de guía 220, 222. Los elementos de placa 228 pueden ser similares a los elementos de placa 210 comentados en la realización anterior. Sin embargo, los elementos de placa 228 pueden acoplarse a los carriles de guía 220, 222 de manera diferente. Con respecto a esto, y tal como se ilustra en la figura 9A, cada elemento de placa 228 puede incluir una corredera 230 para facilitar el movimiento de los elementos de placa 228 a lo largo de los carriles 220, 222. La corredera 230 puede tener una sección transversal en forma de I que define dos alas opuestas 232, 234 y un alma intermedia 236. Cuando los elementos de placa 228 se montan en los carriles 202, 204, el ala 234 se coloca dentro de la cavidad interna 224, el ala 232 es externa a los carriles 220, 222, y el alma intermedia 236 se coloca dentro de la abertura 226. De esta forma, no pueden desprenderse las correderas 230 de los carriles 220, 222, pero se permite el movimiento deslizante de los elementos de placa 228 a lo largo de las mismas. El funcionamiento del mecanismo de control 218 es similar al descrito anteriormente y se omitirá una explicación detallada. Los expertos habituales en la técnica reconocerán cómo hacer funcionar el mecanismo de control 218 basándose en la descripción del funcionamiento de realizaciones anteriores.

Aún en otra realización tal como se ilustra en la figura 9B, un mecanismo de control 240 puede tener elementos de guía que incluyen carriles de guía 242, 244 que se extienden a lo largo de la pluma principal 36 y acoplados al mismo utilizando técnicas convencionales. En esta realización, los carriles de guía 242, 244 pueden incluir cada uno una viga alargada que tiene una sección transversal circular. El mecanismo de control 240 puede incluir además un elemento móvil que incluye un elemento de placa 246 montado de manera móvil en cada uno de los carriles de guía 242, 244. Los elementos de placa 246 pueden ser similares a los elementos de placa 228 comentados en la realización anterior. Sin embargo, los elementos de placa 246 pueden acoplarse a los carriles de guía 242, 244 de manera diferente. Con respecto a esto, y tal como se ilustra en la figura 9B, cada elemento de placa 246 puede incluir un conjunto de rodillo 248 que tiene al menos un rodillo 250 para facilitar el movimiento de los elementos de placa 246 a lo largo de los carriles 242, 244. Los rodillos 250 pueden tener una superficie de enganche conformada para ajustarse al contorno circular de los carriles 242, 244. Cuando los elementos de placa 246 se montan en los carriles 242, 244, se coloca un rodillo en un primer lado de los carriles 242, 244 y se coloca un segundo rodillo en un segundo lado de los carriles 242, 244 opuesto al primer lado. De esta forma, no puede desprenderse el conjunto de rodillo 248 de los carriles 242, 244, pero se permite el movimiento rodante de los elementos de placa 248 a lo largo de los mismos. El funcionamiento del mecanismo de control 240 es similar al descrito anteriormente y se omitirá una descripción detallada. Los expertos habituales en la técnica reconocerán cómo hacer funcionar el mecanismo de control 240 basándose en la descripción del funcionamiento de realizaciones anteriores.

La figura 10, en la que los números de referencia iguales se refieren a características iguales en las figuras 7A-7C, ilustra otra realización del sistema pasivo. En esta realización, la grúa 30 incluye un mecanismo de control 260 configurado para controlar, por ejemplo, la orientación de la carga 32 en relación con el eje central 72 del cable de soporte principal 48 de manera mejorada. El mecanismo de control 260 incluye un elemento de guía que incluye un par de cables de guía 262, 264 que se extienden a lo largo de la pluma principal 36. Tal como se explica en más detalle a continuación, en esta realización, el elemento de guía puede estar formado a partir de un único cable siendo los cables de guía 262, 264 partes o ramificaciones separadas del mismo. El mecanismo de control 260 incluye un primer elemento de soporte 266 acoplado a la pluma principal 36 adyacente a su primer extremo inferior, y un segundo elemento de soporte 268 acoplado a la pluma principal 36 adyacente a su segundo extremo superior. En una realización, un tercer elemento de soporte 270 puede acoplarse a la pluma principal 36 adyacente al primer elemento de soporte 266. En una realización alternativa (no mostrada), los elementos de soporte primero y tercero 266, 270 pueden combinarse en un único elemento de soporte. En una realización, estos elementos de soporte 266, 268, 270 pueden extenderse en una dirección generalmente perpendicular al eje longitudinal de la pluma principal 36 y acoplarse a la pluma principal 36 usando las abrazaderas 78, por ejemplo. Los elementos de soporte 266, 268, 270 pueden acoplarse adicional o alternativamente a la pluma principal 36 usando otras técnicas incluyendo

soldadura o usando otros elementos de fijación adecuados.

Los elementos de soporte primero y tercero 266, 270 incluyen cada uno un par de poleas 272a, 272b, 274a, 274b, respectivamente, acopladas a los mismos, tal como a extremos opuestos adyacentes de los mismos. Cada una de las poleas 272a, 272b, 274a, 274b se acopla a sus elementos de soporte respectivos usando abrazaderas en forma de L 276 para orientar un eje de rotación 278 de las poleas generalmente perpendicular a un eje longitudinal de los elementos de soporte 266, 270. El elemento de soporte 268 también incluye un par de poleas 280a, 280b acopladas al mismo tal como a extremos opuestos adyacentes del mismo. En contraposición a las poleas 272a, 272b, 274a, 274b, las poleas 280a, 280b se orientan de manera que su eje de rotación 282 sea generalmente paralelo al eje longitudinal del segundo elemento de soporte 268.

Cada uno de los elementos de soporte primero y tercero 266, 270 también puede incluir al menos un cabrestante 284, 286 (mostrado uno en la figura 10) acoplado a los mismos para que se disponga, por ejemplo, entre el par de poleas 272a, 272b, 274a, 274b. Los cabrestantes 284, 286 pueden orientarse de manera que los ejes de rotación 288 de los mismos sean generalmente perpendiculares al eje longitudinal de sus elementos de soporte respectivos. Los cables de guía 262, 264 se extienden generalmente a lo largo de la pluma principal 36 entre los elementos de soporte primero y tercero 266, 270 adyacentes al extremo inferior de la misma y el segundo elemento de soporte 268 adyacente al extremo superior de la misma. Tal como se observó anteriormente, los cables de guía 262, 264 se forman mediante un único cable que tiene ambos extremos acoplados operativamente al cabrestante 284 y que tienen la ramificación 262 dispuesta alrededor de las poleas 272a, 280a y 274a y la ramificación 264 dispuesta alrededor de las poleas 272b, 280b y 274b. Una parte intermedia del único cable se enrolla alrededor del cabrestante 286, que define eficazmente una división entre las dos ramificaciones. El cable se acopla operativamente al cabrestante 284 de manera que cuando el cabrestante 284 se activa, ambos cables de guía 262, 264 se enrollan o se sueltan juntos (por ejemplo, responden de manera similar). El cable individual también se acopla operativamente al cabrestante 286 de manera que cuando el cabrestante 286 se activa, el cable de guía 262 se enrolla o se suelta y el cable de guía 264 se suelta o se enrolla, respectivamente (por ejemplo, responden de manera opuesta).

El mecanismo de control 260 incluye además un elemento móvil que en una realización incluye un carro 290 acoplado operativamente a los cables de guía 262, 264. Con respecto a esto, el carro 290 incluye un elemento de soporte principal 292 que se extiende en una dirección generalmente perpendicular al eje longitudinal de la pluma principal 36. El elemento de soporte 292 también incluye un par de poleas 294a, 294b acopladas al mismo tal como a extremos opuestos adyacentes del mismo que se orientan de manera que su eje de rotación 296 es generalmente paralelo al eje longitudinal del elemento de soporte principal 292. Cada uno de los cables de guía 262, 264 se dispone alrededor de las poleas 294a, 294b de manera que el carro 290 se dispone entre los elementos de soporte primero y tercero 266, 270.

El mecanismo de control 260 incluye además un elemento de acoplamiento que tiene un cable de longitud fija 156 con un extremo acoplado al elemento de soporte principal 292 del carro 290, y el otro extremo configurado para acoplarse a la carga 32. Con respecto a esto, este extremo del cable fijo 156 puede incluir un elemento de conexión adecuado 110, tal como, por ejemplo, un gancho, para acoplar el cable fijo 156 a la carga 32 (tal como a un almacén, a una eslinga o a otro elemento de sujeción que soporta el componente de turbina eólica durante la elevación). También son posibles, sin embargo, otros elementos de sujeción.

En funcionamiento, el cable de soporte principal 48 puede desenrollarse para ubicar la pasteca de aguilón 50 adyacente al suelo o a la superficie de soporte para acoplar la pasteca de aguilón 50 a la carga 32. En esta posición inicial del cable de soporte principal 48, el carro 290 puede colocarse adyacente al primer extremo inferior de la pluma principal 36. El cabrestante 284, que controla la tensión en los cables de guía 262, 264, puede activarse para desenrollar los cables de guía 262, 264 de modo que el gancho u otro elemento de conexión 110 en el cable fijo 156 puede acoplarse a la carga 32. Una vez acoplado a la carga 32, el cabrestante 284 puede activarse para tensar los cables de guía 262, 264 hasta un nivel deseado.

El cabrestante principal 54 puede activarse para enrollar el cable de soporte principal 48 y subir la carga 32 en sentido ascendente y hacia la atmósfera 20. Tal como se observó anteriormente, esta realización usa un sistema de accionamiento pasivo para mover el carro 290 a lo largo de la pluma principal 36. Con respecto a esto, cuando está subiéndose la carga 32 mediante el cable de soporte principal 48, también se tira del carro 290 en sentido ascendente debido al cable fijo 156 que se extiende entre el carro 290 y la carga 32. Puesto que el movimiento del cable de soporte principal 48 acciona en esencia el movimiento del carro 290, el carro 290 puede retrasarse ligeramente detrás de la carga 32, dependiendo de la tensión de los cables de guía 262, 264. Por tanto en una realización, el carro 290 y la carga 32 pueden estar casi dentro del mismo plano horizontal (por ejemplo, ambos tienen casi la misma altura en relación con el suelo o la superficie de soporte). Cualquier diferencia en la altura de la carga 32 y el carro 290 puede mantenerse baja con el funcionamiento apropiado del cabrestante 284 durante la elevación.

Cuando se sube la carga hasta una altura suficiente, tal como adyacente a la parte superior de la torre 12 (figura 1), puede ser deseable variar la orientación de la carga 32 para facilitar el ensamblaje del componente a la turbina eólica 10. Para este fin, el cabrestante 286 puede activarse para variar la orientación de la carga 32. Más

5 particularmente, cuando el cabrestante 286 se activa en un primer sentido (por ejemplo, en sentido horario) uno de los cables de guía 262, 264 se acorta mientras que el otro de los cables de guía 262, 264 se alarga. Para hacer girar la carga 32 en un segundo sentido (por ejemplo, en sentido antihorario), el cabrestante 286 puede hacerse funcionar de manera opuesta. Una vez que se ha logrado la orientación apropiada de la carga 32, los trabajadores de ensamblaje en la torre 12 pueden sujetar el componente a la turbina eólica 10 y desacoplar el cable fijo 156 y el cable de soporte principal 48 de la carga 32. La grúa 30 puede usarse entonces para subir otro componente para el ensamblaje adicional de la turbina eólica 10.

10 Aunque la presente invención se ha ilustrado mediante una descripción de diversas realizaciones preferidas y aunque estas realizaciones se han descrito en cierto detalle, no es intención del inventor restringir o limitar en modo alguno el alcance de las reivindicaciones adjuntas a tal detalle. Ventajas y modificaciones adicionales les resultarán fácilmente evidentes a los expertos en la técnica. Por ejemplo, algunos de los sistemas de accionamiento pasivo descritos en el presente documento pueden modificarse fácilmente para incluir mecanismos de accionamiento adecuados. Además, algunos de los sistemas de accionamiento activos incluyen elementos que pueden usarse en sistemas de accionamiento pasivos. Por tanto, las diversas características de la invención pueden usarse solas o en cualquier combinación dependiendo de las necesidades y preferencias del usuario.

15

REIVINDICACIONES

1. Aparato para ensamblar una turbina eólica (10), que comprende:
 - 5 una pluma de grúa (36) que tiene un cable de soporte principal (48) configurado para acoplarse a un componente (32) de una turbina eólica (10) para elevar el componente (32) durante el ensamblaje de la turbina eólica (10); y
 - un mecanismo de control (70, 128, 140, 160) acoplado operativamente a la pluma de grúa (36) para controlar la orientación del componente de turbina eólica (32) durante la elevación del componente, comprendiendo el mecanismo de control (70, 128, 140, 160):
 - 10 un elemento de guía acoplado a la pluma de grúa (36);
 - un elemento móvil acoplado al elemento de guía y configurado para poder moverse en relación con la pluma de grúa (36) en una dirección guiada por el elemento de guía;
 - caracterizado por:
 - un elemento de acoplamiento configurado para acoplar el elemento móvil al componente de turbina eólica (32); y
 - 15 un mecanismo de accionamiento configurado para mover activamente el elemento móvil en relación con la pluma de grúa (36) independientemente del movimiento del cable de soporte principal (48).
2. Aparato según la reivindicación 1, en el que el elemento de guía incluye un carril de guía (74, 76).
3. Aparato según las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento móvil incluye un carro (86) montado de manera móvil sobre el elemento de guía.
- 20 4. Aparato según las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento de acoplamiento incluye un cable de longitud ajustable (106, 108).
5. Aparato según las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento de acoplamiento comprende:
 - un cabrestante (102, 104) acoplado al elemento móvil; y
 - 25 un cable de retención (106, 108) que tiene una parte acoplada operativamente al cabrestante (102, 104) y otra parte configurada para acoplarse operativamente al componente de turbina eólica (32), en el que el cabrestante (102, 104) está configurado para enrollar y desenrollar el cable de retención (106, 108).
6. Aparato según las reivindicaciones anteriores, en el que el mecanismo de control (70, 128) incluye uno o más accionadores (100) configurados para mover el elemento de acoplamiento en relación con el elemento móvil en una dirección sustancialmente perpendicular a un eje longitudinal de la pluma de grúa (36).
- 30 7. Aparato según las reivindicaciones anteriores, en el que el mecanismo de accionamiento incluye una cremallera (126) y un engranaje (122) acoplados operativamente al elemento móvil y configurados para mover el elemento móvil en relación con la pluma de grúa (36).
8. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el mecanismo de accionamiento incluye una disposición de cabrestante (132, 134) acoplada operativamente al elemento móvil y configurada para mover el elemento móvil en relación con la pluma de grúa (36).
- 35 9. Aparato según la reivindicación 1, en el que el elemento de guía incluye un cable de guía (150, 152).
10. Aparato según las reivindicaciones 1 ó 9, en el que el elemento móvil incluye un elemento de placa (154) empalmado en el elemento de guía de manera que el movimiento del elemento móvil se logra mediante el movimiento del elemento de guía.
- 40 11. Aparato según las reivindicaciones 1, 9 ó 10, en el que el elemento de acoplamiento incluye un cable de longitud fija (156).
12. Aparato según las reivindicaciones 1, 9, 10 u 11, en el que el mecanismo de control (140) comprende además:
 - 45 un primer elemento de soporte (142) acoplado a la pluma de grúa (36) y que tiene un cabrestante (146a, 146b) acoplado operativamente al mismo; y
 - un segundo elemento de soporte (144) acoplado a la pluma de grúa (36) separado del primer elemento de soporte (142) y que también tiene un cabrestante (148a, 148b) acoplado operativamente al mismo,

- en el que el elemento de guía incluye un cable de guía (150, 152) acoplado operativamente a un cabrestante (146a, 146b, 148a, 148b) en cada uno de los elementos de soporte primero y segundo (142, 144).
- 5 13. Aparato según las reivindicaciones 1, 9, 10 u 11, en el que el mecanismo de control (160) comprende además:
- un primer elemento de soporte (142) acoplado a la pluma de grúa (36) y que tiene al menos un cabrestante (146a, 146b, 148a, 148b) acoplado operativamente al mismo;
- un segundo elemento de soporte (162) acoplado a la pluma de grúa (36) separado del primer elemento de soporte (142) y que tiene una polea (164a, 164b) acoplada operativamente al mismo,
- 10 en el que el elemento de guía incluye un cable de guía (150, 152) acoplado operativamente a un cabrestante (146a, 146b, 148a, 148b) en el primer elemento de soporte y recibido por la polea (164a, 164b) en el segundo elemento de soporte (162).
- 15 14. Aparato según la reivindicación 13, que comprende además un tercer elemento de soporte (144) acoplado a la pluma de grúa (36) adyacente al primer elemento de soporte (142) que tiene al menos un cabrestante (148a, 148b) acoplado operativamente al mismo, en el que el cable de guía (150, 152) está acoplado operativamente al cabrestante (148a, 148b) en el tercer elemento de soporte (144).
- 20 15. Método para ensamblar una turbina eólica (10) mediante el aparato según la reivindicación 1 usando una pluma de grúa (36) que tiene un cable de soporte principal (48) acoplado a un componente de turbina eólica (32), un elemento móvil acoplado a la pluma de grúa (36) y configurado para moverse en relación con la misma y un elemento de acoplamiento acoplado al elemento móvil, que comprende:
- unir el elemento de acoplamiento al componente de turbina eólica (32);
- eleva el componente de turbina eólica (32) con el cable de soporte principal (48);
- activar un mecanismo de accionamiento para mover el elemento móvil en relación con la pluma de grúa (36) cuando el componente está elevándose; y
- 25 cambiar la orientación del componente de turbina eólica (32) usando el elemento de acoplamiento.
16. Método según la reivindicación 15, en el que activar el mecanismo de accionamiento incluye usar una disposición de cremallera (126) y engranaje accionado (122) para mover el elemento móvil en relación con la pluma de grúa (36).
- 30 17. Método según la reivindicación 15, en el que activar el mecanismo de accionamiento incluye usar una disposición de cabrestante (132, 134) para mover el elemento móvil en relación con la pluma de grúa (36).
18. Método según cualquiera de las reivindicaciones 15-17, que comprende además mover el elemento móvil en relación con la pluma de grúa (36) para estar sustancialmente dentro del mismo plano horizontal que el componente de turbina eólica (32) que está elevándose mediante el cable de soporte principal (48).

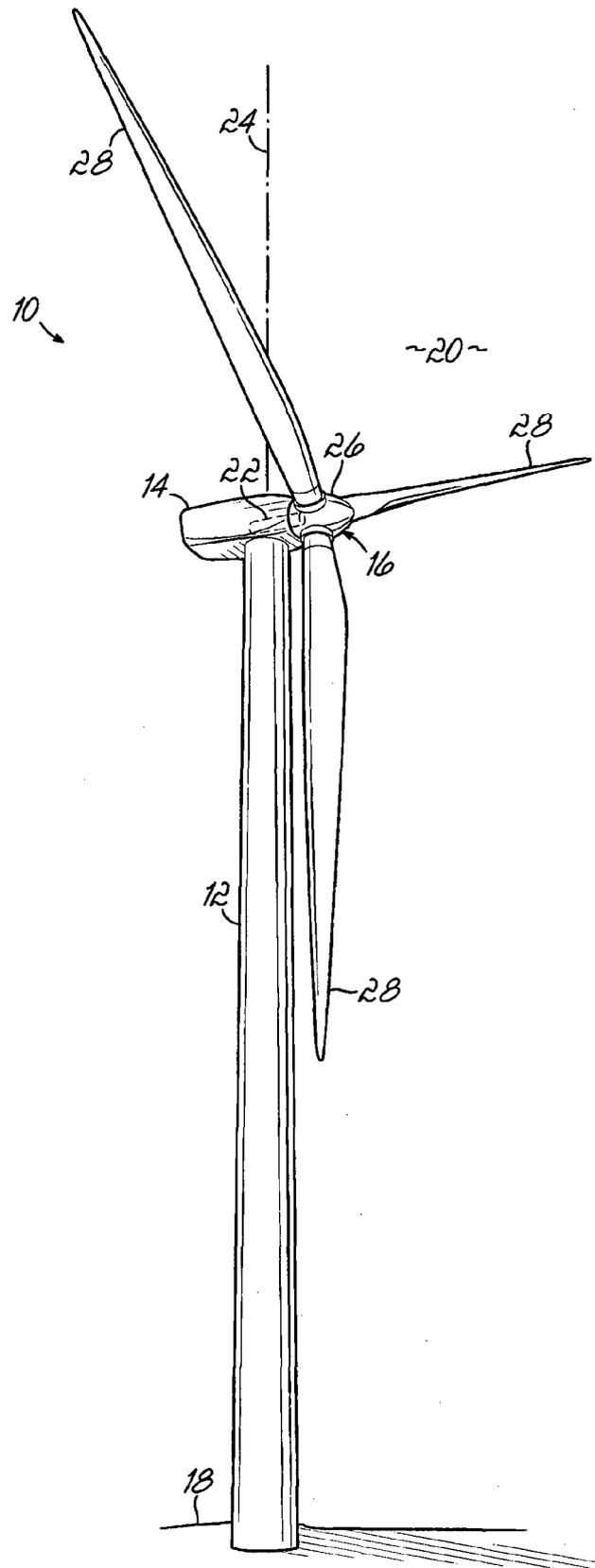


FIG. 1

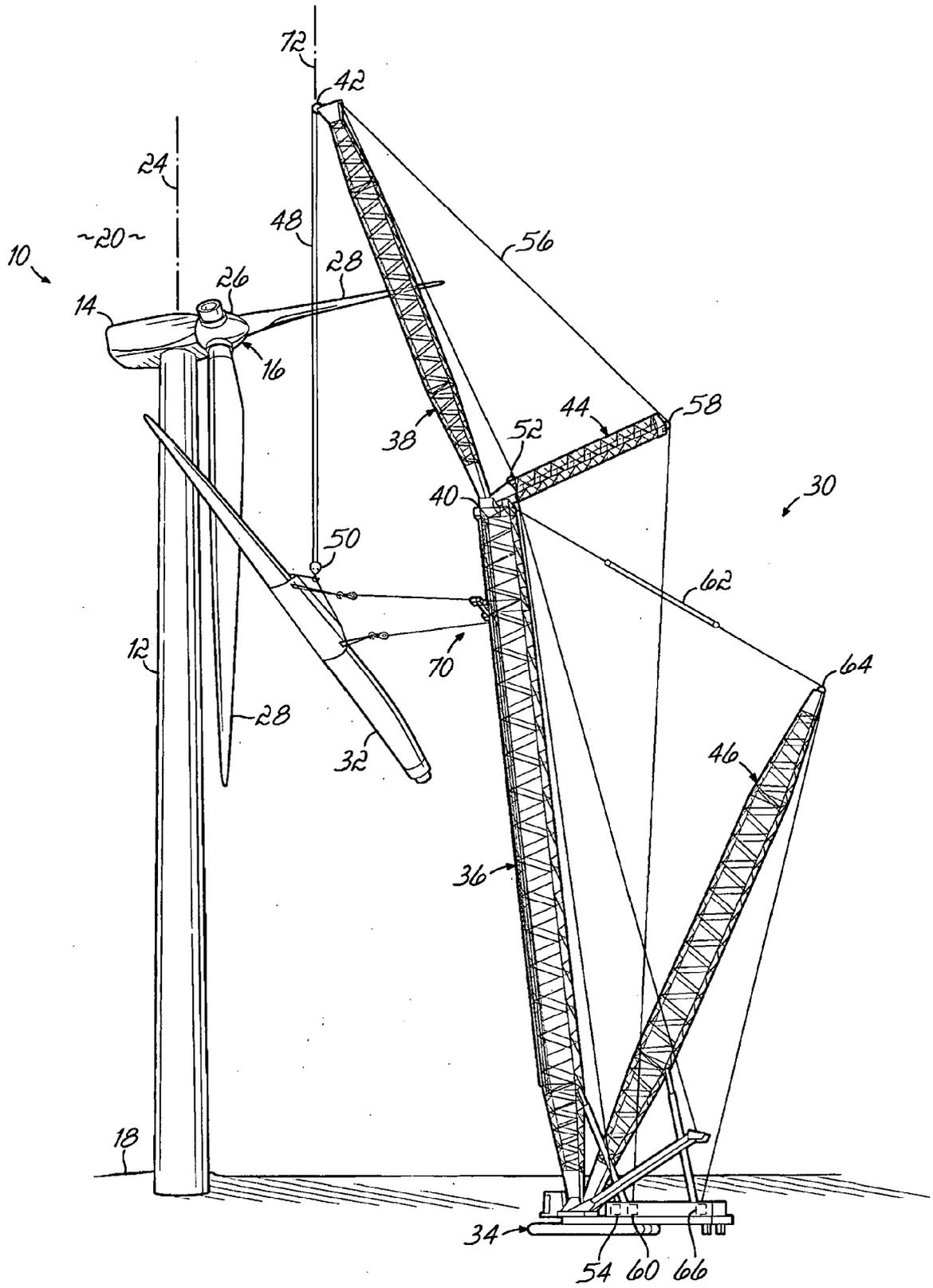


FIG. 2

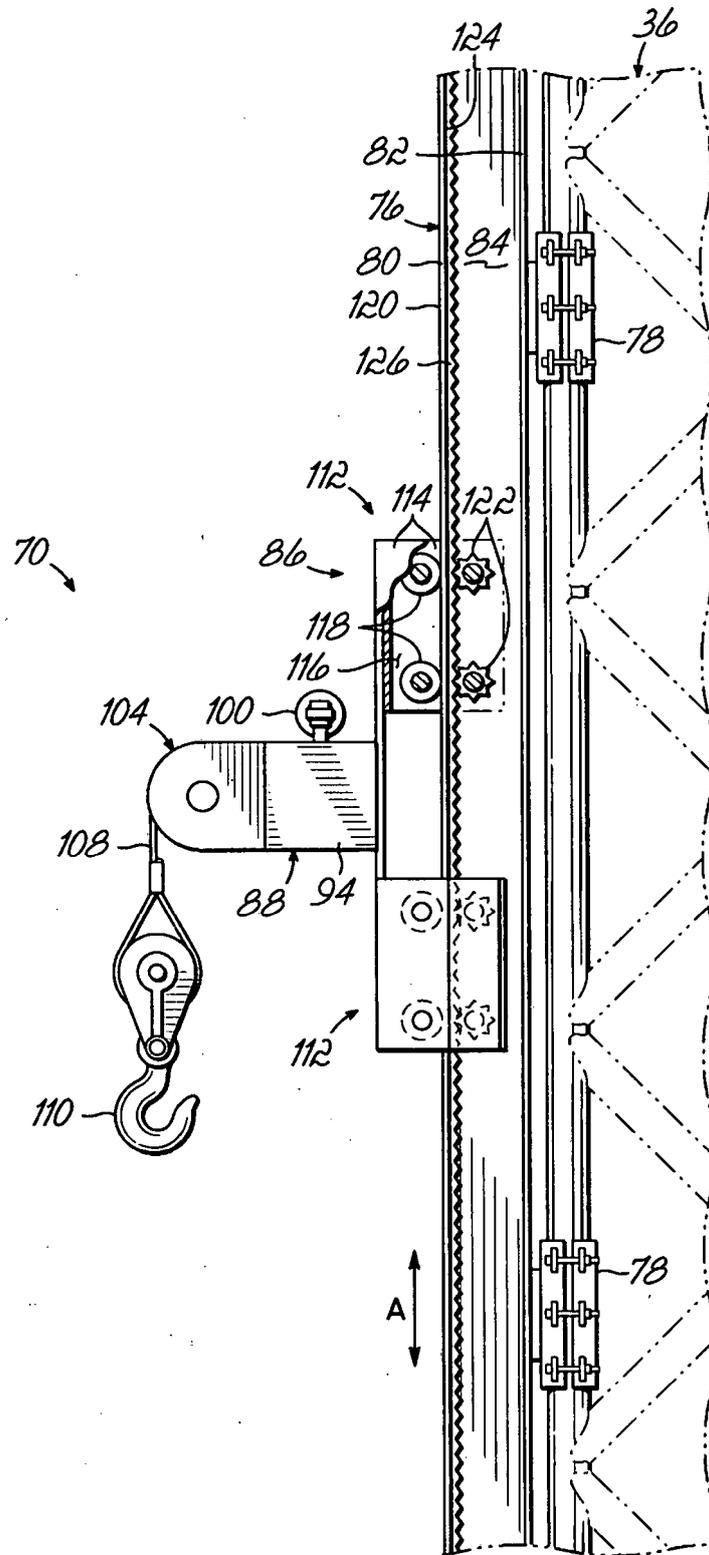


FIG. 3B

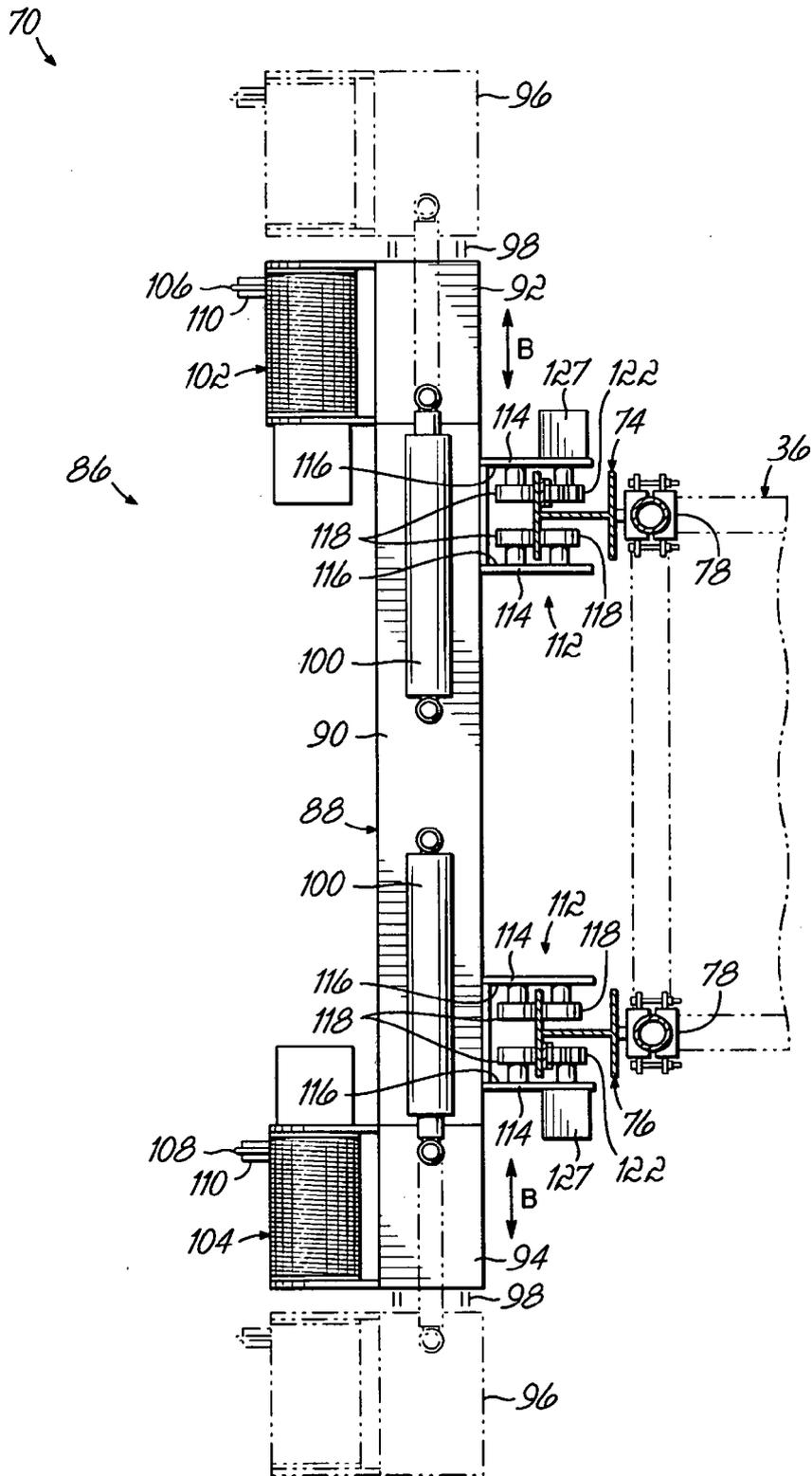


FIG. 3C

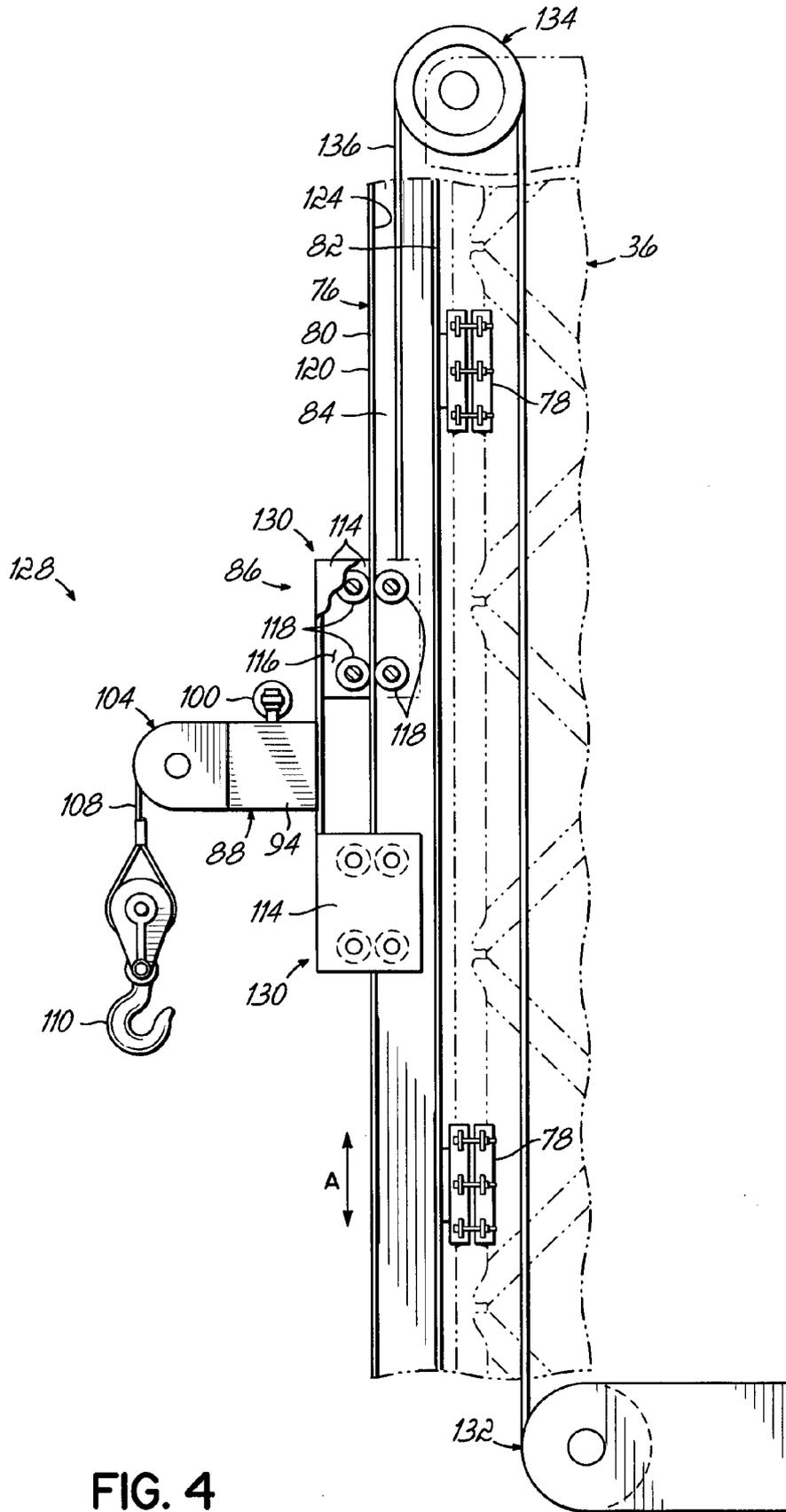


FIG. 4

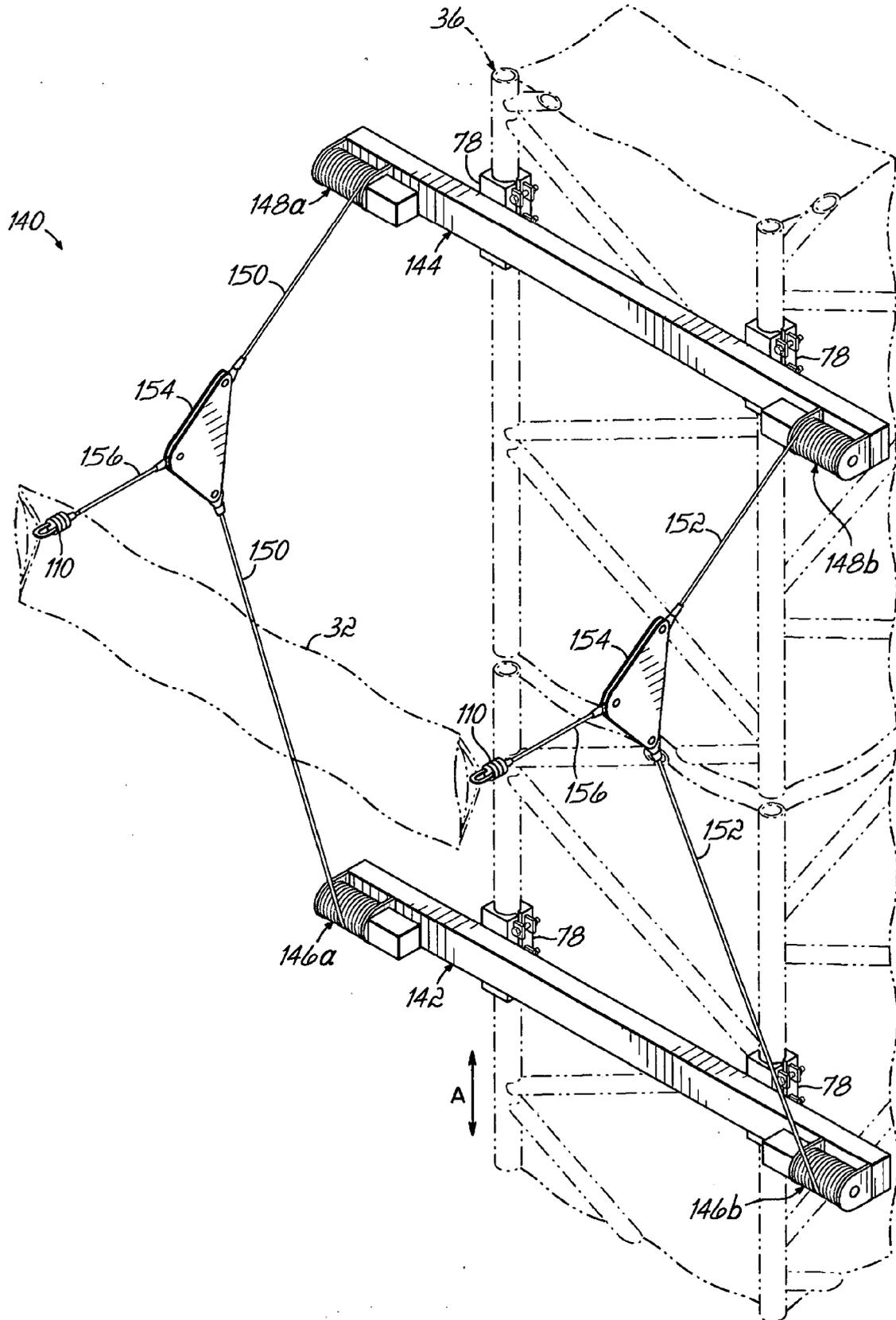


FIG. 5A

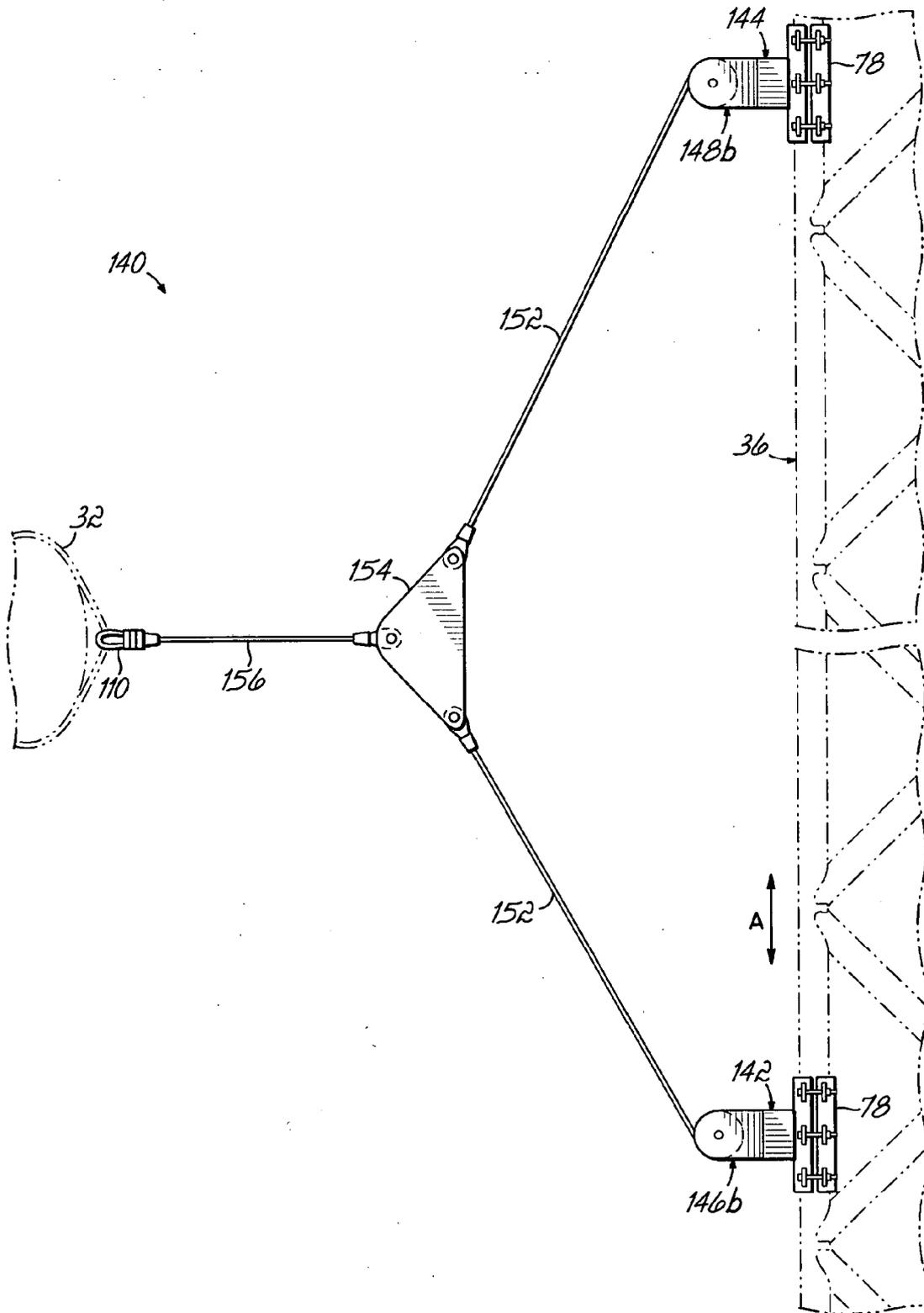


FIG. 5B

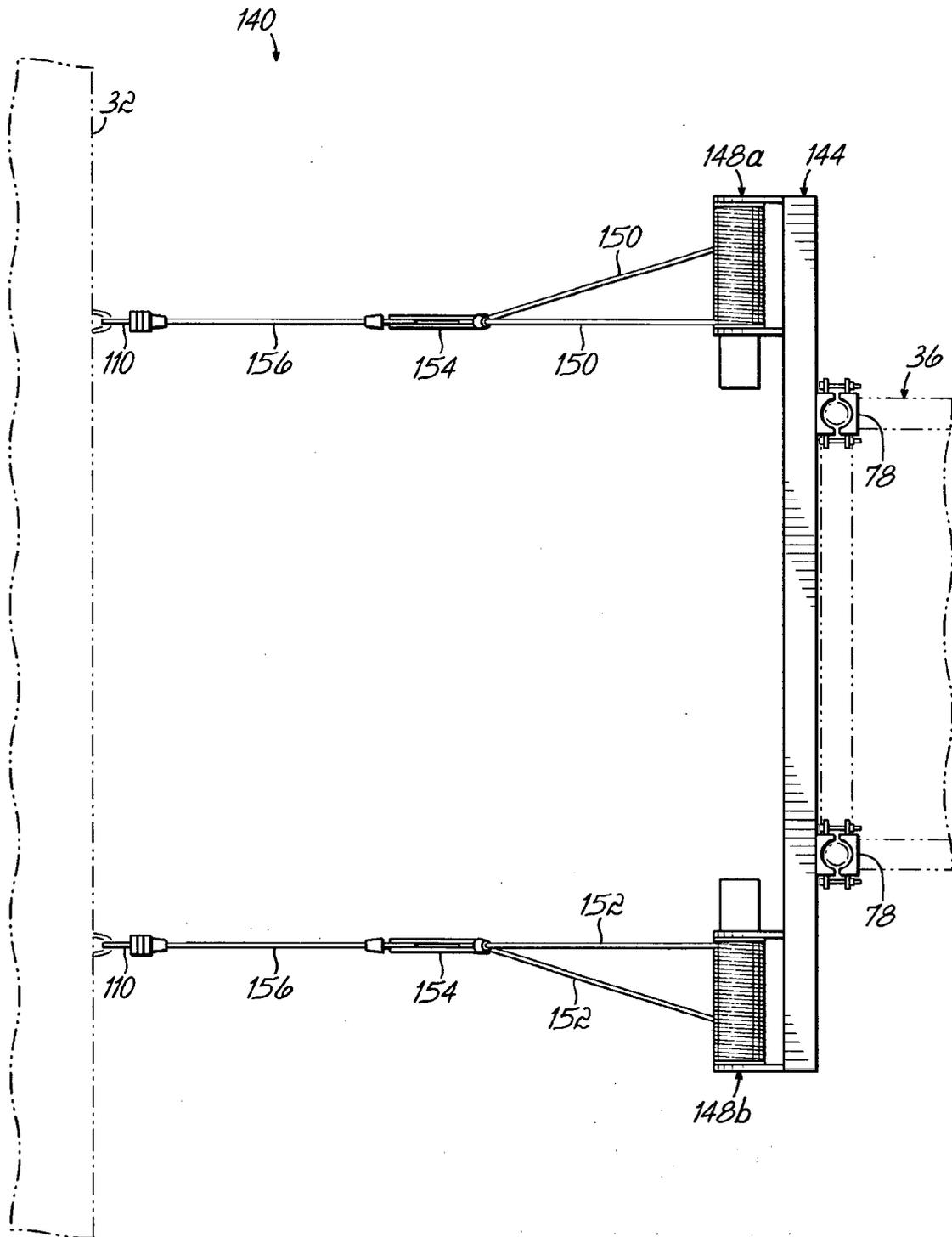


FIG. 5C

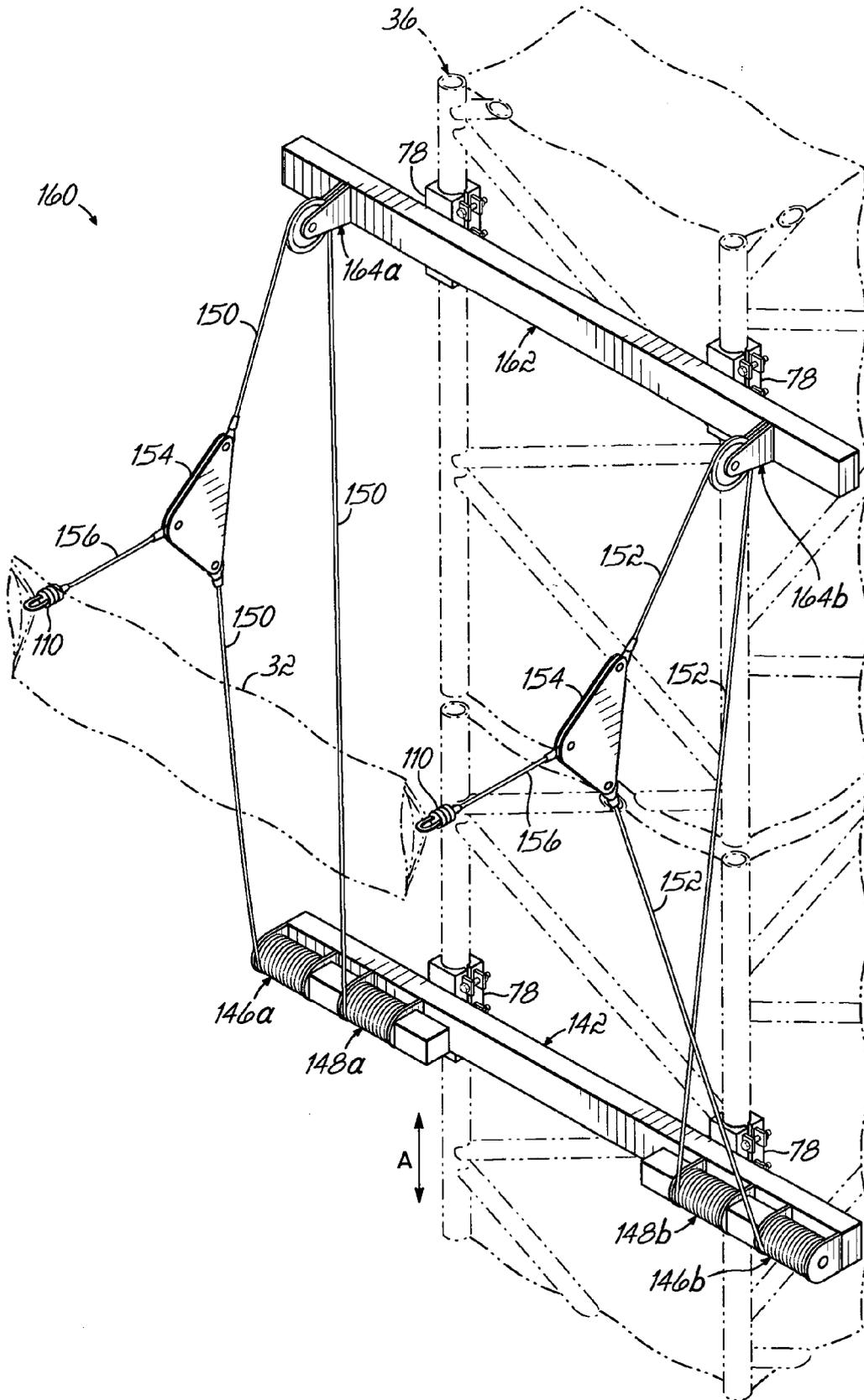


FIG. 6A

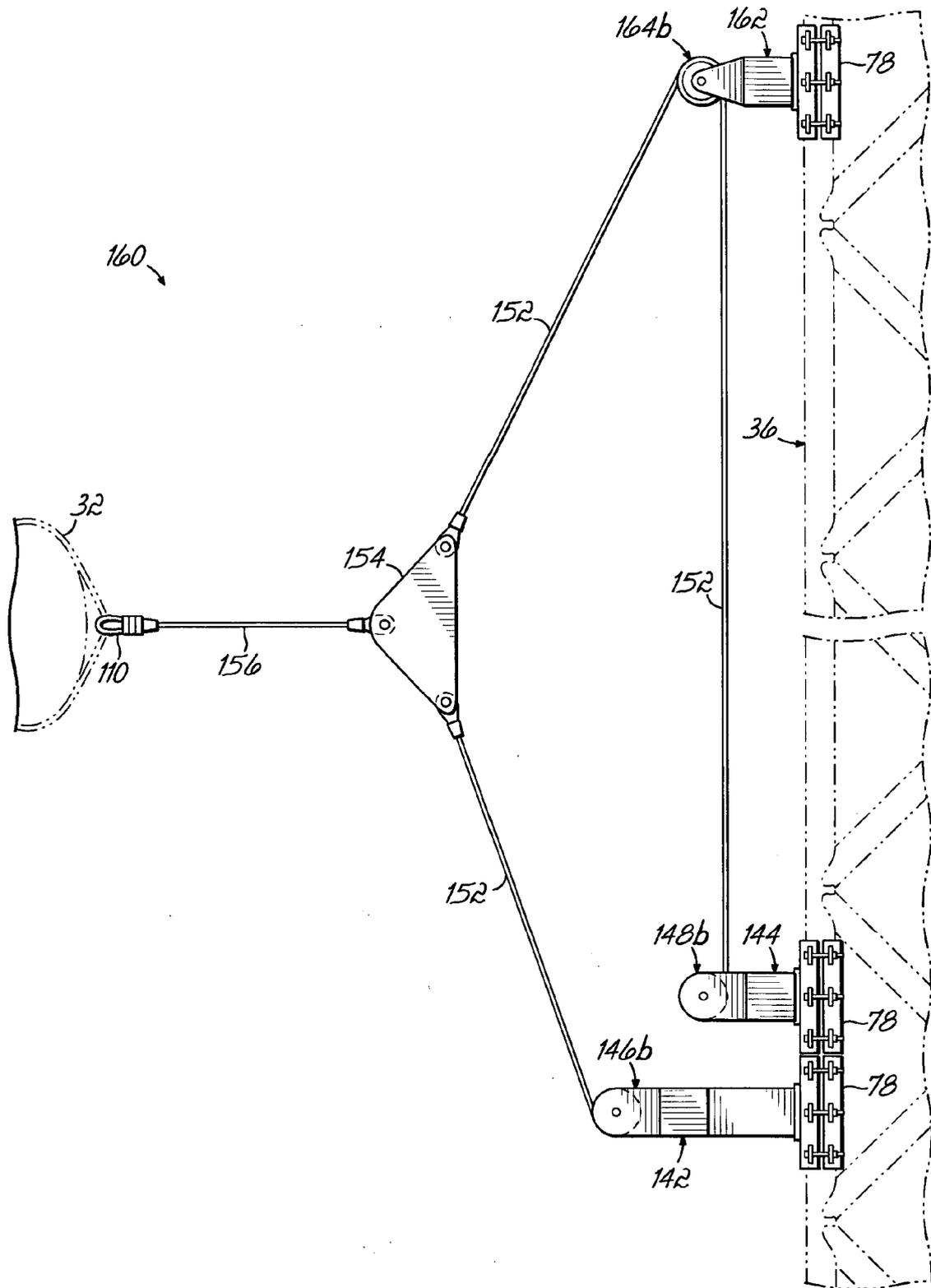


FIG. 6B

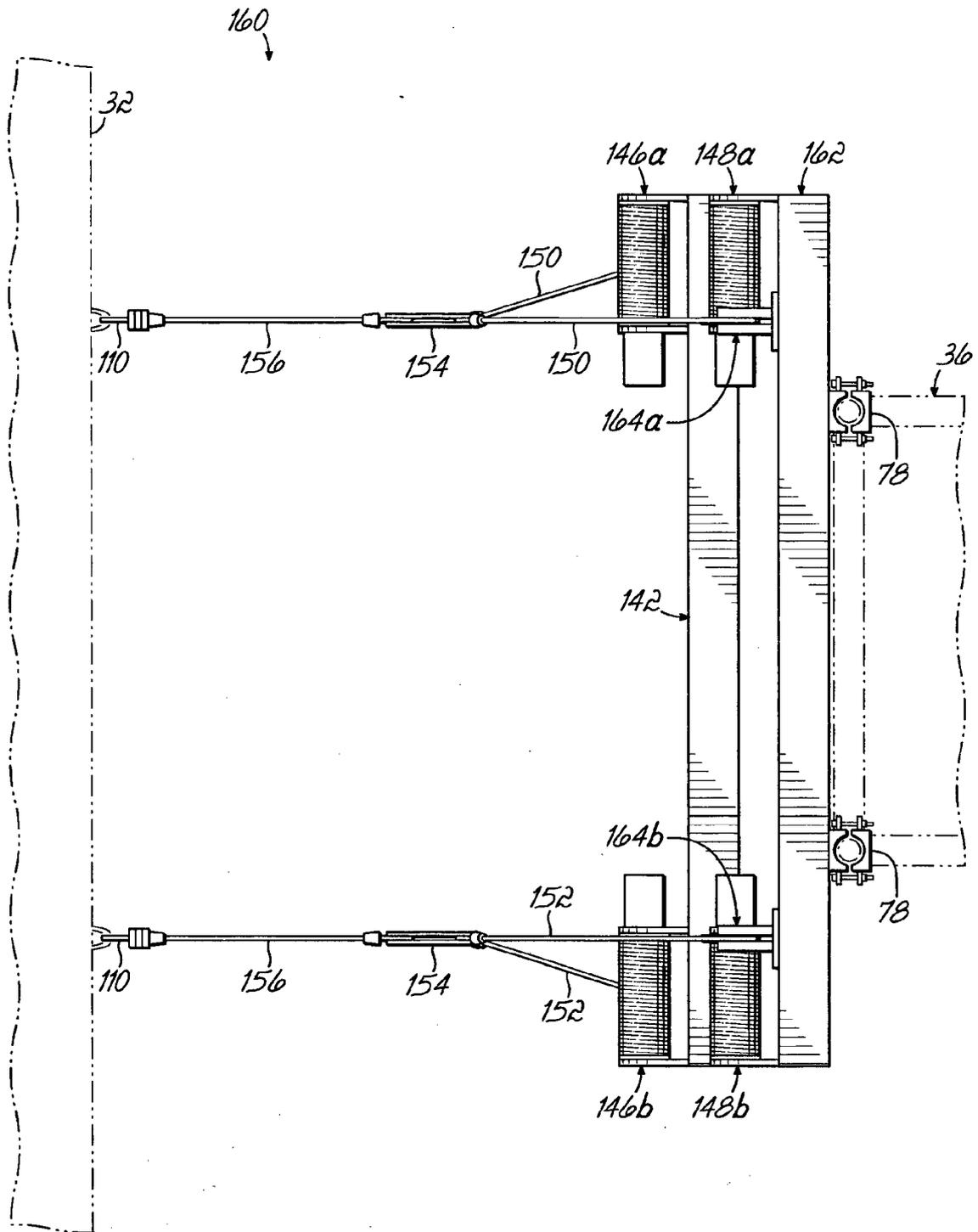


FIG. 6C

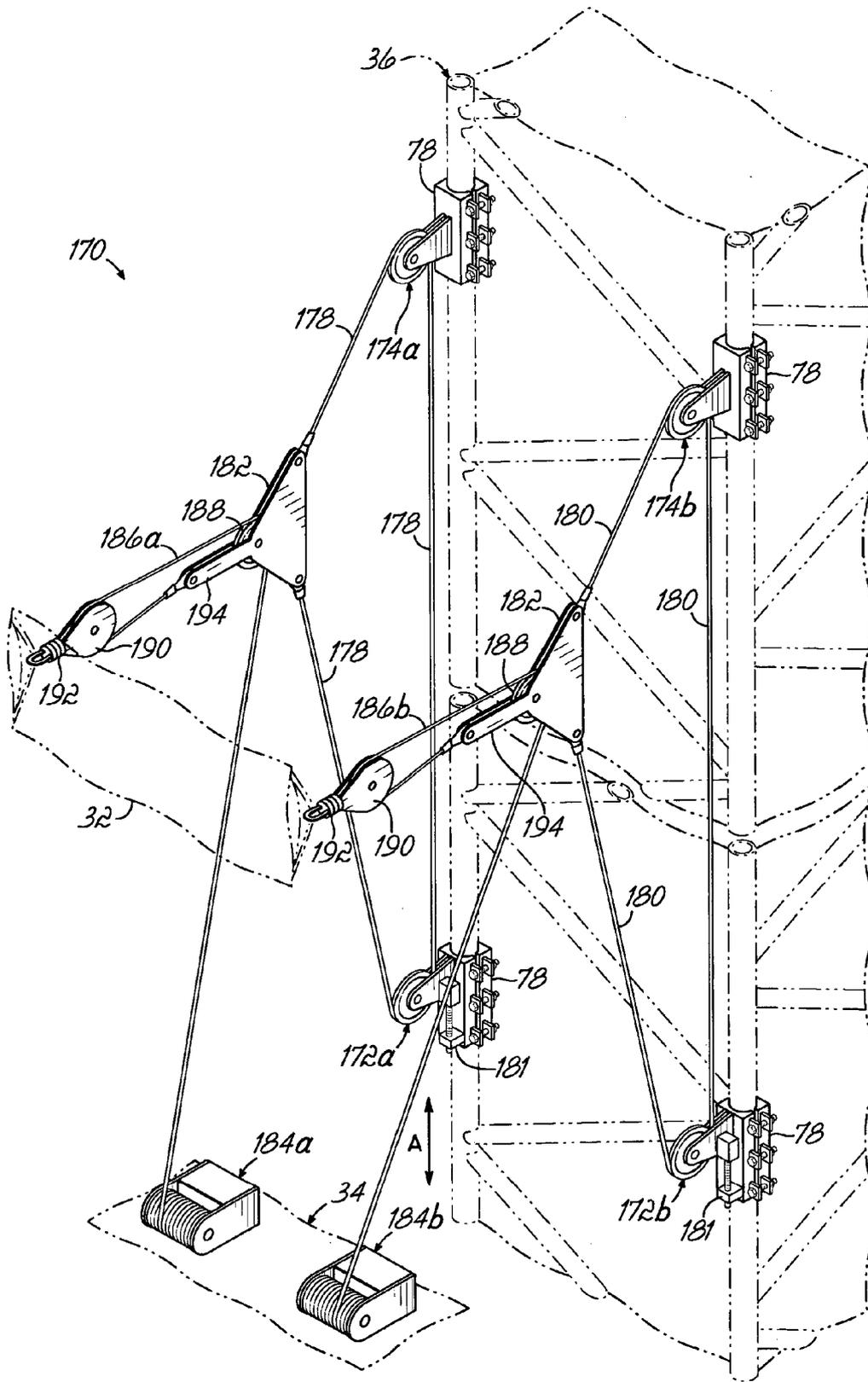


FIG. 7A

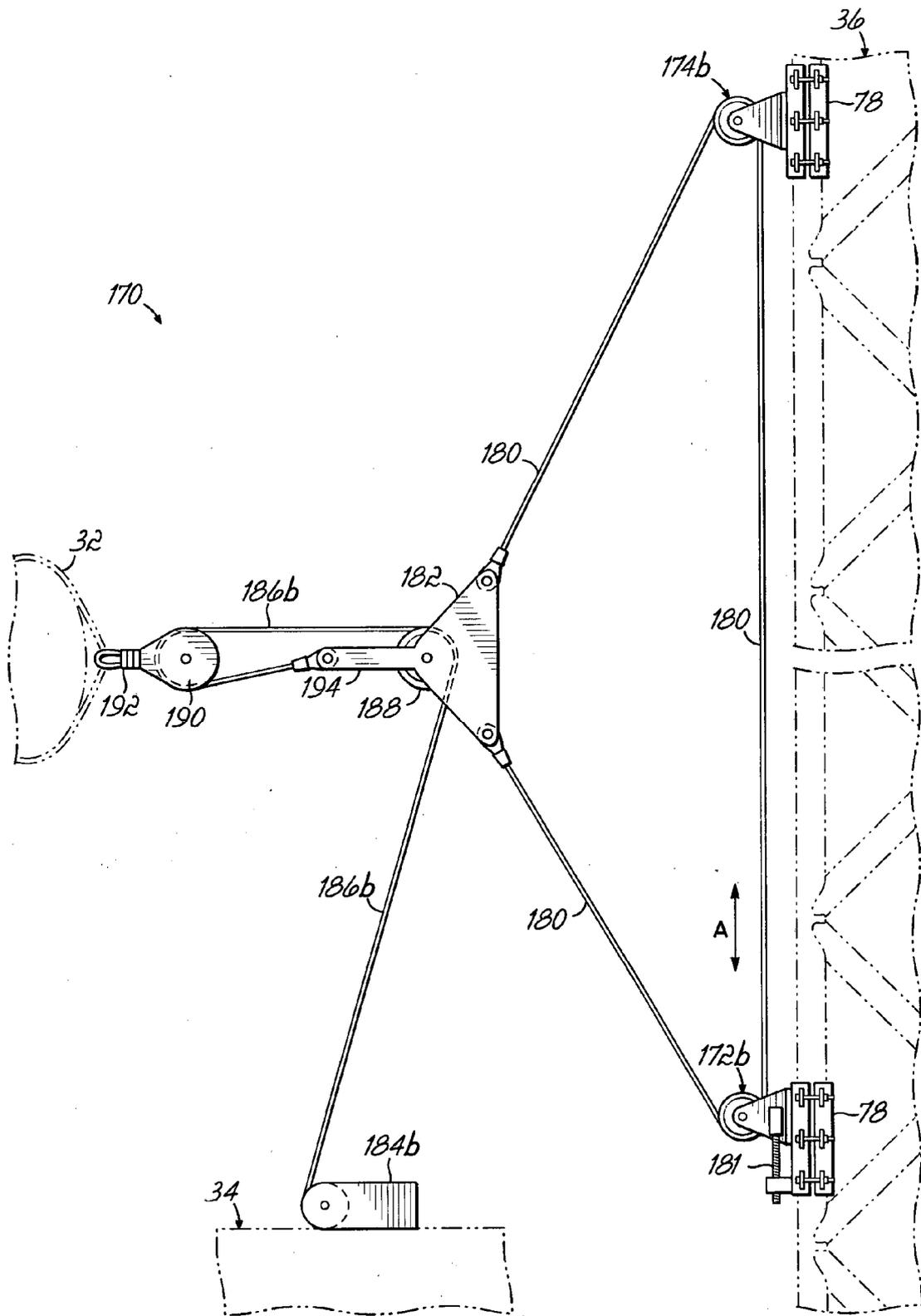


FIG. 7B

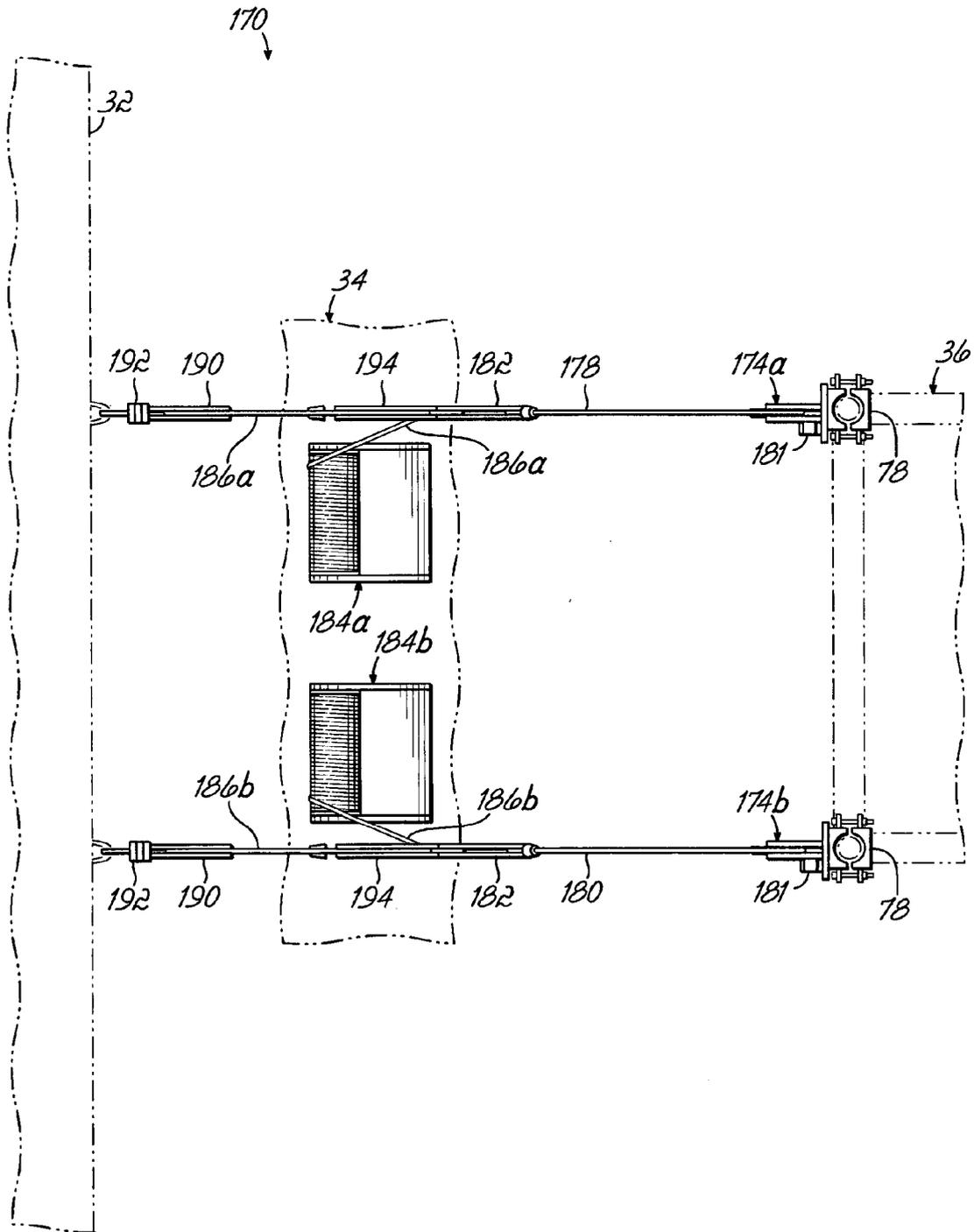


FIG. 7C

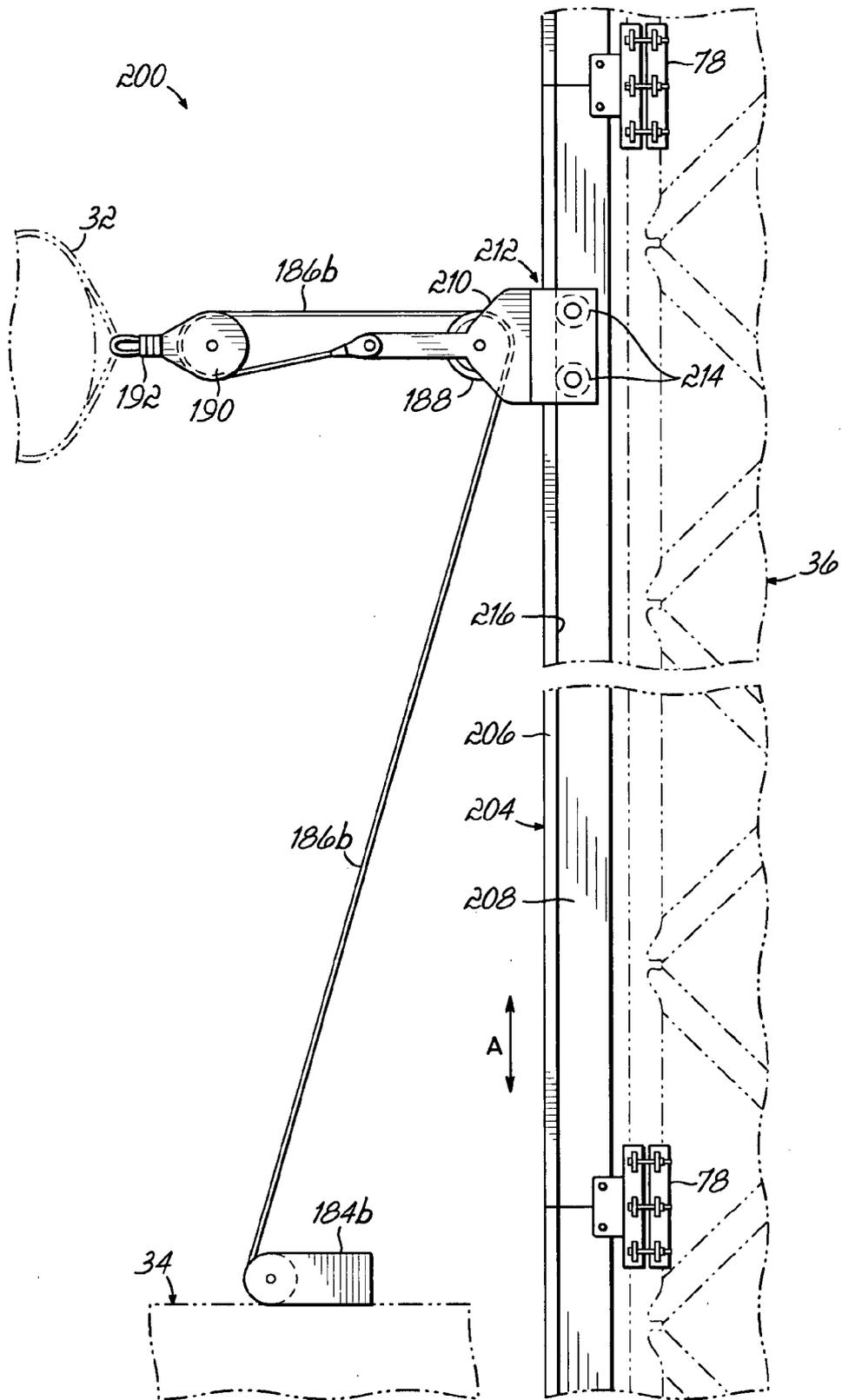


FIG. 8A

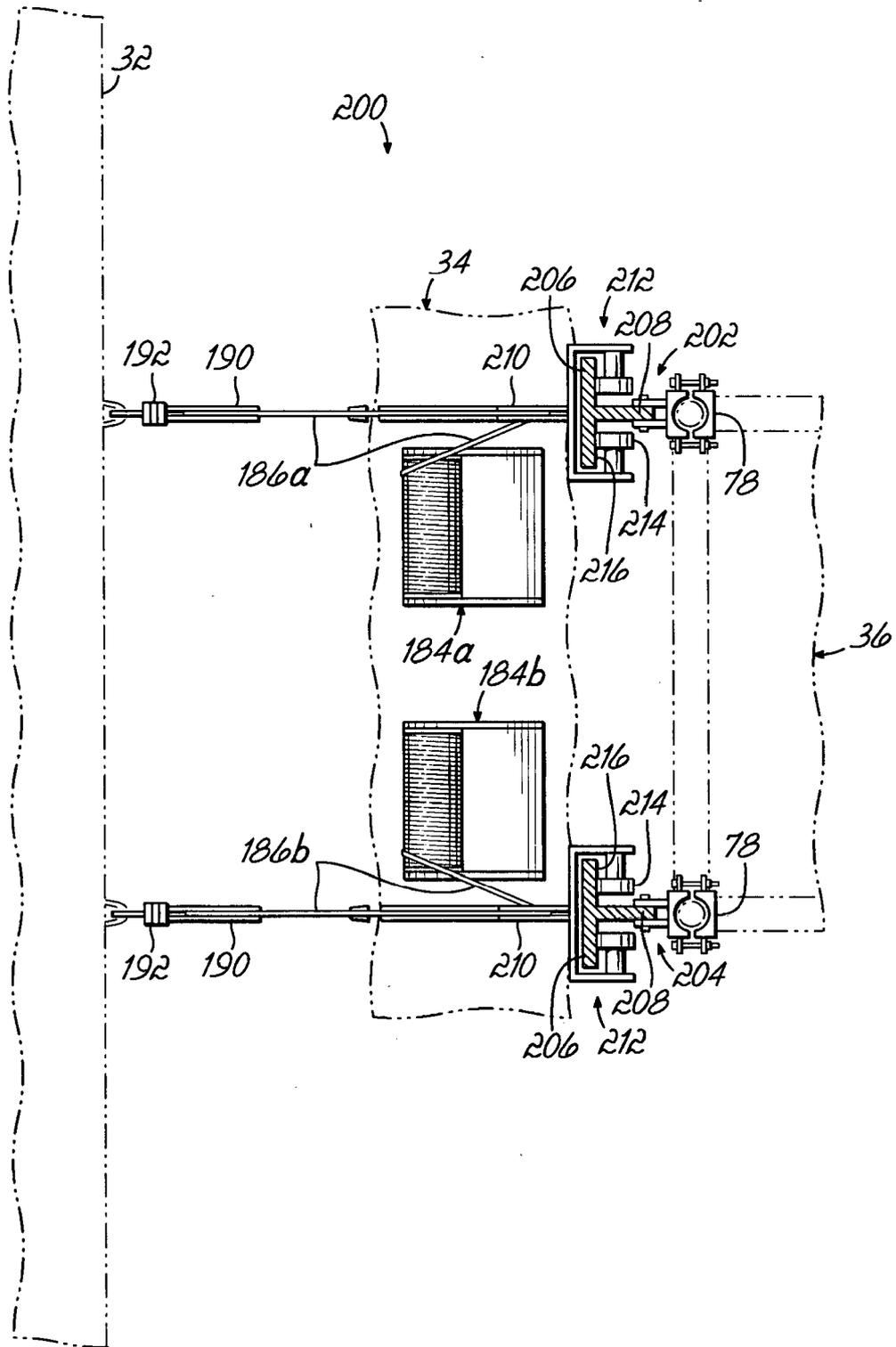


FIG. 8B

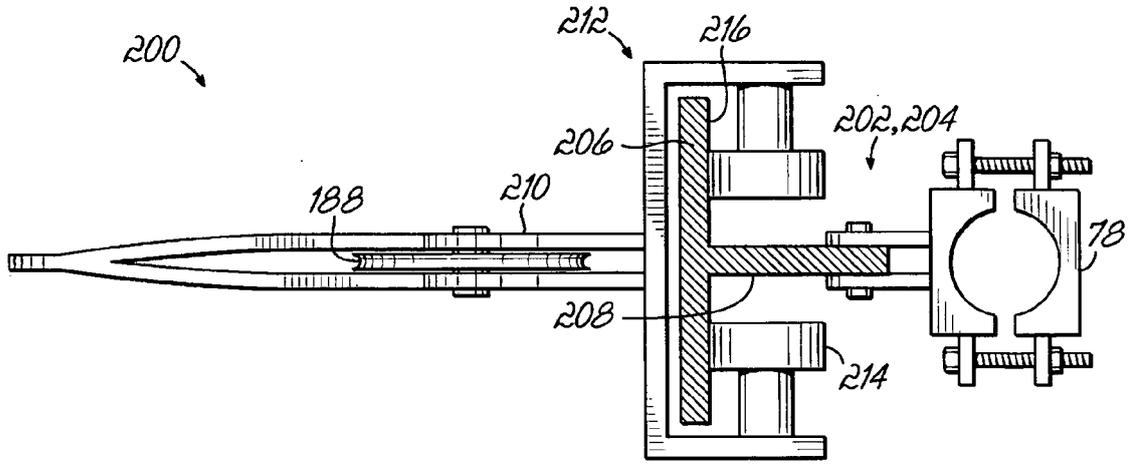


FIG. 8C

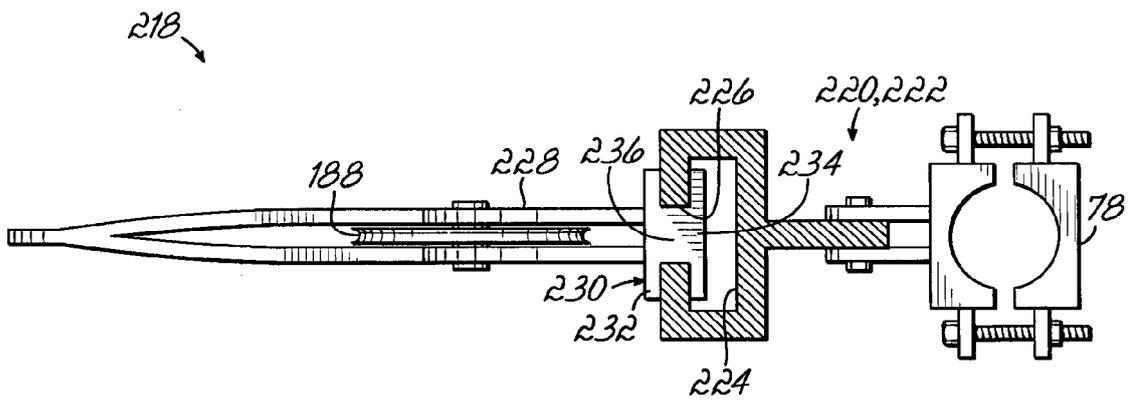


FIG. 9A

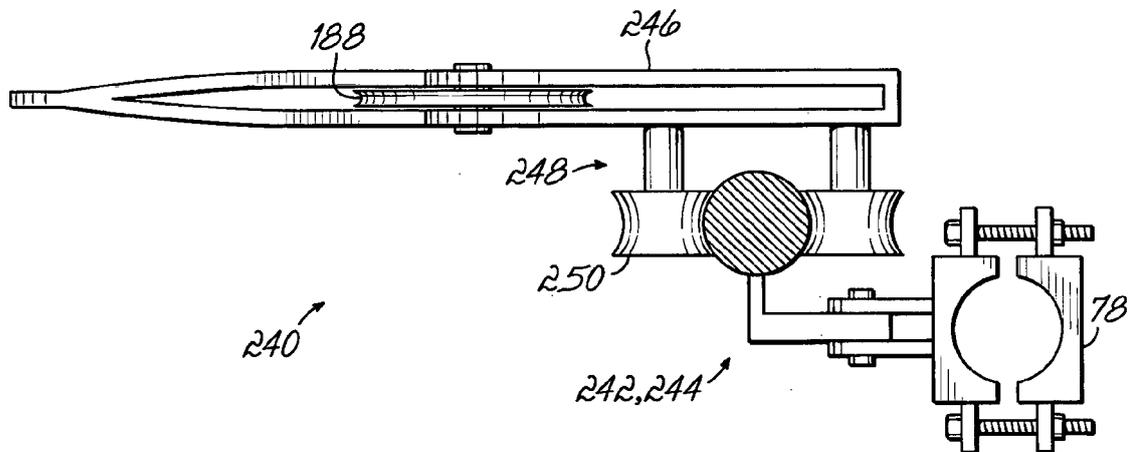


FIG. 9B

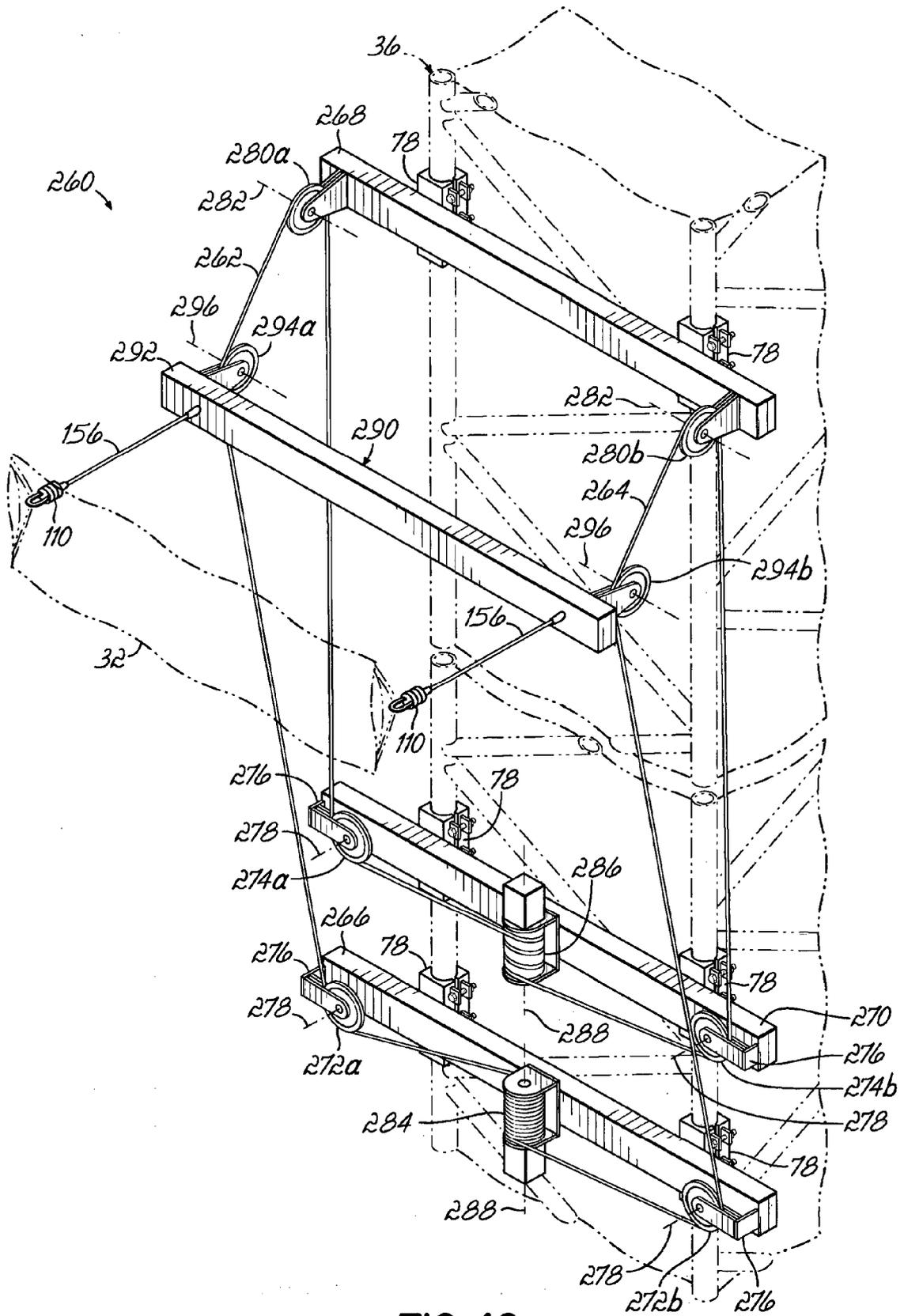


FIG. 10