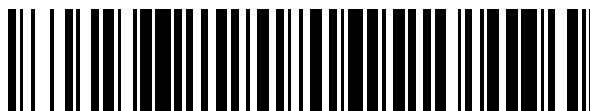


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 170**

51 Int. Cl.:

E02D 27/52	(2006.01)	F03D 13/20	(2006.01)
B63B 35/44	(2006.01)		
B63B 1/10	(2006.01)		
B63B 5/14	(2006.01)		
B63B 1/12	(2006.01)		
B63B 5/20	(2006.01)		
B63B 5/22	(2006.01)		
B63B 21/50	(2006.01)		
E02B 17/00	(2006.01)		
B63B 1/04	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.04.2013 PCT/US2013/036596**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.10.2013 WO13155521**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2013 E 13775201 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 2836708**

54 Título: **Plataforma de turbina eólica flotante y método de montaje**

30 Prioridad:

13.04.2012 US 201261624050 P

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

22.10.2019

73 Titular/es:

**UNIVERSITY OF MAINE SYSTEM BOARD OF TRUSTEES (100.0%)
15 Estabrooke Drive
Orono, ME 04469, US**

72 Inventor/es:

**DAGHER, HABIB, J.;
VISELLI, ANTHONY, M. y
GOUPEE, ANDREW**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 728 170 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

Plataforma de turbina eólica flotante y método de montaje

Referencia cruzada a aplicaciones relacionadas

Antecedentes

- 5 En el presente documento se describen diversas realizaciones de una plataforma de turbina eólica. En particular, las realizaciones descritas en este documento se relacionan con una plataforma de turbina eólica flotante mejorada para uso en grandes cuerpos de agua.

10 Las turbinas eólicas para convertir la energía eólica en energía eléctrica son conocidas y proporcionan una fuente de energía alternativa para las compañías de energía. En tierra, grandes grupos de turbinas eólicas, a menudo numerados en los cientos de turbinas eólicas, pueden colocarse juntos en un área geográfica. Estos grandes grupos de turbinas eólicas pueden generar niveles de ruido indeseablemente altos y pueden considerarse estéticamente desagradables. Es posible que no se disponga de un flujo de aire óptimo para estas turbinas eólicas terrestres debido a obstáculos tales como colinas, bosques y edificios.

15 Los grupos de turbinas eólicas también pueden ubicarse en alta mar, pero cerca de la costa en lugares donde las profundidades del agua permiten que las turbinas eólicas se unan de manera fija a una base en el lecho marino. En el océano, es probable que el flujo de aire hacia las turbinas eólicas no se vea afectado por la presencia de diversos obstáculos (es decir, como colinas, bosques y edificios) que resultan en velocidades de viento medias más altas y más potencia. Las bases requeridas para instalar turbinas eólicas en el lecho marino en estos lugares cercanos a la costa son relativamente caros, y solo se pueden lograr a profundidades relativamente poco profundas, como una profundidad de hasta unos 25 metros.

20 El Laboratorio Nacional de Energía Renovable de los Estados Unidos ha determinado que los vientos que se alejan de la línea costera de los Estados Unidos sobre aguas que tienen profundidades de 30 metros o más, tienen una capacidad de energía de aproximadamente 3,200 TWh/año. Esto equivale a aproximadamente el 90 por ciento del uso total de energía en los Estados Unidos de aproximadamente 3,500 TWh/año. La mayor parte del recurso eólico marino reside entre 37 y 93 kilómetros mar adentro, donde el agua tiene más de 60 metros de profundidad. Las bases fijas para turbinas eólicas en aguas tan profundas no son factibles económicamente. Esta limitación ha llevado al desarrollo de plataformas flotantes para turbinas eólicas. Las plataformas de turbinas eólicas flotantes conocidas se forman a partir de acero y se basan en tecnología desarrollada por la industria de petróleo y gas en alta mar. Sin embargo, sigue habiendo una necesidad en la técnica, de plataformas mejoradas para aplicaciones de turbinas eólicas flotantes.

25 El documento GB2378679A divulga una estructura de soporte flotante que comprende un casco impermeable, una base de gravedad o de succión que comprende uno o más componentes ubicados en el lecho marino y uno o más dispositivos de flotabilidad conectados a dicho casco impermeable y configurados para proporcionar flotabilidad excesiva y estabilidad adicional.

35 El documento WO2009/087200A2 divulga un marco de soporte de base flotante para estructuras marinas que comprende una pluralidad de elementos de flotabilidad los cuales están dispuestos en el exterior de un marco de soporte de tipo barra el cual a su vez está conectado a elementos de lastre a través de cables.

40 El documento WO2011/137903A2 divulga un sistema de turbina eólica múltiple semisumergido para uso en la producción de energía eólica marina, lo que implica que es un sistema flotante con medios para mantener una posición permanente en el mar.

El documento GB2159468A divulga un casco en alta mar adaptado para ser utilizado donde se esperan condiciones climáticas extremas, la parte de la estructura que entra en contacto directo con el agua de mar se fabrica a partir de hormigón, preferiblemente en forma de elementos pretensados, a la vez que la cubierta de trabajo está hecha como una estructura de acero.

45 El documento GB2344843A divulga un sistema de seguridad por gravedad para una pieza de equipo de generación en alta mar, tal como una turbina eólica que consiste en patas de gravedad dispuestas en forma de estrella en el lecho marino y conectadas a un mástil estabilizado por cables tensados. Estos últimos están unidos a las patas en puntos a lo largo de su longitud.

Resumen de la invención

- 50 La presente solicitud describe diversas realizaciones de una plataforma de turbina eólica flotante.

De acuerdo con esta invención, se proporciona una plataforma de turbina eólica semisumergible como se define en la reivindicación 1 de las reivindicaciones adjuntas.

De acuerdo con esta invención, también se proporciona un método para ensamblar una plataforma de turbina eólica flotante como se define en la reivindicación 9 de las reivindicaciones adjuntas.

Diversas ventajas de esta invención se harán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada de la realización preferida, cuando se lea a la luz de los dibujos que se acompañan.

5 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista en alzado de una plataforma de turbina eólica flotante tipo baliza.

La Figura 1A es una vista ampliada de una parte de la plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra en la Figura 1, que muestra una turbina eólica de eje vertical.

10 La Figura 2 es una vista ampliada, parcialmente en sección, de la plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra en la Figura 1 parcialmente espaciada y que muestra una realización de una unión de conexión entre la torre y el casco.

La Figura 3A es una vista en alzado en sección transversal de una parte de la unión de conexión.

La Figura 3B es una vista en alzado en sección transversal de una parte de una segunda unión de conexión.

La Figura 3C es una vista en alzado en sección transversal de una parte de una tercera unión de conexión.

15 La Figura 3D es una vista en alzado en sección transversal de una parte de una cuarta unión de conexión.

La Figura 3E es una vista en alzado en sección transversal de una parte de una quinta unión de conexión.

La Figura 3F es una vista en alzado en sección transversal de una parte de una sexta unión de conexión.

La Figura 3G es una vista en alzado en sección transversal de una porción de una séptima unión de conexión.

La Figura 3H es una vista en alzado en sección transversal de una parte de una octava unión de conexión.

20 La Figura 3I es una vista en alzado en sección transversal de una parte de una novena unión de conexión.

La Figura 3J es una vista en alzado en sección transversal de una parte de una décima unión de conexión.

La Figura 3K es una vista en alzado en sección transversal de una parte de una decimoprimer unión de conexión.

La Figura 3L es una vista en alzado en sección transversal de una parte de una decimosegunda unión de conexión.

La Figura 4 es una vista en alzado en sección transversal de una parte de una decimotercera unión de conexión.

25 La Figura 5 es una vista en perspectiva de un ejemplo alternativo de la torre que se ilustra en la Figura 1.

La Figura 6 es una vista en alzado del casco que se ilustra en la Figura 1.

La Figura 6A es una vista en alzado ampliada en sección transversal de la unión de conexión que se ilustra en la Figura 6.

30 La Figura 6B es una vista en alzado ampliada en sección transversal de un ejemplo alternativo del primer extremo del casco que se ilustra en la Figura 6.

La Figura 7 es una vista en perspectiva de un segundo ejemplo del casco que se ilustra en la Figura 1.

La Figura 8 es una vista en alzado de un ejemplo de una plataforma de turbina eólica compuesta flotante.

La Figura 9 es una vista en planta superior de la plataforma del casco que se ilustra en la Figura 8.

35 La Figura 10 es una vista en alzado de un segundo ejemplo de la plataforma de turbina eólica compuesta flotante que se ilustra en la Figura 8, que muestra un ejemplo alternativo de la plataforma del casco.

La Figura 11 es una vista en alzado de un tercer ejemplo de una plataforma de turbina eólica compuesta flotante.

La Figura 12 es una vista en alzado de un cuarto ejemplo de una plataforma de turbina eólica compuesta flotante.

La Figura 13 es una vista en alzado de un quinto ejemplo de una plataforma de turbina eólica compuesta flotante.

40 La Figura 14 es una vista en alzado de un sexto ejemplo de una plataforma de turbina eólica compuesta flotante, que muestra una plataforma de pontones.

- La Figura 15 es una vista en alzado de la plataforma de pontón que se ilustra en la Figura 14, que muestra una torreta giratoria.
- La Figura 16 es una vista en planta superior de un segundo ejemplo de la plataforma de pontón que se ilustra en la Figura 14.
- 5 La Figura 17 es una vista en perspectiva de una tercera realización de la plataforma de pontón que se ilustra en la Figura 14.
- La Figura 18A es una vista en planta superior en sección transversal de una parte de una unión entre el pontón y el miembro estructural de la plataforma de pontón que se ilustra en la Figura 17.
- 10 La Figura 18B es una vista en planta superior en sección transversal de una parte de la unión entre el pontón y el miembro estructural de la plataforma de pontón que se ilustra en la Figura 17.
- La Figura 19 es una vista en alzado de un ejemplo alternativo de la plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra en la Figura 1.
- La Figura 20 es una vista en alzado en sección transversal de una parte de la torre que se ilustra en la Figura 1.
- La Figura 21 es una vista en perspectiva de la plataforma de pontón que se ilustra en la Figura 14.
- 15 La Figura 22 es una vista en perspectiva de la realización de una plataforma de turbina eólica flotante montada y desplegada de acuerdo con el método de la invención.
- La Figura 23A es una vista en planta de un miembro de ala en una barcaza.
- La Figura 23B es una vista en alzado lateral del miembro de ala en una barcaza que se muestra en la Figura 23A.
- 20 La Figura 24A es una primera vista en planta de una segunda etapa de la primera fase del método de montaje y despliegue de la plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra en la Figura 1.
- La Figura 24B es una vista en planta de la segunda etapa de la primera fase del método de ensamblar en segundo lugar y desplegar la plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra en la Figura 1, que muestra la construcción de la pieza central en andamiaje.
- 25 La Figura 24C es una tercera vista en planta de la segunda etapa de la primera fase del método de montaje y despliegue de la plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra en la Figura 1, que muestra la pieza central con el andamiaje removido.
- La Figura 25 es una vista en alzado lateral de la parte de la plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra en las Figuras 24A, 24B y 24C, que muestran las barcasas que se están retirando.
- 30 La Figura 26A es una vista en planta de una primera etapa de la segunda fase del método de montaje y despliegue de la plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra en la Figura 1, que muestra la base flotante cerca de un muelle.
- La Figura 26B es una primera vista lateral en alzado de la primera etapa de la segunda fase del método de montaje y despliegue de la plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra en la Figura 26A, que muestran las columnas que se forman.
- 35 La Figura 26C es una segunda vista en alzado lateral de la primera etapa de la segunda fase del método de montaje y despliegue de la plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra en las Figuras 26A y 26B, que muestran las columnas y los puntales que se forman.
- La Figura 27A es una primera vista lateral en alzado de la segunda etapa de la segunda fase del método de montaje y despliegue de la plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra en las Figuras 26A, 26B y 26C, que muestran la columna central completada.
- 40 La Figura 27B es una segunda vista en alzado lateral de la segunda etapa de la segunda fase del método de montaje y despliegue de la plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra en las Figuras 26A, 26B y 26C, que muestran los puntales que se completan.
- La Figura 28A es una primera vista lateral en alzado de la tercera etapa de la segunda fase del método de montaje y despliegue de la plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra en las Figuras 26A a 27B, que muestran las columnas exteriores que se completan.
- 45 La Figura 28B es una segunda vista en alzado lateral de la tercera etapa de la segunda fase del método de montaje y despliegue de la plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra en las Figuras 26A a 27B, que muestran las columnas exteriores completadas.

La Figura 29 es una vista en alzado lateral de la cuarta etapa de la segunda fase del método de montaje y despliegue de la plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra en las Figuras 26A a 28B, que muestran las vigas superiores completadas.

5 La Figura 30 es una vista en perspectiva de una primera etapa de un segundo método de montaje y despliegue de la plataforma de turbina eólica flotante.

Las Figuras 31 a 39 son vistas en perspectiva de etapas posteriores de la segunda realización del método de montaje y despliegue de la plataforma de turbina eólica flotante.

La Figura 40 es una vista en perspectiva de una etapa final del método de montaje y despliegue de la plataforma de turbina eólica flotante.

10 La Figura 41 es una vista en planta de tres miembros de ala apoyados por dos barcasas.

La Figura 42 es una vista en alzado en sección transversal que ilustra aspectos estructurales de elementos de la plataforma.

Figura 43 en una vista en planta de un dispositivo de generación de viento completado.

La Figura 44 es una vista en perspectiva de una piedra angular inferior.

15 La Figura 45 es una vista en planta en sección transversal de la parte inferior de una base que tiene cuatro alas.

Descripción detallada

20 La presente invención se describirá ahora con referencia ocasional a las realizaciones que se ilustran de la invención. Sin embargo, esta invención puede realizarse en diferentes formas y no debe interpretarse como limitada a las realizaciones expuestas en este documento, ni en ningún orden de preferencia. Más bien, estas realizaciones se proporcionan para que esta divulgación sea más completa y transmita el alcance de la invención a los expertos en la técnica.

25 A menos que se defina lo contrario, todos los términos técnicos y científicos usados en este documento tienen el mismo significado que entiende comúnmente un experto en la técnica a la cual pertenece esta invención. La terminología utilizada en la descripción de la invención en este documento es solo para describir realizaciones particulares y no pretende ser limitativa de la invención. Tal como se utiliza en la descripción de la invención y las reivindicaciones adjuntas, las formas singulares “un”, “una”, “el”, “la”, “los”, “las” pretenden también incluir las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

30 A menos que se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades de ingredientes, propiedades como el peso molecular, las condiciones de reacción, etcétera, de acuerdo como se utilizan en la especificación y las reivindicaciones, deben entenderse como modificados en todos los casos por el término “aproximadamente”. Por consiguiente, a menos que se indique lo contrario, las propiedades numéricas definidas en la especificación y las reivindicaciones son aproximaciones que pueden variar dependiendo de las propiedades deseadas que se buscan obtener en realizaciones de la presente invención. A pesar de que los rangos numéricos y los parámetros que definen el amplio alcance de la invención son aproximaciones, los valores numéricos definidos en los ejemplos específicos se informan con la mayor precisión posible. Sin embargo, cualquier valor numérico contiene inherentemente ciertos errores que resultan necesariamente del error encontrado en sus respectivas mediciones.

35 Las realizaciones de la invención divulgadas a continuación en general proporcionan mejoras a diversos tipos de plataformas de turbinas eólicas flotantes, tales como plataformas de tipo baliza, plataformas de tipo patas de tensión y plataformas de tipo semisumergible. La invención incluye mejoras a diversos tipos de plataformas de turbinas eólicas flotantes, que incluye la construcción de componentes de las plataformas de turbinas eólicas flotantes con materiales seleccionados para reducir el coste total de las plataformas de turbinas eólicas flotantes.

40 Con referencia a los dibujos, en particular a la Figura 1, se muestra una primera plataforma 10 de turbina eólica compuesta flotante anclada al lecho S marino. La plataforma 10 de turbina eólica flotante que se ilustra es una plataforma de tipo baliza, balasto estabilizada e incluye una torre 12 unida a un casco 14 en una unión 16 de conexión. Las líneas 18 de amarre se unen al casco 14 y se anclan aún más al lecho S marino mediante anclajes 19. Una turbina 45 20 eólica está montada en la torre 12.

Una plataforma de tipo baliza mantiene su estabilidad a flote manteniendo su centro de gravedad por debajo de su centro de flotabilidad. Esta relación del centro de gravedad que está por debajo del centro de flotabilidad se puede lograr llenando un casco o tubo largo y pesado con lastre que comprende agua y material denso, como rocas.

50 En los ejemplos que se ilustran en el presente documento, la turbina 20 eólica es una turbina eólica de eje horizontal. Alternativamente, la turbina eólica puede ser una turbina eólica de eje vertical, como se muestra en 20' en la Figura 1A. El tamaño de la turbina 20 variará de acuerdo con las condiciones del viento en el lugar donde se ancla la plataforma 10 de turbina eólica flotante y la potencia de salida deseada. Por ejemplo, la turbina 20 puede tener una

potencia de aproximadamente 5 MW. Alternativamente, la turbina 20 puede tener una salida dentro del rango de aproximadamente 1 MW a aproximadamente 10 MW.

5 La turbina 20 eólica incluye un repartidor 22 giratorio. Al menos una pala 24 de rotor está acoplada y se extiende hacia afuera a partir del repartidor 22. El repartidor 22 está acoplado de manera giratoria a un generador eléctrico (no se muestra). El generador eléctrico puede acoplarse a través de un transformador (no se muestra) y un cable 26 de alimentación submarino a una red eléctrica (no se muestra). En la realización que se ilustra, el rotor tiene tres palas 24 de rotor. En otras realizaciones, el rotor puede tener más o menos de tres palas 24 de rotor.

10 En el ejemplo que se ilustra, la torre 12 se forma como un tubo y se fabrica a partir de material compuesto de polímero reforzado con fibra (FRP). Los ejemplos no limitantes de otros materiales compuestos adecuados incluyen vidrio y FRP de carbono. La torre también se puede formar a partir de un material laminado compuesto como se muestra en 312 en la Figura 20. La torre 312 que se ilustra incluye una primera capa 314 compuesta FRP, una segunda capa 316 compuesta FRP y un núcleo 318 de espuma. Alternativamente, la torre 12 se puede formar de hormigón o acero de la misma manera que el casco 14, que se describe en detalle a continuación. Adicionalmente, la torre 12 puede estar formada de acero.

15 El interior de la torre 12 define una cavidad 13 entre un primer extremo 12A (extremo inferior al ver la Figura 1) y un segundo extremo 12B (extremo superior al ver la Figura 1). Como se muestra mejor en la Figura 2, se forma una brida 12F que se extiende radialmente hacia el afuera en el primer extremo 12A de la torre 12, como se muestra mejor en la Figura 1A. La brida 12F que se extiende radialmente define una parte de la unión 16 de conexión.

20 La cavidad 13 de la torre 12 se puede rellenar con espuma u hormigón para mayor rigidez. En la realización que se ilustra, la espuma F se muestra llenando una porción de la cavidad 13 de la torre 12. Alternativamente, la espuma F, u hormigón (no se muestra), puede llenar toda la cavidad 13 de la torre 12 a partir del primer extremo 12A hasta el segundo extremo 12B. Un ejemplo no limitativo de una espuma adecuada incluye poliuretano. También se puede usar un material suficientemente rígido que no sea espuma y hormigón para llenar o llenar parcialmente la cavidad 13 de la torre 12.

25 Ventajosamente, la torre 12 formada a partir de material compuesto como se describe anteriormente tendrá una masa reducida por encima de una línea de flotación WL con respecto a una torre de acero convencional. Debido a que la torre 12 compuesta FRP tiene una masa reducida, puede reducirse también la masa del casco 14 (por ejemplo, el peso propio y el lastre, que se describen en detalle más adelante) requerida por debajo de la línea de flotación WL para mantener la estabilidad de la plataforma 10 de turbina eólica flotante. Esto reducirá el coste total del dispositivo de generación eólica. Como se usa en este documento, la línea de flotación se define como la línea aproximada donde la plataforma 10 de turbina eólica flotante se encuentra con la superficie del agua.

30 La torre 12 puede tener cualquier diámetro exterior y altura adecuados. En la realización que se ilustra, el diámetro exterior de la torre 12 se estrecha a partir de un diámetro de aproximadamente 6 metros en el primer extremo 12A hasta un diámetro de aproximadamente 4 metros en el segundo extremo 12B. Alternativamente, el diámetro exterior de la torre 12 puede ser cualquier otro diámetro deseado, tal como dentro del intervalo de aproximadamente 3 metros a aproximadamente 12 metros. En el ejemplo que se ilustra, la altura de la torre 12 es de unos 90 metros. Alternativamente, la altura de la torre 12 puede estar dentro del rango de unos 50 metros a unos 140 metros.

35 En el ejemplo que se ilustra, el casco 14 se forma como un tubo y se fabrica a partir de hormigón reforzado. El interior del casco 14 define una cavidad 15 entre un primer extremo 14A (extremo inferior al ver la Figura 1) y un segundo extremo 14B (extremo superior al ver la Figura 1). Se puede utilizar cualquier proceso deseado para fabricar el casco 14, tal como un proceso de hormigón hilado o formas de hormigón convencionales. Alternativamente, también se pueden usar otros procesos como los utilizados en la industria del hormigón prefabricado. El casco 14 puede reforzarse con cualquier miembro R de refuerzo deseado. Los ejemplos no limitativos de miembros R de refuerzo adecuados incluyen cable de acero de alta resistencia y barras de refuerzo de acero de alta resistencia o REBAR.

40 Alternativamente, el casco 14 se puede formar a partir de compuesto de FRP de la misma manera que la torre 12, descrita anteriormente. Adicionalmente, el casco 14 puede estar formado de acero.

45 El casco 14 puede tener cualquier diámetro exterior y altura adecuados. En la realización que se ilustra, el casco 14 tiene un primer diámetro D1 exterior y un segundo diámetro D2 exterior el cual es más pequeño que el primer diámetro D1 exterior. La porción del casco 14 que tiene el primer diámetro D1 exterior se extiende a partir del primer extremo 14A hasta una sección 14T de transición cónica. La porción del casco 14 que tiene el segundo diámetro D2 exterior se extiende a partir de la sección 14T de transición hasta el segundo extremo 14B. En la realización que se ilustra, el primer diámetro D1 exterior es de aproximadamente 8 metros y el segundo diámetro D2 exterior es de aproximadamente 6 metros. Alternativamente, el primer y segundo diámetros D1 y D2 exteriores del casco 14 pueden ser cualquier otro diámetro deseado, tal como dentro del rango de aproximadamente 4 metros a aproximadamente 12 metros y dentro del rango de aproximadamente 4.5 metros a aproximadamente 13 metros, respectivamente. Además, el casco 14 puede tener un diámetro exterior uniforme. En la realización que se ilustra, la altura del casco 14 es de aproximadamente 120 metros. Alternativamente, la altura del casco 14 puede ser mayor o menor que 120 metros, tal como, por ejemplo, dentro del rango de aproximadamente 50 metros a aproximadamente 150 metros.

- 5 En el segundo extremo 14B del casco 14 se forma una brida 14F que se extiende radialmente hacia el exterior, como se muestra mejor en la Figura 2. La brida 14F que se extiende radialmente define una parte de la unión 16 de conexión. Un primer extremo 14A del casco 14 está cerrado por una placa 14P. La placa 14P puede estar formada de cualquier material sustancialmente rígido adecuado, tal como el acero. Alternativamente, el primer extremo 14A del casco 14 puede estar cerrado por una placa, la cual puede formarse a partir de cualquier material sustancialmente rígido adecuado tal como acero.
- 10 En el ejemplo que se ilustra, la unión 16 de conexión se forma conectando la brida 12F y la brida 14F. En el ejemplo que se ilustra en la Figura 2, las bridas 12F y 14F están conectadas por pernos 34 y tuercas 36. Alternativamente, las bridas 12F y 14F pueden estar conectadas por cualquier otro sujetador deseado, tal como remaches, adhesivos o soldadura.
- Se entenderá que la brida 12F de la torre 12 y la brida 14F del casco 14 pueden formarse como bridas que se extienden radialmente hacia el interior de manera que los sujetadores (por ejemplo, los pernos 34 y las tuercas 36) estén instalados dentro de la torre y las cavidades 13 y 15 del casco, respectivamente.
- 15 Como se muestra en la Figura 2, la cavidad 15 del casco 14 puede rellenarse con lastre B para estabilizar la plataforma 10 de turbina eólica flotante. En la realización que se ilustra, este lastre B se muestra llenando una porción de la cavidad 15 del casco 14, tal como 1/3 inferior de la cavidad 15. Alternativamente, el lastre B puede llenar cualquier otra porción deseada de la cavidad 15 del casco 14 a partir del primer extremo 14A hasta el segundo extremo 14B. En la realización que se ilustra, el lastre B se muestra como rocas. Otros ejemplos no limitantes de material de lastre adecuado incluyen agua, chatarra de acero, mineral de cobre y otros minerales densos. También se puede usar otro material suficientemente denso como lastre para llenar o llenar parcialmente la cavidad 15 del casco 14.
- 20 El casco 14 puede prefabricarse en una ubicación distante de la ubicación donde se desplegará la plataforma 10 de turbina eólica flotante. Durante la fabricación del casco 14, los miembros R de refuerzo pueden estar pretensados. Alternativamente, durante la fabricación del casco 14, los miembros R de refuerzo pueden post-tensarse. Ventajosamente, el casco 14 de hormigón reforzado descrito anteriormente es relativamente pesado y puede requerir menos lastre B que los cascos de acero convencionales.
- 25 Un primer extremo (extremo superior al ver la Figura 1) de cada línea 18 de amarre está unido al casco 14. Un segundo extremo (extremo inferior al ver la Figura 1) de cada línea 18 de amarre está unido o anclado al lecho S marino por un anclaje 19, tal como un anclaje de succión. Alternativamente, se pueden usar otros tipos de anclajes, tal como el anclaje de arrastre, el anclaje de gravedad o el anclaje perforado. En la realización que se ilustra, las líneas 18 de amarre están configuradas como amarres catenarios. Las líneas 18 de amarre pueden estar formadas de cualquier material deseado. Los ejemplos no limitativos de material de línea de amarre adecuado incluyen cuerda o cable de acero, segmentos de cadena de acero y cuerda sintética tal como el nylon. Se entenderá que cuando las líneas 18 de amarre están flojas, como se muestra, la curva catenaria formada por las líneas de amarre presenta un ángulo de tracción menor en el ancla 19 que en el caso de las líneas 18 de amarre casi rectas. Esto mejora el rendimiento del anclaje 19.
- 30 Con referencia a la Figura 19, se muestra un segundo ejemplo de una plataforma de turbina eólica compuesta flotante en 10'. La plataforma 10' de turbina eólica flotante que se ilustra es sustancialmente similar a la plataforma de turbina eólica compuesta flotante que se muestra en 10, pero la torre 12 y el casco 14 están formados como un miembro 11 de torre/casco de una pieza. En este ejemplo, la unión 16 de conexión no es requerida. El miembro 11 de torre/casco de una pieza puede formarse a partir de material compuesto de FRP de la misma manera que la torre 12, descrita en detalle anteriormente. Alternativamente, el miembro 11 de torre/casco de una pieza puede formarse a partir de hormigón reforzado de la misma manera que el casco 14, descrito en detalle anteriormente.
- 35 El interior del miembro 11 de torre/casco define una cavidad 17 alargada dentro del miembro 11 de torre/casco de una pieza. En la realización que se ilustra, una pared 38 se extiende transversalmente dentro de la cavidad 17 y divide la cavidad 17 en una porción 13' de cavidad de la torre y una porción 15' de la cavidad del casco. Al menos una parte de la porción 13' de la cavidad de la torre puede rellenarse con espuma u hormigón (no se muestra en la Figura 19) para mayor rigidez como se describe anteriormente. Al menos una parte de la porción 15' de la cavidad del casco se puede llenar con lastre (no se muestra en la Figura 19) para estabilizar la plataforma 10' de turbina eólica flotante como se describe anteriormente.
- 40 Con referencia a las Figuras 3A a 3L, se muestran ejemplos alternativos de la unión de conexión en 16A a 16H respectivamente. Como se muestra en la Figura 3A, una parte de una primera realización alternativa de la unión de conexión se muestra en 16A. En la realización que se ilustra, la torre 12-1 y el casco 14-1 están formados de material compuesto de FRP como se describe anteriormente. Se pueden utilizar otros materiales. La unión 16A de conexión incluye una torre 12-1 y un casco 14-1. Cada uno de un par de miembros 12-1C incluye una porción 110 de collar cilíndrica y una porción 112 de brida. Los miembros 12-1C de collar pueden formarse integralmente con la torre 12-1 de material compuesto de FRP y el casco 14-1, respectivamente. En la realización que se ilustra en la Figura 3A, las porciones 112 de brida están conectadas por pernos 34 y tuercas 36. Alternativamente, las porciones 112 de brida pueden estar conectadas por cualquier otro sujetador deseado, tal como remaches, o por soldadura.
- 45
- 50
- 55

- 5 Como se muestra en la Figura 3B, una porción de un segundo ejemplo alternativo de la unión de conexión se muestra en 16B. En la realización que se ilustra, la torre 12-2 y el casco 14-2 están formados de acero como se describe anteriormente. Se forma una brida 12-2F que se extiende radialmente en el primer extremo 12-2A de la torre 12-2, y forma una brida 14-2F que se extiende radialmente en el segundo extremo 14-2B del casco 14-2. La brida 12F que se extiende radialmente define una porción de la unión 16 de conexión. En la realización que se ilustra en la Figura 3B, las bridas 12-2F y 14-2F están conectadas por pernos 34 y tuercas 36. Alternativamente, las bridas 12-2F y 14 -2F puede estar conectadas por cualquier otro sujetador deseado o por soldadura.
- 10 Como se muestra en la Figura 3C, una porción de un tercer ejemplo alternativo de la unión de conexión se muestra en 16C. En la realización que se ilustra, la unión 16C de conexión es sustancialmente idéntica a la unión 16B de conexión, excepto que la torre 12-3 y el casco 14-3 están formados de material compuesto de FRP. En la realización que se ilustra en la Figura 3C, las bridas 12-3F y 14-3F están conectadas por pernos 34 y tuercas 36. Alternativamente, las bridas 12-3F y 14-3F pueden conectarse por cualquier otro sujetador deseado o por soldadura.
- 15 Como se muestra en la Figura 3D, una porción de un cuarto ejemplo alternativo de la unión de conexión se muestra en 16D. En el ejemplo que se ilustra, la torre 12-4 y el casco 14-4 se forman a partir de material compuesto de FRP como se describe anteriormente. Cada uno de un par de miembros 12-4C de collar incluye una porción 114 de collar cilíndrica y una porción 116 de brida. La porción 114 de collar de cada uno del pares de miembros 12-4C de collar se inserta en una muesca formada en el primer extremo 12-4A de la torre 12-4 y en el segundo extremo 14-4B del casco 14-4, respectivamente. Se puede aplicar una capa de adhesivo entre los miembros 12-4C de collar y cada una de las torres 12-4 y el casco 14-4. En el ejemplo que se ilustra en la Figura 3D, las porciones 116 de brida están conectadas por pernos 34 y tuercas 36. Alternativamente, las porciones 116 de brida pueden estar conectadas por cualquier otro sujetador deseado o por soldadura.
- 20 Como se muestra en la Figura 3E, una porción de un quinto ejemplo alternativo de la unión de conexión se muestra en 16E. En el ejemplo que se ilustra, la torre 12-5 y el casco 14-5 se forman a partir de material compuesto de FRP como se describe anteriormente. Cada uno de un par de miembros 12-4C de collar incluye la porción 114 de collar cilíndrica y la porción 116 de brida. La porción 114 de collar de cada uno del par de miembros 12-4C de collar se inserta en una muesca formada en el primer extremo 12-5A de la torre 12-5 y en el segundo extremo 14-5B del casco 14-5, respectivamente. Se puede aplicar una capa de adhesivo entre los miembros 12-4C de collar y cada una de las torres 12-5 y el casco 14-5. En la realización que se ilustra en la Figura 3E, las porciones 116 de brida están conectadas por pernos 34 y tuercas 36. Alternativamente, las porciones 116 de brida pueden estar conectadas por cualquier otro sujetador deseado o por soldadura.
- 25 Como se muestra en la Figura 3F, una porción de un sexto ejemplo alternativo de la unión de conexión se muestra en 16F. En el ejemplo que se ilustra, la torre 12-6 y el casco 14-6 están formados de material compuesto de FRP como se describió anteriormente. Se forma una muesca 12-6N en el primer extremo 12-6A de la torre 12-6 y se forma una muesca 14-6N en el segundo extremo 14-6B del casco 14-6. La muesca 12-6N del primer extremo 12-6A de la torre 12-6 se inserta en la muesca 14-6N del segundo extremo 14-6B del casco 14-6 para definir una unión de solapa.
- 30 Como se muestra en la Figura 3G, una porción de un séptimo ejemplo alternativo de la unión de conexión se muestra en 16G. En el ejemplo que se ilustra, la unión 16G de conexión es sustancialmente idéntica a la unión 16F de conexión, excepto que se aplica una capa de adhesivo entre las muescas 12-7N y 14-7N.
- 35 Como se muestra en la Figura 3H, una porción de un octavo ejemplo alternativo de la unión de conexión se muestra en 16H. En el ejemplo que se ilustra, la unión 16G de conexión es sustancialmente idéntica a la unión 16F de conexión, excepto que la unión de solapa está reforzada por un perno 34 el cual se extiende a través de la unión de solapa y se sujeta por una tuerca 36.
- 40 Como se muestra en la Figura 3I, una porción de un noveno ejemplo alternativo de la unión de conexión se muestra en 16A. En el ejemplo que se ilustra, la torre 12-9 se forma a partir del material laminado compuesto como también se muestra en la Figura 20. La torre 12-9 que se ilustra incluye la primera capa 314 compuesta FRP, la segunda capa 316 compuesta FRP y el núcleo 318 de espuma. El casco no se muestra en la Figura 3I, pero puede ser cualquiera de las realizaciones del casco descritas en este documento. Un miembro 12-9C de collar incluye porciones 320 de collar cilíndricas paralelas y una porción 324 de brida. Un canal 322 está definido entre las porciones 320 de collar. El miembro 12-9C de collar está configurado para conectarse a otro collar, tal como el collar 12-1C. Se puede aplicar una capa de adhesivo entre las porciones 320 de collar y el núcleo 318 de espuma, y entre las porciones 320 de collar y las primera y segunda capas 314 y 316 compuestas de FRP, respectivamente. En la realización que se ilustra en la Figura 3I, el collar 12-9C y el collar 12-1C están conectados por pernos 34 y tuercas 36. Alternativamente, las porciones 112 de brida pueden estar conectadas por cualquier otro sujetador deseado, tal como remaches, o por soldadura.
- 45 Como se muestra en la Figura 3J, una porción de un décimo ejemplo alternativo de la unión de conexión se muestra en 16J. En el ejemplo que se ilustra, la torre 12-10 está formada de material compuesto de FRP como se describe anteriormente. El casco 14-10 está formado de hormigón reforzado, como se describe anteriormente. Un primer extremo 12-10A de la torre 12-10 está incrustado y unido al hormigón curado del segundo extremo 14-10B del casco 14-10.
- 50
- 55

Como se muestra en la Figura 3K, una porción de un decimoprimer ejemplo alternativo de la unión de conexión se muestra en 16K. En el ejemplo que se ilustra, la torre 12-11 y el casco 14-11 están formados de material laminado compuesto como también se muestra en las Figuras 20, 31. La torre que se ilustra 12-11 incluye una primera capa 330 compuesta FRP, una segunda capa 332 compuesta FRP y un núcleo 334 de espuma. El primer extremo 12-11A de la torre 12-11 y el segundo extremo 14-11B del casco 14-11 están cerrado por una tercera capa 336 compuesta FRP. Una capa de adhesivo puede aplicarse entre las terceras capas 336 compuestas de FRP.

Como se muestra en la Figura 3L, una porción de un decimosegundo ejemplo alternativo de la unión de conexión se muestra en 16L. En el ejemplo que se ilustra, la torre 12-12 se forma a partir de compuesto de FRP como se describe anteriormente. Si se desea, se puede formar una cavidad 340 anular en la torre 12-12 y rellenar con espuma 342. Alternativamente, la torre 12-12 se puede formar a partir del material laminado compuesto como también se muestra en la Figura 20. Una pluralidad de sujetadores 344 roscados están unidos dentro de las cavidades 346 del sujetador en el primer extremo 12-12A de la torre. Los sujetadores 344 roscados se pueden incrustar en el material compuesto de FRP del primer extremo 12-12A de la torre 12-12 durante la fabricación de la torre 12-12. Si se desea, las fibras 348 de refuerzo pueden enrollarse alrededor de los sujetadores 344 roscados para fortalecer la unión entre el compuesto de FRP y los sujetadores roscados.

El casco 14-12 se forma a partir de hormigón reforzado, como se describe anteriormente. Una placa 350 anular está unida al segundo extremo 14-12B del casco 14-12 mediante un perno 354. Alternativamente, la placa 350 anular puede unirse al segundo extremo 14-12B del casco 14-12 mediante un cable (no se muestra), o cualquier otro medio. La placa 350 incluye una pluralidad de orificios 352 a través de los cuales se extienden los pernos 344. Las tuercas 36 están unidas a los pernos 344. Alternativamente, el casco puede ser cualquiera de las realizaciones de casco que se ilustran en las Figuras 3A a 3E.

Con referencia ahora a la Figura 4, se muestra un decimotercer ejemplo de la unión de conexión en 122. En el ejemplo que se ilustra, la torre 124 está formada de material compuesto de FRP, y el casco 126 está formado de hormigón reforzado, como se describió anteriormente. La torre 124 es sustancialmente tubular e incluye una cavidad 125. El casco 126 también es sustancialmente tubular e incluye una pared 126W exterior en el segundo extremo 126B del casco 126. El primer extremo 124A de la torre 124 se inserta en el segundo extremo 126B del casco 126. El hormigón que forma la pared 126W exterior se extiende hacia adentro y hacia arriba en la cavidad 125 de la torre 124 para definir un miembro 130 de rigidez. Cuando está curado, el miembro 130 de rigidez proporciona rigidez adicional a la torre 124.

La unión 122 de conexión puede formarse insertando el primer extremo 124A de la torre 124 en una forma de casco (no se muestra) la cual define la forma del segundo extremo 126B del casco 126 a formar. El hormigón se puede verter (como lo indican las flechas 128) a través de la cavidad 125 de la torre 124 y en la forma del casco para formar la pared 126W exterior del segundo extremo 126B del casco 126. Cuando el hormigón está curado, el hormigón del miembro de rigidez 130 es contiguo al hormigón de la pared 126W exterior del segundo extremo 126B del casco 126, por lo que el primer extremo 124A de la torre 124 está incrustado y unido al segundo extremo 126B del casco 126. Además, una superficie exterior del primer extremo 124A puede tener una textura tal que se entrelaza y se une con el hormigón de la pared 126W exterior del segundo extremo 126B del casco 126, en la región identificada por el número 132 en la Figura 4.

La Figura 5 ilustra un ejemplo alternativo de la torre 212. La torre 212 que se ilustra está formada por una pluralidad de anillos o secciones 216. Las secciones 216 de torre están conectadas entre sí en las uniones 218 de conexión. Las uniones 218 de conexión pueden ser cualquiera de las uniones de conexión descritas y que se ilustran en las Figuras 2, 3A a 3L, y 4. Como se describió anteriormente con respecto a la torre 12, las secciones 216 de torre pueden fabricarse de material compuesto de FRP, hormigón reforzado o acero. La torre 212 también puede tener cualquier diámetro exterior y altura adecuados. Las secciones 216 de torre también se pueden conectar mediante un cable de post-tensado de la misma manera que se describe a continuación con respecto a las secciones 220 de casco.

La Figura 6 ilustra un primer ejemplo alternativo del casco 214. El casco que se ilustra 214 está formado por una pluralidad de anillos o secciones 220. Las secciones 220 de casco están conectadas entre sí en las uniones 222 de conexión. Las uniones 222 de conexión pueden ser cualquiera de las uniones de conexión descritas y que se ilustran en las Figuras 2, 3A a 3L, y 4. Como se describió anteriormente con respecto al casco 14, las secciones 216 de casco se pueden fabricar de material compuesto de FRP, hormigón reforzado o acero. El casco 214 también puede tener cualquier diámetro exterior y altura adecuados. Alternativamente, como se muestra mejor en la Figura 6A, las secciones 220 de casco pueden estar conectadas por un cable 225 de post-tensado que atraviesa algunas o todas las secciones 220 de casco, sujetando las secciones 220 de casco entre sí y definiendo el casco 214. Un miembro de sellado, como una junta G, puede disponerse entre las secciones 220 de casco para sellar las uniones 222 de conexión. Los ejemplos no limitativos de material de junta adecuado incluyen neopreno, calafateado, caucho y otros elastómeros.

Con referencia a la Figura 6B, una sección 221 de casco más inferior en el primer extremo 214A del casco 214 puede formarse de hormigón y tener un diámetro exterior significativamente mayor que un diámetro exterior de las secciones 220. La sección 221 de casco por lo tanto, tiene una masa mayor que una sección 220 de casco, y proporcionan lastre adicional al casco 214.

- 5 Con referencia a la Figura 7, se ilustra un segundo ejemplo alternativo del casco en 28. El casco 28 incluye una pluralidad de miembros 30 de tubo hueco. En la realización que se ilustra, los miembros 30 de tubo están conectados por bandas 32 alargadas. El los miembros 30 de tubo se pueden fabricar de material compuesto de FRP y cada miembro 30 de tubo se puede llenar o llenar parcialmente con espuma F u hormigón para mayor rigidez, como se describe anteriormente. Alternativamente, los miembros 30 de tubo hueco pueden formarse a partir de hormigón de la misma manera que el casco 14 descrito anteriormente. En la realización que se ilustra, el casco 28 tiene seis miembros de tubo 30 hueco. En otras realizaciones, el casco 28 puede tener más o menos de seis miembros 30 de tubo hueco.
- 10 Con referencia ahora a la Figura 8, se muestra un segundo ejemplo de una plataforma 40 de turbina eólica compuesta flotante anclada al lecho S marino. La plataforma 40 de turbina eólica flotante que se ilustra es una plataforma de amarre estabilizada, tipo pata de tensión e incluye la torre 12 unida a una plataforma 44 del casco en una unión 46 de conexión. Las líneas 48 de amarre se unen a la plataforma 44 y se anclan más a través de los anclajes 19 al lecho S marino. La turbina 20 eólica se monta en la torre 42.
- 15 Una plataforma del tipo de pata de tensión mantiene su estabilidad a flote a través de un casco o plataforma flotante anclados al lecho marino mediante líneas de amarre tensas. Este tipo de plataforma de turbina eólica flotante puede ser sustancialmente más liviana que otros tipos de plataformas de turbina eólica flotante porque el centro de gravedad no tiene que estar por debajo del centro de flotabilidad
- 20 Con referencia a la realización que se ilustra en las Figuras 8 y 9, la plataforma 44 incluye una porción 50 central y patas 52 que se extienden radialmente hacia afuera de la porción 50 central. Una porción 54 que se extiende verticalmente se extiende hacia afuera a partir de la porción 50 central (hacia arriba al ver la Figura 8). El interior de la plataforma 44 define una cavidad sustancialmente llena de aire para la flotabilidad. En la realización que se ilustra, la plataforma 44 tiene tres patas 52. En otras realizaciones, la plataforma 44 puede tener más o menos de tres patas 52.
- 25 La plataforma 44 se puede formar a partir de hormigón reforzado como se describe anteriormente. Alternativamente, la plataforma 44 puede formarse a partir de compuesto de FRP de la misma manera que la torre 12, descrita anteriormente. Adicionalmente, la plataforma 44 puede estar formada de acero.
- 30 La plataforma 44 puede tener cualquier dimensión deseada. En la realización que se ilustra, por ejemplo, cada una de las patas 52 de la plataforma 44 tiene una longitud de aproximadamente 45 metros cuando se mide a partir de un centro C de la plataforma 44. Alternativamente, cada una de las patas 52 puede tener una longitud dentro del rango de aproximadamente 30 metros a aproximadamente 100 metros cuando se mide a partir del centro C de la plataforma 44.
- 35 Se forma una brida 44F que se extiende radialmente en un primer extremo de la porción 54 que se extiende verticalmente (extremo superior al ver la Figura 8). La brida 44F que se extiende radialmente define una porción de la unión 46 de conexión.
- En el ejemplo que se ilustra, la unión 46 de conexión se forma conectando la brida 12F de la torre 12 y la brida 44F. Las bridas 12F y 44F se pueden conectar mediante pernos 34 y tuercas 36 como se muestra en la Figura 2 y se describe anteriormente. Alternativamente, las bridas 12F y 44F pueden estar conectadas por cualquier otro elemento de fijación deseado, tal como remaches, adhesivo o soldadura. Además, la unión 46 de conexión puede ser cualquiera de las uniones de conexión descritas y que se ilustran en las Figuras 2, 3A a 3L, y 4.
- 40 Un primer extremo (extremo superior al ver la Figura 8) de cada línea 48 de amarre está unido a un extremo distal de cada pata 52 de la plataforma 44. Un segundo extremo (extremo inferior al ver la Figura 8) de cada línea 48 de amarre está unida o anclada al lecho S marino mediante un anclaje 19, como se describió anteriormente. En la realización que se ilustra, las líneas 48 de amarre están configuradas como amarres tensos. Las líneas 48 de amarre pueden estar formadas de cualquier material deseado. Los ejemplos no limitativos de material de línea de amarre adecuado incluyen cuerda o cable de acero, segmentos de cadena de acero, cuerda sintética tal como cuerda de nylon y tendones compuestos como tendones FRP. Como se muestra en la Figura 8, una porción inferior de la torre 12 (es decir, el primer extremo 12A) está debajo de la línea de flotación WL.
- 45 Con referencia a la Figura 10, un segundo ejemplo de la línea de amarre estabilizada, plataforma de tipo de pata de tensión se muestra en 40'. La plataforma 40' de turbina eólica flotante que se ilustra incluye la torre 12" unida a una plataforma 44" del casco en una unión 46" de conexión. Las líneas 48 de amarre se unen a la plataforma 44 del casco y se anclan más al lecho marino (no se muestra en la Figura 10). La turbina 20 eólica está montada en la torre 12'. La plataforma 44' del casco que se ilustra es sustancialmente similar a la plataforma 44 del casco, pero la porción 54' que se extiende verticalmente es más larga que la porción 54 que se extiende verticalmente. En la realización que se ilustra, la porción 54' que se extiende verticalmente está configurada de tal manera que un primer extremo 54A', y su brida 44F adjunta está por encima de la línea de flotación WL. En la realización que se ilustra, la porción 54' que se extiende verticalmente tiene una longitud de aproximadamente 40 metros. Alternativamente, la porción 54' que se extiende verticalmente puede tener una longitud dentro del rango de unos 5 metros a unos 50 metros.
- 50 Con referencia ahora a la Figura 11, se muestra un tercer ejemplo de una plataforma 60 de turbina eólica compuesta flotante anclada al lecho S marino. La plataforma 60 de turbina eólica flotante que se ilustra es similar a la línea de amarre estabilizada, la plataforma 40 de tipo pata de tensión que se ilustra en la Figura 8 e incluye una torre 62 unida
- 55

a la plataforma 44 del casco en una unión 66 de conexión. Las líneas 48 de amarre se unen a la plataforma 44 del casco y se anclan más a través de los anclajes 19 al lecho S marino. La turbina 20 eólica está montada en la torre 62. Los soportes 64 del cable están unidos a la plataforma 44 del casco y, además, unidos a la torre 62.

5 En el ejemplo que se ilustra, la torre 62 se forma como un tubo y se fabrica a partir de material compuesto de polímero reforzado con fibra (FRP). Los ejemplos no limitantes de material compuesto de FRP adecuado incluyen vidrio y FRP de carbono. Alternativamente, la torre 62 puede estar formada de hormigón o de acero, como se describe anteriormente.

10 Debido a que los soportes 64 de cable reducen la tensión de flexión en la torre 62, la torre 62 puede tener un diámetro menor que la torre 12 que se ilustra en la Figura 8. Por ejemplo, la torre 62 puede tener cualquier diámetro exterior y altura adecuados. En la realización que se ilustra, el diámetro exterior de la torre 62 es de aproximadamente 4 metros. Alternativamente, el diámetro exterior de la torre 62 puede ser cualquier otro diámetro deseado, tal como dentro del intervalo de aproximadamente 3 metros a aproximadamente 10 metros. En la realización que se ilustra, la altura de la torre 62 es de aproximadamente 90 metros. Alternativamente, la altura de la torre 62 puede estar dentro del rango de unos 40 metros a unos 150 metros.

15 El interior de la torre 62 también define una cavidad (no se muestra en la Figura 11) entre el primer extremo 62A y el segundo extremo 62B. Una brida 62F que se extiende radialmente se forma en el primer extremo 62A de la torre 62, como se muestra mejor en la Figura 4. La brida 62F que se extiende radialmente define una porción de la unión 66 de conexión.

20 En el ejemplo que se ilustra, la unión 66 de conexión se forma conectando la brida 62F y la brida 44F. Las bridas 62F y 44F se pueden conectar mediante pernos 34 y tuercas 36 como se muestra en la Figura 2 y se describe anteriormente. Alternativamente, las bridas 62F y 44F pueden estar conectadas por cualquier otro sujetador deseado, tal como remaches, adhesivo, cemento blanco o por soldadura. Además, la unión 66 de conexión puede ser cualquiera de las uniones de conexión descritas y que se ilustran en las Figuras 2, 3A a 3L, y 4.

25 Un primer extremo (extremo inferior al ver la Figura 11) de cada soporte 64 de cable está unido a un extremo distal de cada pata 52 de la plataforma 44 del casco. Un segundo extremo (extremo superior al ver la Figura 11) de cada soporte 64 de cable está unido a un punto medio 62M de la torre 62. El soporte 64 de cable soporta y reduce la tensión de flexión en la torre 62. El soporte 64 de cable puede estar formado por cualquier material deseado. Los ejemplos no limitativos de material de línea de amarre adecuado incluyen cuerda o cable de acero, segmentos de cadena de acero, cuerda sintética tal como cuerda de nylon y tendones compuestos como tendones FRP.

30 Con referencia ahora a la Figura 12, se muestra un cuarto ejemplo de una plataforma 70 de turbina eólica compuesta flotante anclada al lecho S marino. La plataforma 70 de turbina eólica flotante que se ilustra es similar a la plataforma 60 de turbina eólica compuesta flotante que se ilustra en la Figura 11 e incluye la torre 62 unida a la plataforma 44 del casco en la unión 66 de conexión. Las líneas 74 de amarre se unen a la plataforma 44 del casco y se ancla más al lecho S marino. La turbina 20 eólica está montada en la torre 62. Los soportes 64 de cable están unidos a la plataforma 44 del casco y además unidos a la torre 62.

35 En lugar de las líneas 48 de amarre tensas que se muestran en la Figura 11, las líneas 74 de amarre están configuradas como amarres catenarios, como se describió anteriormente. La plataforma 70 de turbina eólica compuesta flotante incluye además una gran masa 72 suspendida de la plataforma 44 del casco por los cables 76. La masa 72 puede tener cualquier peso deseado, tal como un peso de aproximadamente 1000 kg. Alternativamente, la masa 72 puede tener un peso dentro del intervalo de aproximadamente 10 kg a aproximadamente 1500 kg. La masa 72 se puede formar de cualquier material que tenga el peso deseado. Los ejemplos no limitativos de material adecuado para usar como masa 72 incluyen una o más rocas, piezas de hormigón y piezas de acero. Estos uno o más artículos pueden estar contenidos en una red, un repartidor, u otra cubierta o contenedor exterior.

40 Un primer extremo (extremo inferior al ver la Figura 12) de cada cable 76 se une a la masa 72. Un segundo extremo (extremo superior al ver la Figura 12) de cada cable 76 se une a un extremo distal de cada una pata 52 de la plataforma 44 del casco. Los ejemplos no limitativos de material de cable adecuado incluyen cuerda o cable de acero, segmentos de cadena de acero y cuerda sintética tal como cuerda de nylon y tendones compuestos como tendones FRP.

45 Con referencia ahora a la Figura 13, se muestra un quinto ejemplo de una plataforma 80 de turbina eólica compuesta flotante anclada al lecho marino. La plataforma 80 de turbina eólica flotante que se ilustra es una plataforma de tipo de amarre, semisumergible, estabilizada por una línea de amarre, e incluye una torre 82 unida a una plataforma 84 de pontón. Las líneas 90 de amarre se unen a la plataforma 84 de pontón y se anclan más a través de los anclajes 19 al lecho S marino. La turbina 20 eólica se monta en la torre 82. La torre 82 puede ser de cualquier torre adecuada y puede ser idéntica a la torre 12 descrita anteriormente. Por lo tanto, la torre 82 se puede formar de hormigón reforzado, compuesto de FRP o de acero como se describe anteriormente.

50 La plataforma 84 de pontón incluye una pluralidad de miembros de flotabilidad o pontones 86 conectados por miembros 88 estructurales. En la realización que se ilustra, la plataforma 84 de pontón tiene tres pontones 86. En otras realizaciones, la plataforma 84 de pontón puede tener más o menos que tres pontones 86. Los pontones 86 que se

ilustran tienen una brida 87 que se extiende radialmente formada en un primer extremo 86A de cada pontón 86. Alternativamente, los pontones 86 pueden formarse sin las bridas 87.

5 En el ejemplo de la plataforma 84 de pontón como se muestra en la Figura 13, la torre 82 se puede unir a un pontón 86 a través de una unión de conexión (no se muestra). Esta unión de conexión puede ser cualquiera de las uniones de conexión descritas y que se ilustran en las Figuras 2, 3A a 3L, y 4. En una segunda realización de la plataforma 84' de pontón como se muestra en la Figura 16, los pontones 86 están conectados a un repartidor 92 central por miembros 94 estructurales. En este ejemplo, la torre 82 está unida al repartidor 92 central a través de una unión conectora (no se muestra), pero tal como cualquiera de las uniones de conexión descritas y que se ilustran en las Figuras 2, 3A a 3L, y 4.

10 En el ejemplo que se ilustra, los pontones 86 son sustancialmente huecos y definen una cavidad. Una porción de la cavidad de cualquiera de los pontones 86 se puede llenar con lastre B para ayudar a estabilizar la plataforma 80 de turbina eólica flotante. Alternativamente, el lastre B puede llenar toda la cavidad de cualquiera de los pontones 86. Ejemplos no limitativos del material de lastre incluyen agua, rocas, mineral de cobre y otros minerales densos. También se puede usar otro material suficientemente denso como lastre para llenar o llenar parcialmente las cavidades de los pontones 86.

15 Los pontones 86 pueden formarse a partir de hormigón reforzado, compuesto de FRP o de acero como se describe anteriormente. Los miembros 88 estructurales también pueden estar formados de hormigón reforzado, compuesto de FRP o de acero como se describe anteriormente.

20 La plataforma 84 de pontón puede tener cualquier dimensión deseada. Por ejemplo, cada uno de los pontones 86 puede tener un diámetro exterior de unos 12 metros y una altura de unos 30 metros. Alternativamente, los pontones 86 pueden tener un diámetro exterior dentro del intervalo de aproximadamente 10 a aproximadamente 50 metros y una altura dentro del intervalo de aproximadamente 10 metros a aproximadamente 40 metros. Una distancia D medida entre los centros de los pontones 86 puede ser de unos 30 metros. Alternativamente, la distancia D puede estar dentro del rango de unos 15 metros a unos 100 metros.

25 Un primer extremo (extremo superior al ver la Figura 13) de cada línea 90 de amarre está unido a un pontón 86 de la plataforma 84 de pontón. Un segundo extremo (extremo inferior al ver la Figura 13) de cada línea 90 de amarre está unido o anclado al lecho S marino por el anclaje 19, como se describe anteriormente. En la realización que se ilustra, las líneas 90 de amarre están configuradas como amarres catenarios. Las líneas 90 de amarre pueden estar formadas de cualquier material deseado. Los ejemplos no limitativos de material de línea de amarre adecuado incluyen cuerda o cable de acero, segmentos de cadena de acero y cuerda sintética como cuerda de nylon y tendones compuestos tales como tendones de FRP.

30 Con referencia ahora a la Figura 14, se muestra un sexto ejemplo de una plataforma 100 de turbina eólica compuesta flotante anclada al lecho S marino. La plataforma de turbina eólica flotante que se ilustra 100 es sustancialmente similar a la plataforma de turbina eólica compuesta flotante que se ilustra en la Figura 13 e incluye una torre 102 unida a la plataforma 84 de pontón, como se describe anteriormente. Cada línea 90 de amarre se une a un pontón 86 de la plataforma 84 de pontón y se ancla adicionalmente al lecho S marino a través del anclaje 19. La turbina 20 eólica se monta en la torre 102. Un cable 104 de soporte está unido a cada pontón 86 de la plataforma 84 de pontón y además unido a un primer extremo 102A de la torre 102.

40 Debido a que el cable 104 de soporte reduce la tensión de flexión en la torre 102, la torre 102 puede tener un diámetro menor que la torre 82 que se ilustra en la Figura 13. Por ejemplo, la torre 102 puede tener cualquier diámetro exterior y altura adecuados. En la realización que se ilustra, el diámetro exterior de la torre 102 es de aproximadamente 4 metros. Alternativamente, el diámetro exterior de la torre 102 puede ser cualquier otro diámetro deseado, tal como dentro del intervalo de aproximadamente 3 metros a aproximadamente 12 metros. En la realización que se ilustra, la altura de la torre 102 es de aproximadamente 90 metros. Alternativamente, la altura de la torre 102 puede estar dentro del rango de unos 50 metros a unos 140 metros.

45 Con referencia ahora a la Figura 15, la plataforma 84 de pontón puede incluir una torreta 106 giratoria montada en un extremo inferior de la plataforma 84 de pontón. En la realización que se ilustra en la Figura 15, las líneas 90 de amarre están unidas a la torreta 106 giratoria, en lugar de los pontones 86. En esta realización, la plataforma de turbina eólica compuesta flotante, tal como las plataformas 80 y 100, puede girar con respecto a la torreta 106 y, por lo tanto, alinearse automáticamente en respuesta a la dirección del viento y las corrientes oceánicas.

50 Con referencia ahora a las Figuras 17, 18A y 18B, un tercer ejemplo de la plataforma de pontones se ilustra en 140. La plataforma 140 de pontón incluye una pluralidad de miembros de flotabilidad o pontones 142 conectados por miembros 144 estructurales. En la realización que se ilustra, la plataforma 140 de pontón tiene tres pontones 142. En otras realizaciones, la plataforma 140 de pontón puede tener más o menos de tres pontones 142. Los pontones 142 que se ilustran tienen una brida 146 que se extiende radialmente formada en un primer extremo 142A de cada pontón 142. Alternativamente, los pontones 142 pueden formarse sin las bridas 146.

55

En el ejemplo que se ilustra, los pontones 142 son sustancialmente huecos y definen una cavidad y están formados de hormigón reforzado. Los miembros 144 estructurales que se ilustran son sustancialmente tubulares, definen una cavidad 145 y están formados de compuesto de FRP.

5 Como se muestra mejor en la Figura 18A, en un primer ejemplo de la plataforma 140 de pontón, el pontón 142 incluye una pared 142W exterior. Los extremos 144A y 144B primero y segundo, respectivamente, de los miembros 144 estructurales se insertan en las paredes 142W exteriores de los pontones 142. El hormigón que forma la pared 142W exterior se extiende en las cavidades 145 de cada miembro 144 estructural para definir un miembro 148 de rigidez. Una vez curado, el miembro 148 de rigidez proporciona rigidez adicional a la plataforma 140 de pontón.

10 Un segundo ejemplo de la plataforma de pontón se ilustra en 140' en la Figura 18B. La plataforma 140' de pontón es sustancialmente idéntica a la plataforma 140 de pontón, pero no incluye el miembro 148 de rigidez. El primer y segundo extremos 144A y 144B, respectivamente, de los miembros 144 estructurales se insertan y se unen a las paredes 142W exteriores de los pontones 142.

15 El miembro 148 de rigidez puede formarse insertando el primer y segundo extremos 144A y 144B, respectivamente, de los miembros 144 estructurales en una forma de pontón (no se muestra) que define la forma del pontón a formar. El hormigón se puede verter en la forma del pontón para definir la pared 142W exterior del pontón 142. Este hormigón también fluirá dentro de la cavidad 145 del miembro 144 estructural. Cuando el hormigón está curado, el hormigón del miembro 148 de rigidez es contiguo con el hormigón de la pared 142W exterior del pontón 142, así el primer y segundo extremos 144A y 144B de los miembros 144 estructurales están respectivamente incrustados y unidos a los pontones 142. Además, una superficie exterior de cada uno de los primeros y segundos extremos 144A y 144B, respectivamente, de los miembros 144 estructurales pueden texturizarse de manera que cada superficie exterior se entrelace y se adhiera al una de las paredes 142W exteriores de los pontones 142.

Se entenderá que los miembros 144 estructurales también pueden formarse a partir de hormigón reforzado o de acero como se describió anteriormente.

25 En el ejemplo de la plataforma 140 de pontón como se muestra en la Figura 17, una torre, tal como la torre 82 (que se ilustra por una línea fantasma en la Figura 17) puede unirse a uno de los pontones 142 a través de una unión de conector (no se muestra). Esta unión de conector puede ser cualquiera de las uniones de conexión descritas y que se ilustran en las Figuras 2, 3A a 3L, y 4.

30 Con referencia ahora a la Figura 21, se ilustra un cuarto ejemplo de la plataforma de pontón en 440. La plataforma 440 de pontón incluye una pluralidad de miembros de flotabilidad o pontones 442 conectados a un pontón 444 central por miembros 446 estructurales. En la realización que se ilustra, la plataforma 440 de pontón tiene tres pontones 442. En otras realizaciones, la plataforma 440 de pontones puede tener más o menos de tres pontones 442. Los pontones 442 que se ilustran tienen una brida 448 que se extiende radialmente en un primer extremo 442A de cada pontón 442. Alternativamente, los pontones 442 pueden formarse sin las bridas 448. En esta realización, una torre, tal como la torre 82, está unida al pontón 444 central a través de una unión de conector (no se muestra), pero tal como cualquiera de las uniones de conexión descritas y que se muestran en las Figuras 2, 3A a 3L, y 4. Alternativamente, la torre 82 se puede unir a cualquiera de los tres pontones 442.

40 Cada uno de los pontones 442 que se ilustran está formado por una pluralidad de anillos o secciones 450. Las secciones 450 están conectadas entre sí en las uniones 452 de conexión. Como se describió anteriormente con respecto al casco 14, las secciones 450 pueden fabricarse de material compuesto de FRP, hormigón reforzado, o acero. Las secciones 450 se pueden conectar mediante cables 454 post-tensados que atraviesan algunas o todas las secciones 450, sujetando las secciones 450 entre sí y definiendo el pontón 442. Un miembro de sellado, tal como la junta G, puede estar dispuesto entre las secciones 450 para sellar las uniones 452 de conexión. Alternativamente, las uniones 452 de conexión pueden ser cualquiera de las uniones de conexión descritas y que se ilustran en las Figuras 2, 3A a 3L, y 4.

45 Los anillos 456 de fijación están montados circunferencialmente en una superficie exterior de los pontones 442 y proporcionan una estructura de montaje para unir los miembros 446 estructurales a los pontones 442. Los anillos 456 de unión pueden estar formados de acero, material compuesto de FRP u hormigón reforzado. Alternativamente, los anillos 456 de fijación pueden montarse en la unión 452 de conexión entre dos secciones 450 adyacentes.

50 Una vez que las secciones 450 se ensamblan para formar el pontón 442, se puede unir un miembro 458 de cierre al segundo extremo 442B del pontón 442.

55 Con referencia a la Figura 22, se ilustra en 510 la realización de una plataforma de turbina eólica flotante. La plataforma 510 de turbina eólica flotante incluye una base 514 que soporta una torre 512 compuesta. La torre 512 compuesta soporta una turbina 516 eólica. La torre 512 compuesta que se ilustra está hecha de un material ligero, resistente a la corrosión, tal como un polímero reforzado con fibra, tal como Como E-vidrio y una resina de polímero de poliéster. La torre 512 compuesta puede estar hecha de otros materiales deseados que proporcionan soporte para la turbina 516 eólica. Las paredes compuestas de la torre 512 pueden ser una estructura sólida, o pueden ser una estructura de núcleo. Por ejemplo, la torre 512 compuesta puede ser cualquiera de las torres descritas anteriormente, que incluyen por ejemplo, las torres 12, 12', 212 y 312. La base 514 está estructurada y configurada para flotar, semisumergida, en

- una masa de agua. Las líneas 518 de amarre se pueden unir a la plataforma 510 de turbina eólica y además a los anclajes, tales como los anclajes 19 que se muestran anteriormente, en el lecho marino para limitar el movimiento de la plataforma 510 de turbina eólica en la masa de agua. Se entenderá que las líneas 518 de amarre que se ilustran pueden estar flojas, es decir, líneas de amarre catenarias, tal como se muestra en las Figuras 12 a 15, y no tienen que estar en tensión durante el funcionamiento normal de la plataforma 510 de turbina eólica. La base es semisumergible y, por lo tanto, una parte de la base 514 estará sobre el agua cuando la base esté flotando en el agua. Además, la base 514 flotará verticalmente incluso con la carga o el momento de flexión aplicados a la plataforma por la tensión del viento ejercida sobre la torre 512 y la turbina 516 eólica. Esto contrasta con un sistema de tensión vertical como el que se muestra en la Figura 10, en donde si las líneas de tensión se cortan, la plataforma se volcará.
- La base 514 que se ilustra está formada por tres vigas 521 inferiores que se extienden radialmente hacia afuera a partir de una columna 522 interior o central. En la realización que se ilustra, las vigas 521 inferiores están posicionadas de tal manera que el ángulo entre las líneas centrales de las vigas 521 inferiores adyacentes es aproximadamente 120 grados. Las vigas 521 inferiores que se ilustran son elementos de hormigón pretensado. Se entenderá que las vigas 521 inferiores pueden formarse a partir de otros materiales deseados. El beneficio de usar hormigón es que es más liviano que otros materiales, tal como el acero, y es más resistente a la corrosión que el acero. Tres columnas 524 exteriores están montadas en o cerca de los extremos distales de las vigas 521 inferiores. Las columnas 524 exteriores están además conectadas opcionalmente a la columna 522 central por las vigas 526 superiores. Los puntales 528 opcionales se extienden entre y conectan la parte superior o el extremo de la columna 522 central y los extremos distales de las vigas 521 inferiores o los extremos inferiores de las columnas 524 exteriores. La realización de la plataforma 510 de turbina eólica flotante que se ilustra en la Figura 22 tiene una altura de aproximadamente 35 metros (115 pies). La realización de la torre 512 que se ilustra en la Figura 22 tiene una altura de aproximadamente 85 metros (279 pies). Se entenderá que la plataforma 510 de turbina eólica flotante y la torre 512 pueden fabricarse a cualquier altura deseada.
- Cada columna 524 exterior puede formarse a partir de una pluralidad de secciones 524S, como se muestra en las Figuras 22, 28A y 28B. La columna 522 central también puede formarse a partir de una pluralidad de secciones 522S, como también se muestra en las Figuras 22, 28A y 28B.
- Una primera realización del método de montaje y despliegue de la plataforma 510 de turbina eólica flotante se ilustra en las Figuras 23A a 29. Como se muestra, la plataforma 510 de turbina eólica se puede ensamblar en dos fases.
- En una primera fase (fase I) del montaje, tres miembros 530 de ala se pueden fundir o colocar en barcasas B separadas. Cada miembro 530 de ala que se ilustra incluye una viga 521 inferior y una porción 524P de base de una columna 524 exterior. Si se desea, los miembros 530 de ala fundida pueden post-tensarse con refuerzos, como se ilustra con las líneas discontinuas en las Figuras 23A y 23B. Un anclaje 528A de puntal puede formarse entre y unirse a la viga 521 inferior y la porción 524P de base. Cada una de las barcasas B que se ilustran tiene una superficie de plataforma de aproximadamente 150 pies x 60 pies, aunque se pueden usar barcasas que tienen otros tamaños adecuados de superficies de plataforma. En la realización que se ilustra, la porción 524P de base tiene una altura de aproximadamente 32 pies, aunque la porción 524P de base puede tener cualquier otra altura adecuada.
- Después de que los miembros 530 de ala se hayan fundido, las tres barcasas B se moverán a un área relativamente tranquila, tal como un área de puerto. Las tres barcasas B que contienen los tres miembros 530 de ala se sujetarán entre sí con una estructura de unión, tal como un marco 536 temporal que se muestra en las Figuras 24A y 24B. En la realización que se ilustra, el marco 536 es una estructura de acero con forma sustancialmente triangular. Alternativamente, el marco 536 puede tener otros tamaños y formas deseados y puede estar formado de otro material.
- Opcionalmente, se puede usar el andamiaje (no se muestra) para soportar el marco 536 durante la construcción. La piedra 532 angular inferior se construirá entonces dentro o sobre el marco 536. La piedra 532 angular incluye una porción 522P de soporte de columna central sobre la cual se construirá la columna 522 central, tal como se describe a continuación. La piedra 532 angular también incluye caras 623 de conexión circunferencialmente orientadas para conectarse a cada una de las vigas 521 inferiores, como se muestra en la Figura 31. Después de completar la piedra 532 angular y unirla a cada una de las tres vigas 521 inferiores, el andamiaje y el marco 536 pueden ser removidos. Los tres miembros 530 de ala y la pieza 532 central definen la base 514. Si se desea, la base 514 completa se puede post-tensar.
- Como se muestra en la Figura 25, las tres barcasas B pueden entonces sumergirse y retirarse de debajo de cada miembro 530 de ala de la base 514, permitiendo que la base 514 flote por sí sola. La base 514 flotante se puede remolcar luego a un muelle (no se muestra), u otra instalación adecuada, para una segunda fase de montaje.
- En la realización que se ilustra del método de montaje y despliegue de la plataforma 510 de turbina eólica flotante, la segunda fase (fase II) ocurre con la base 514 flotando adyacente a un muelle en un área de agua relativamente tranquila, como se muestra en las Figuras 26A a 29. Las formas 538 de salto se instalarán en las porciones 524P de base de los miembros 530 de ala y en la piedra 532 angular. En la realización que se ilustra, las formas 538 de salto están estructuradas y configuradas para permitir la fundición de las secciones 524S de las columnas 524 exteriores y secciones 522S de la columna 522 central. En la realización que se ilustra, las secciones 524S y 522S tienen una altura de aproximadamente 12 pies, aunque las secciones 524S y 522S pueden tener cualquier otra altura adecuada.

Una porción de cada columna 524 exterior se construirá entonces hasta una altura predeterminada para permitir la construcción y el acoplamiento de los puntales 528.

5 El andamiaje 540 se construirá entonces en cada viga 521 inferior, y se usará para verter un primer segmento 528P1 del puntal 528 diagonal. Se entenderá que el primer segmento 528P1 del puntal 528 se puede fundir en otro sitio y luego se una al anclaje del puntal 528A de la base 514. En la realización que se ilustra en la Figura 26C, el primer segmento 528P1 del puntal 528 se une a la base de la columna 524 exterior y la viga 521 inferior a través del anclaje 528A de puntal. Alternativamente, el primer segmento 528P1 del puntal 528 puede unirse solo a la base de la columna 524 exterior.

10 Una vez completados los primeros segmentos 528P1 de los puntales 528, la columna 522 central se construirá a su altura final deseada, como se muestra en la Figura 27A. Una vez que se construya la columna 522 central, los puntales 528 se completarán. En la realización que se ilustra en la Figura 27B, un segundo segmento 528P2 del puntal 528 se funde en otro sitio, tal como un sitio en tierra, y luego se una al primer segmento 528P1 y la columna 522 central. En la realización que se ilustra en la Figura 27B, los segmentos 528P2 restantes de los puntales 528 se levantan en su lugar con dos grúas C. Alternativamente, se puede construir un andamiaje 540 adicional en cada viga 521 inferior, y el segundo segmento 528P2 del puntal 528 se puede fundir en su lugar de la misma manera que el primer segmento 528P1 del puntal 528. Al completar los puntales 528, las columnas 524 exteriores se construirán a su altura final deseada. Una vez construidos y unidos, los puntales 528 se pueden post-tensar de acuerdo como sea necesario.

20 Las vigas 526 superiores se pueden pre-fundir en otro sitio, tal como un sitio en tierra, y luego se unan entre las columnas 524 exteriores y la piedra 539 angular superior de la columna 522 central, como se muestra en la Figura 29. En la realización que se ilustra en la Figura 29, las vigas 526 superiores se forman en los segmentos 526P1, 526P2 y 526P3 y luego se instalan en torres 542 de apuntalamiento construidas en las vigas 521 inferiores. Los segmentos 526P1, 526P2 y 526P3 de vigas superiores que se ilustran se levantan en su lugar con una o más grúas. Alternativamente, los segmentos 526P1, 526P2 y 526P3 de viga superior se pueden fundir en su lugar. Además, la viga 526 superior puede formarse como una sola pieza y unirse entre las columnas 524 exteriores y la columna 522 central usando las torres 542 de apuntalamiento. Las vigas 526 superiores pueden post-tensarse de acuerdo como se requiera. Una vez completadas las vigas 526 superiores, la plataforma 510 de turbina eólica está lista para el equipamiento adicional y la fijación de la torre 512 y la turbina 516 eólica.

30 Otra realización del método de montaje y despliegue de la plataforma 610 de turbina eólica flotante se ilustra en las Figuras 30 a 40. El método de montaje y despliegue de la plataforma 610 de turbina eólica flotante que se ilustra en las Figuras 30 a 40 es un método modular de montaje que es similar a la primera realización del método de montaje y despliegue de la plataforma 510 de turbina eólica flotante que se ilustra en las Figuras 23A a 29.

35 Como se muestra en la Figura 30, los miembros 630 de ala inferior están desplegados en las barcasas B. Los miembros 630 de ala inferior incluyen la viga 621 inferior, una porción 624P de base de una columna 624 exterior y un primer segmento 628P1 del puntal 628 diagonal. Si se desea, los miembros 630 de ala inferior se pueden post-tensar. Como se muestra en la Figura 31, la piedra 632 angular también se despliega en una barcaza B. La piedra 632 angular está unida a uno de los tres miembros 630 de ala de forma que la barca B pueda retirarse de debajo de la piedra 632 angular. Los dos miembros 630 de ala restantes se pueden mover al contacto con, y unidos a, la piedra 632 angular, como se muestra en las Figuras 32 y 33. Los tres miembros 630 de ala y la piedra 632 angular definen la base 614, como se muestra en la Figura 33. Las barcasas B se pueden mover a partir de debajo de la base 614 como se describe anteriormente y como se muestra en la Figura 34. Debe entenderse que los miembros 630 de ala y la piedra 632 angular pueden ser fundidos en las barcasas B, o fundidos en otro sitio, tal como un sitio en tierra, y luego trasladados a las barcasas B.

45 Como se muestra en la Figura 35, la columna 622 central se construirá a su altura final deseada. Los puntales 628 se completarán entonces, como se muestra en la Figura 36. Las columnas 624 exteriores se construirán a su altura final deseada, como se muestra en la Figura 37. La columna 622 central y las columnas 624 exteriores pueden formarse por cualquier método, tal como por ejemplo, formando saltos como se describe anteriormente.

50 Como se muestra en la Figura 38, una vez completadas las columnas 624 exteriores, las vigas 626 superiores pueden unirse entre las columnas 624 exteriores y la columna 622 central. Las vigas 626 superiores pueden pre-fundirse en otro sitio, tal como un sitio en tierra, y luego se unen, formadas en segmentos y luego se instalan como se describe anteriormente, o se pueden fundir en su lugar. La plataforma 610 de turbina eólica está lista para su posterior equipamiento y acoplamiento de la torre 612 y la turbina 616 eólica, tal como se muestra en las Figuras 39 y 40. Debe entenderse que el montaje de los diversos elementos de la base 614 se puede completar en cualquier orden.

55 Como se muestra en la Figura 41, en una realización alternativa de un método para construir la plataforma eólica, los tres miembros 630 de ala pueden unirse entre sí mediante una piedra 632 angular y apoyarse en dos barcasas B' durante el montaje. Las barcasas pueden retirarse posteriormente en la etapa apropiada del proceso de montaje.

Como se muestra en la Figura 42, y como se explicó anteriormente, la estructura básica de la plataforma 610 de turbina eólica incluye los siguientes elementos estructurales principales: vigas 621 inferiores, piedra 632 angular inferior, columna 622 central, piedra 639 angular superior, puntales 628, vigas 626 superiores y columnas 624

5 exteriores. Estos elementos estructurales principales están hechos de hormigón fundido, aunque se pueden usar otros materiales. Estos elementos estructurales principales están hechos en segmentos, aunque podrían hacerse todos a la vez como un elemento único. Con el fin de fortalecer estos elementos, se someten a fuerzas de compresión mediante la aplicación de refuerzos de post-tensado. Dichos refuerzos pueden ser en forma de cables de acero o cualquier otro miembro de tensión adecuado. La aplicación de los refuerzos de post-tensado ayuda a proporcionar los elementos estructurales principales en una forma que mantendrá su integridad bajo las tensiones cuando las torres de turbinas eólicas se desplieguen en el océano. Además, los refuerzos de post-tensado proporcionan suficiente resistencia a estos elementos estructurales principales para permitir que las cavidades definidas en cada uno de los elementos estructurales principales se mantengan como espacios huecos, preservando así la flotabilidad de los elementos estructurales principales.

10 Como se muestra en la Figura 42, la viga inferior está provista de refuerzos 621R de post-tensado. Estos se extienden horizontalmente a lo largo de toda la longitud de la viga 621 inferior, que incluye la sección 624P inferior de la columna 624 exterior, y la piedra 632 angular. Aunque los refuerzos 621R se muestran como posicionados en las regiones superior e inferior de la viga 621 inferior, se pueden colocar en diferentes posiciones dentro o alrededor de la viga inferior. Los refuerzos 621R de post-tensado colocan toda la viga 621 inferior en compresión, mejorando así la resistencia de la viga 621 inferior.

15 Como se muestra en la Figura 44, la piedra 632 angular incluye una serie de bandas 660, dispuestas en pares en una orientación paralela. Las bandas 660 incluyen conductos o canales 664 que se extienden dentro de las bandas 660 y a lo largo de los ejes alargados o longitudinales de las bandas 660. Los refuerzos 621R de post-tensado se extienden a través de los canales 664 de las bandas, y están anclados en los extremos 662 de las bandas 660. Se puede ver que la piedra 632 angular tiene tres caras 623 de unión, orientadas entre sí a aproximadamente 120 grados para la unión de tres vigas 621 inferiores. La piedra 632 angular puede alojar los refuerzos 621R para las tres vigas 621 inferiores. Las caras están provistas con orificios 666 para atornillar inicialmente las vigas 621 inferiores a la piedra 632 angular. También se pueden usar otros medios de fijación. Como resultado de esta disposición, los refuerzos de post-tensado causan la compresión previa en el hormigón de las vigas inferiores en la dirección radial entre la columna 624 exterior y la columna 622 central.

20 Como se muestra adicionalmente en la Figura 42, los refuerzos 624R de post-tensado orientados verticalmente causan compresión previa en el hormigón de las columnas 624 exteriores en la dirección vertical. Además, los refuerzos 622R de post-tensado orientados verticalmente causan compresión previa en el hormigón de la columna 622 central en la dirección vertical. Además, los refuerzos 626R de post-tensado orientados horizontalmente causan compresión previa en el hormigón de las vigas 626 superiores en la dirección vertical. Los refuerzos 626R se extienden a partir de la sección 642T superior de la columna 624 exterior a través de la piedra 639 angular superior en la parte superior de la columna 639 central. Del mismo modo, los refuerzos 628R de post-tensado orientados diagonalmente causan compresión previa en el hormigón de las columnas 624 de puntales en la dirección de la longitud de los puntales 628.

25 Como se muestra en la Figura 42, los siguientes elementos estructurales principales - vigas 621 inferiores, columna 622 central, puntales 628, vigas 626 superiores y columnas 624 exteriores - pueden formarse en segmentos o secciones. Por ejemplo, la viga 621 inferior incluye secciones 621 S que están definidas por los mamparos 670 que son perpendiculares a los ejes longitudinales de las vigas 621 inferiores. Los mamparos pueden ser de acero, material compuesto u hormigón, o cualquier combinación de estos materiales. Los mamparos pueden estar en forma de cuadernas o diafragmas huecos o sólidos. Los mamparos 670 ayudan a resistir las presiones hidrostáticas o hidrodinámicas experimentadas por los elementos estructurales principales, tal como la viga 621 inferior. Además, los mamparos 670 permiten una transferencia de carga adecuada de un componente a otro (por ejemplo, entre las vigas 621 inferiores y la piedra 632 angular inferior, y entre las vigas 621 inferiores y la columna 624 exterior), y permite acomodar y mitigar los altos niveles de tensión desarrollados durante el post-tensado.

30 Además de los mamparos 670 orientados verticalmente de la viga 621 inferior, el diseño puede incluir bandas o membranas 672 secundarias orientadas horizontalmente. Estas membranas secundarias pueden ser de cualquier material, tamaño y forma adecuados. Las membranas secundarias permiten una transferencia de carga adecuada de un componente a otro (por ejemplo, entre las vigas 621 inferiores y la piedra 632 angular, y entre las vigas 621 inferiores y la columna 624 exterior) y para acomodar y mitigar los altos niveles de tensión desarrollados durante el post-tensado

35 De manera análoga al uso de los mamparos 670 y las membranas 672 secundarias para reforzar las vigas 621 inferiores, se pueden usar mamparos y membranas adicionales para fortalecer las vigas 626 superiores, la columna 622 central, las columnas 624 exteriores y los puntales 628.

40 Como se muestra en la Figura 43, el dispositivo 644 de generación eólico completado incluye tres vigas 621 inferiores, tres vigas 626 superiores, la torre 612, la turbina 616 eólica y las palas 646 de la turbina. Los puntales 628 no se muestran en la Figura 43 Porque están cubiertos por las vigas 626 superiores.

45 La Figura 45 ilustra que la plataforma 714 puede construirse usando una columna 722 central y cuatro alas 730 que tienen cada una y una columna 728 exterior. Debe entenderse que la plataforma puede estar hecha de cualquier

número de alas. Las alas pueden orientarse con la misma separación angular circunferencial, tal como estar separadas circunferencialmente a 90 grados como se muestra en la Figura 45.

- 5 Las formas de sección transversal de vigas y puntales pueden ser cuadradas, rectangulares, circulares o cualquier otra forma adecuada. Además, aunque una realización de la plataforma 610 de turbina eólica incluye vigas inferiores horizontales que conectan la columna central con la columna exterior, vigas superiores horizontales que conectan la columna central con la columna exterior y puntales, debe entenderse que en realizaciones alternativas la plataforma 610 se construye con menos de todos esos elementos estructurales principales. Por ejemplo, en una realización, la plataforma 610 se construye sin los puntales 628. En otro ejemplo, la plataforma se construye sin las vigas 626 superiores.
- 10 Las vigas 621 inferiores, las vigas 626 superiores y los puntales 628 tienen una integridad estructural suficiente, y las conexiones entre las vigas 621 inferiores, las vigas 626 superiores y los puntales 628 son lo suficientemente sólidas, por lo que en algunas realizaciones no hay necesidad de conectar columnas exteriores adyacentes entre sí con enlaces perimetrales estructuralmente sustanciales. La conexión a través de las piedras 632 y 639 angulares es suficiente para mantener la integridad estructural de la plataforma 610 cuando está en operación en mar abierto.
- 15 En una realización, las vigas inferiores y las vigas superiores incluyen refuerzos de post-tensado, que causan precompresión en el hormigón en las direcciones tangenciales horizontal o vertical, perpendiculares a las líneas radiales entre las columnas exteriores y la columna central.
- En otra realización, las vigas inferiores son vigas de caja huecas en las cuales uno o más espacios huecos interiores están: (a) llenos con aire, (b) parcialmente llenos con agua, o (c) sustancialmente llenos con agua.
- 20 En aún otra realización, los espacios huecos se llenan principalmente de aire durante las operaciones en el lado del muelle, y se llenan parcial o totalmente con agua de lastre durante el tránsito y en su posición final amarrada dentro de un parque eólico en alta mar.
- En otra realización, uno o más de los espacios interiores de la viga de la caja hueca incluye un orificio que se puede abrir abierto al agua de mar circundante, lo que permite una ecualización al menos parcial de las presiones de agua interiores y exteriores.
- 25 La plataforma de la reivindicación 1 con líneas de amarre de forma general catenaria unidas a las columnas radiales exteriores en un lado y para anclar puntos en el lecho marino en el otro lado, permitiendo que la plataforma semisumergible permanezca en la estación.
- 30 La plataforma de la reivindicación 22, en la cual los puntos de anclaje en el lecho marino sean uno de los siguientes: (a) un anclaje de arrastre, (b) un anclaje de roca perforada, (c) un anclaje de gravedad, (d) un anclaje de succión, y (e) una combinación de anclaje de succión por gravedad.
- 35 El principio y modo de operación de la plataforma de turbina eólica se han descrito en sus realizaciones preferidas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la plataforma de turbina eólica descrita en este documento puede ponerse en práctica de manera diferente a la que se ilustra y describe específicamente sin apartarse de su alcance como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una plataforma (510) de turbina eólica semisumergible capaz de flotar en un cuerpo de agua y soportar una turbina (516) eólica sobre una columna central vertical, la plataforma (510) de turbina eólica que comprende una base (514) y una torre (512) compuesta montada en la base (514), en donde la base (514) está configurada para ser semisumergible, de manera que una porción de la base (514) está sobre el agua cuando la base (514) está flotando en un cuerpo de agua, la base (514) que incluye:
- una columna (522) central vertical;
- tres o más columnas (524) exteriores verticales separadas radialmente de la columna (522) central;
- 10 una viga (521) inferior que se extiende sustancialmente horizontal entre una porción inferior de cada columna (524) exterior y una porción inferior de la columna (522) central; y
- una viga (526) superior que se extiende sustancialmente horizontal entre una porción superior de cada columna (524) exterior y una porción superior de la columna (522) central;
- 15 en donde las vigas (521) inferiores están conectadas a la columna (522) central con una piedra angular (532) inferior en la columna (522) central, con la piedra (532) angular inferior que tiene caras (623) de conexión circunferencialmente separadas para la conexión de las vigas (521) inferiores a la piedra (532) angular inferior;
- en donde las vigas (521) inferiores son miembros de hormigón pretensado e incluyen refuerzos (621R) post-tensados, causando la previa compresión en el hormigón de las vigas inferiores en la dirección radial entre las columnas (524) exteriores y la columna (522) central, y los refuerzos (621R) de post-tensado están anclados en la piedra (532) angular inferior;
- 20 en donde la columna (522) central y las columnas (524) exteriores están hechas de hormigón y son flotantes con suficiente flotabilidad para ayudar a sostener la torre (512) compuesta; y
- en donde las columnas exteriores (524) no están conectadas entre sí por miembros estructurales perimetrales.
2. La plataforma (510) de la reivindicación 1, que incluye un puntal (528) que se extiende entre una porción inferior de cada columna (524) exterior y una porción superior de la columna (522) central.
- 25 3. La plataforma (510) de la reivindicación 1, en donde la viga (621) inferior y la viga (626) superior incluyen refuerzo (670, 672) estructural para aumentar la resistencia a la flexión global y local.
4. La plataforma (510) de la reivindicación 3, en donde el refuerzo estructural está en forma de mamparos (670) orientados sustancialmente perpendiculares a un eje de la viga (621) inferior y la viga (626) superior.
- 30 5. La plataforma (510) de la reivindicación 4, en donde el refuerzo estructural está en forma de membranas (672) huecas o sólidas orientadas sustancialmente en una dirección paralela a los ejes longitudinales de las vigas (621, 626) inferior y superior.
6. La plataforma (510) de la reivindicación 1, en donde las vigas (621) inferiores son vigas de caja huecas, y en donde uno o más espacios huecos interiores están: (a) llenos con aire, (b) parcialmente llenos con agua, o (c) sustancialmente llenos con agua.
- 35 7. La plataforma (510) de la reivindicación 1, en donde la viga (526) superior está conectada a la columna (522) central con una piedra (539) angular superior en la columna (522) central, con la piedra (539) angular superior que tiene circunferencialmente caras de conexión separadas para la conexión de una pluralidad de las vigas (526) superiores a la piedra (539) angular.
- 40 8. La plataforma (510) de la reivindicación 2, en donde la viga (536) superior incluye refuerzos (626R) post-tensados, y el puntal (528) incluye refuerzos (628R) post-tensados, los refuerzos (626R, 628R) post-tensados causan la previa compresión en el hormigón entre las columnas (524) exteriores y la columna (522) central, y en donde las columnas (524) central y exterior incluyen refuerzos (622R, 624R) de post-tensado, causando la previa compresión vertical en el hormigón.
- 45 9. Un método para ensamblar una plataforma (510) de turbina eólica flotante de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el método: ensamblar al menos tres alas (530) de plataforma en dos o más dispositivos (B) de flotación en un cuerpo de agua, cada ala (530) de plataforma que tiene una viga (521) inferior y al menos una porción de base de una columna (524P, 522P) exterior o central, con cada dispositivo (B) de flotación que soporta una o más alas (530) de plataforma;
- 50 reunir los dispositivos (B) de flotación dispuestos alrededor de una piedra (532) angular inferior; unir cada ala (530) de plataforma a las caras (623) de conexión circunferencialmente separadas de la piedra (532) angular inferior para formar la porción inferior de una base (514) para una plataforma (510) de turbina eólica, con las columnas (524)

exteriores separadas radialmente a partir de la piedra (532) angular inferior, y las columnas (524) exteriores igualmente separadas circunferencialmente alrededor de la piedra (532) angular inferior;

retirar los dispositivos (B) de flotación de debajo de las alas (530) de plataforma de manera que la base (514) flote en el cuerpo de agua para definir una plataforma (510) de turbina eólica flotante;

- 5 agregar secciones (524S) de columna a las porciones de base de las columnas (524) exteriores para formar columnas (524) exteriores completadas;
- construir una columna (522) central en la piedra (532) angular inferior; agregar una piedra (539) angular superior en la parte superior de la columna (522) central; y
- 10 conectar las vigas (526) superiores entre la piedra (539) angular superior y las partes superiores de las columnas (524) exteriores.
10. El método de la reivindicación 9, que incluye agregar un puntal (528) a la plataforma de turbina eólica flotante, con los puntales colocados entre la columna (522) central y las columnas exteriores.
11. La plataforma (510) de la reivindicación 1, caracterizada además porque la columna (522) central vertical incluye: una porción superior que tiene pernos de anclaje orientados hacia arriba incrustados en el hormigón; y
- 15 una torre (512) compuesta hecha de un material compuesto reforzado con fibra y que tiene una placa base inferior, con la placa base atornillada a la columna (522) central vertical utilizando los pernos de anclaje.
12. La plataforma (510) de la reivindicación 11, en donde la torre (512) compuesta es un conjunto de secciones (216) de torre, con la unión (16A - 16K) entre las secciones adyacentes hecha por pernos (34) de anclaje incrustados en el material compuesto.
- 20 13. La plataforma (510) de la reivindicación 1, en donde las vigas (526) superiores están conectadas a la columna (522) central con una piedra (539) angular superior en la columna (522) central, con la piedra (539) angular superior que tiene caras de conexión separadas circunferencialmente para la conexión de las vigas (526) superiores a la piedra (539) angular.
- 25 14. La plataforma (510) de la reivindicación 13, que incluye un puntal (528) que se extiende entre una porción inferior de cada columna (524) exterior y una porción superior de la columna (522) central.

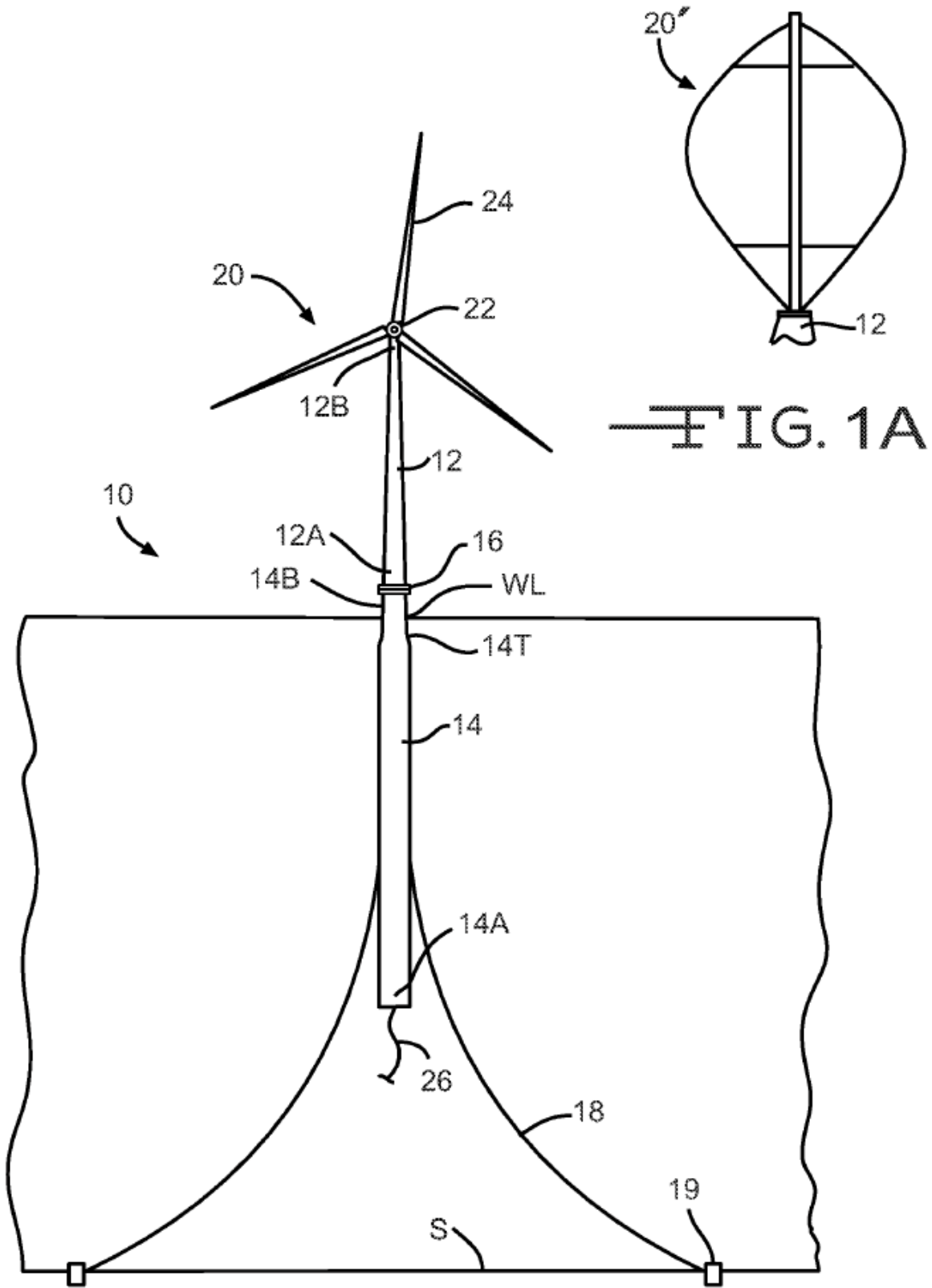


FIG. 1A

FIG. 1

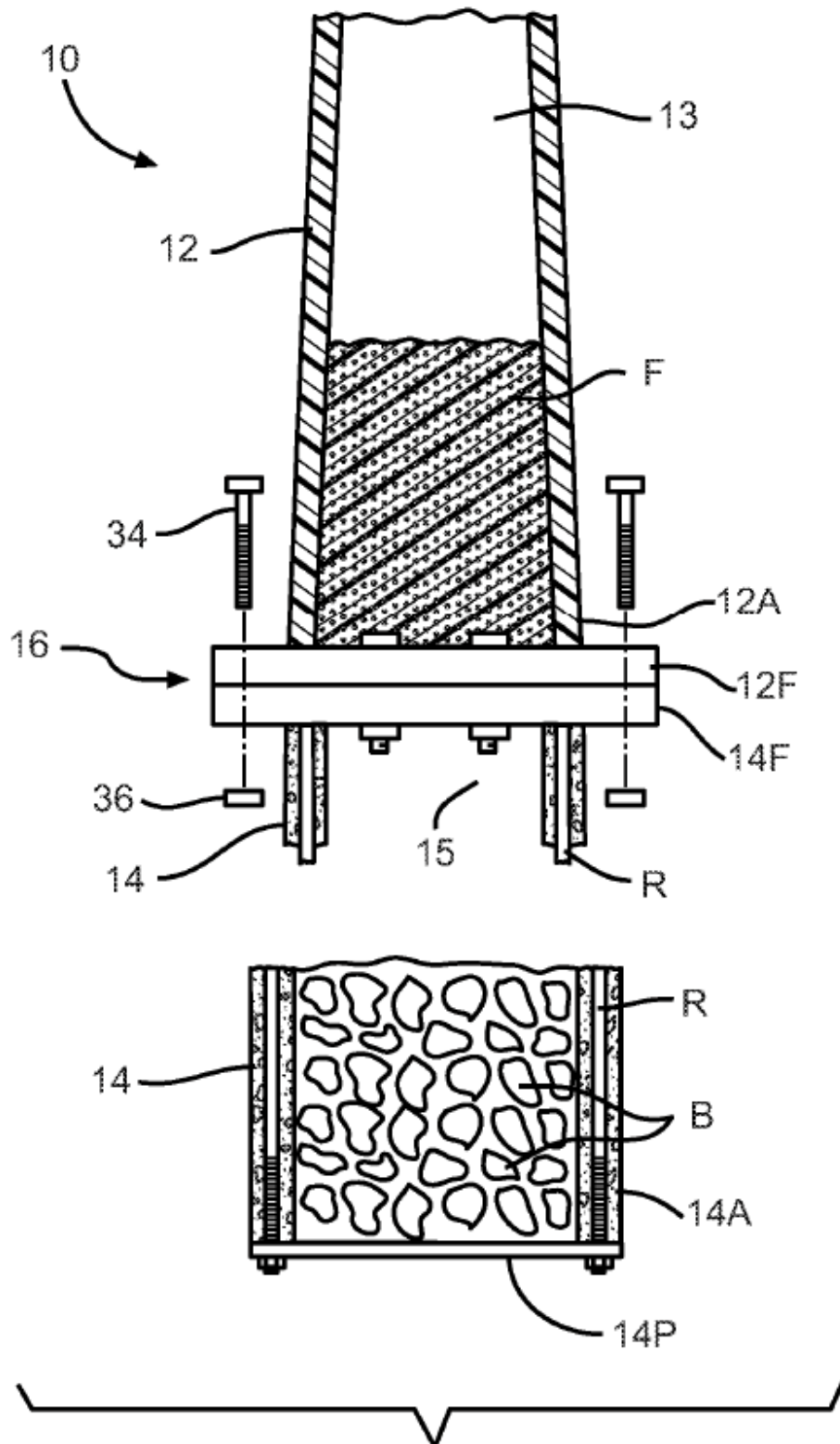
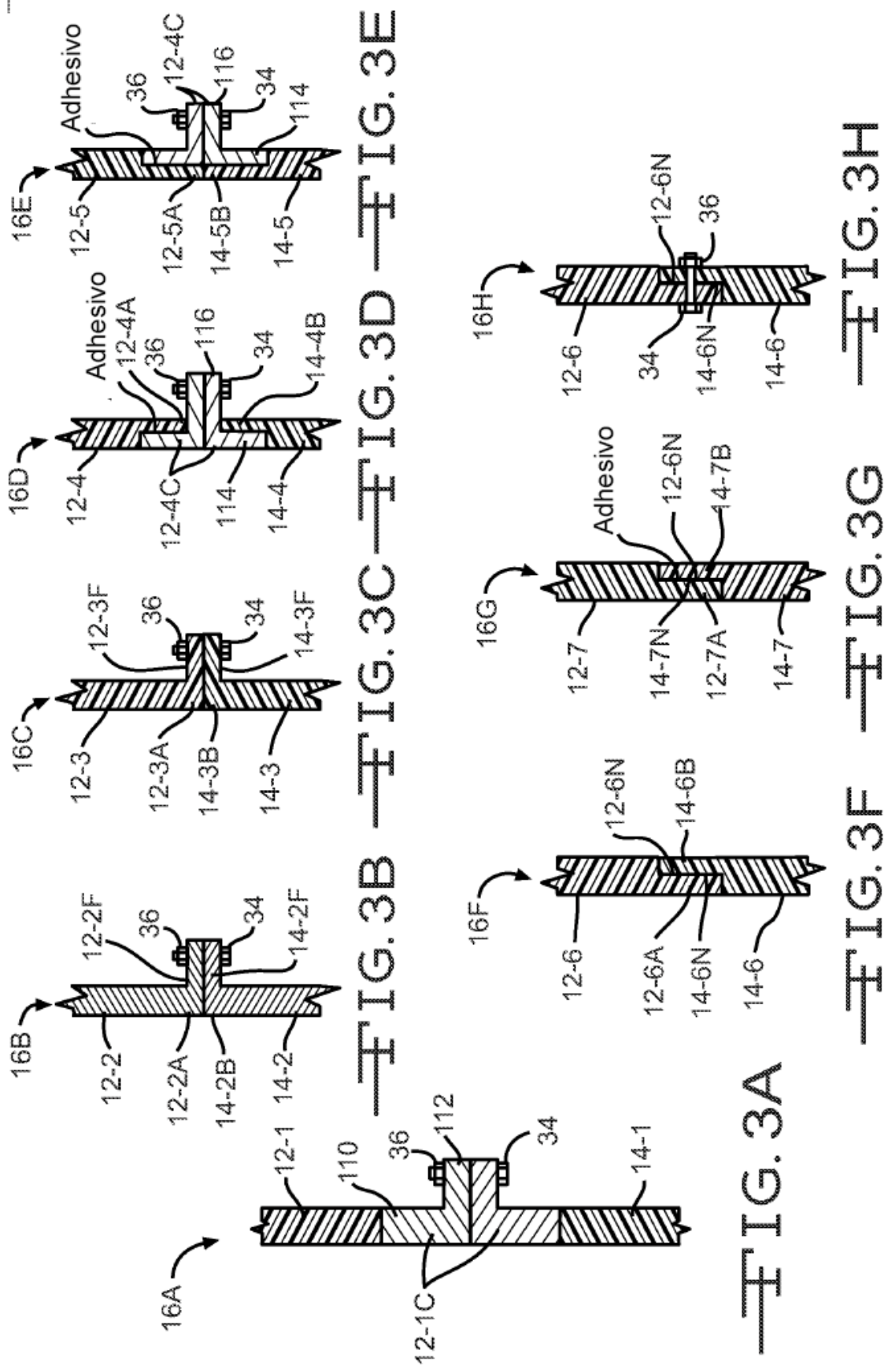


FIG. 2



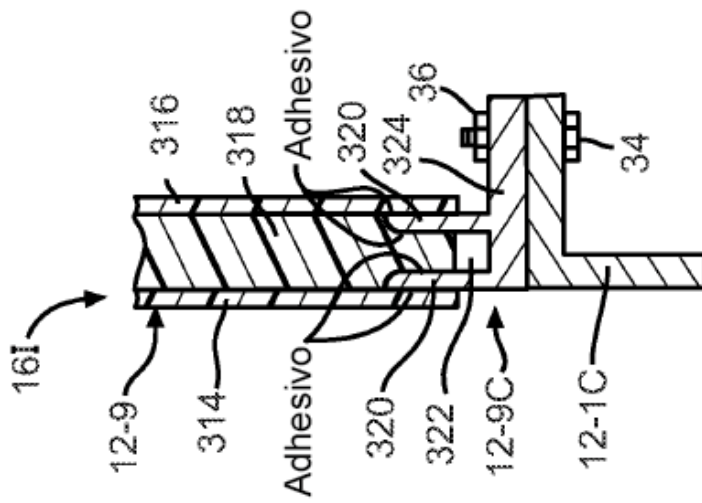


FIG. 3I

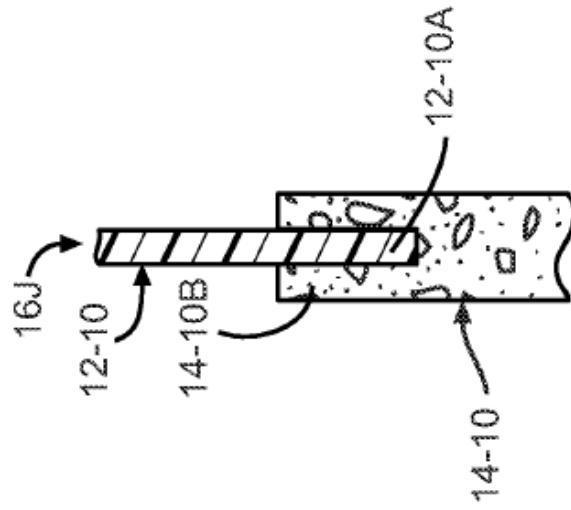


FIG. 3J

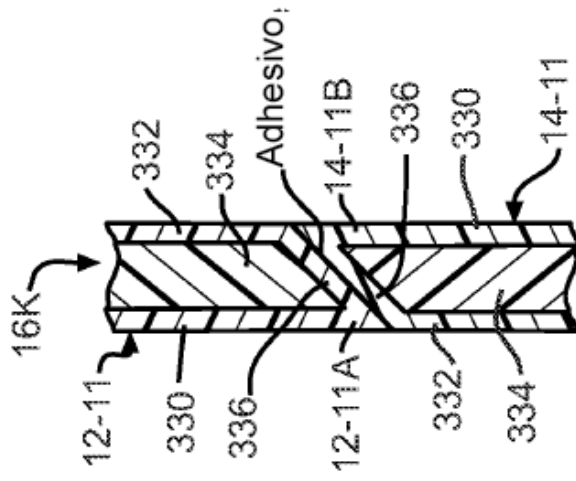


FIG. 3K

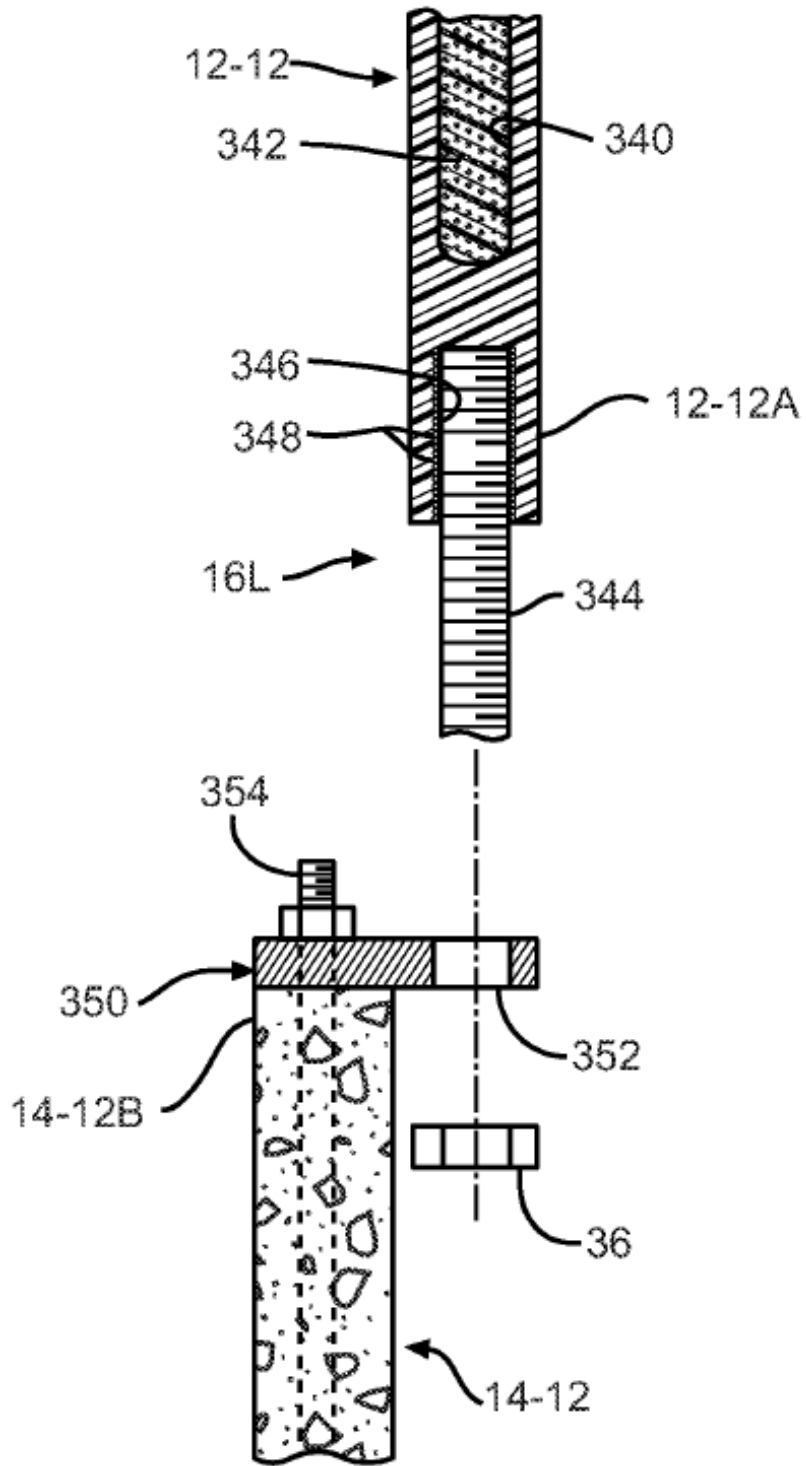


FIG. 3L

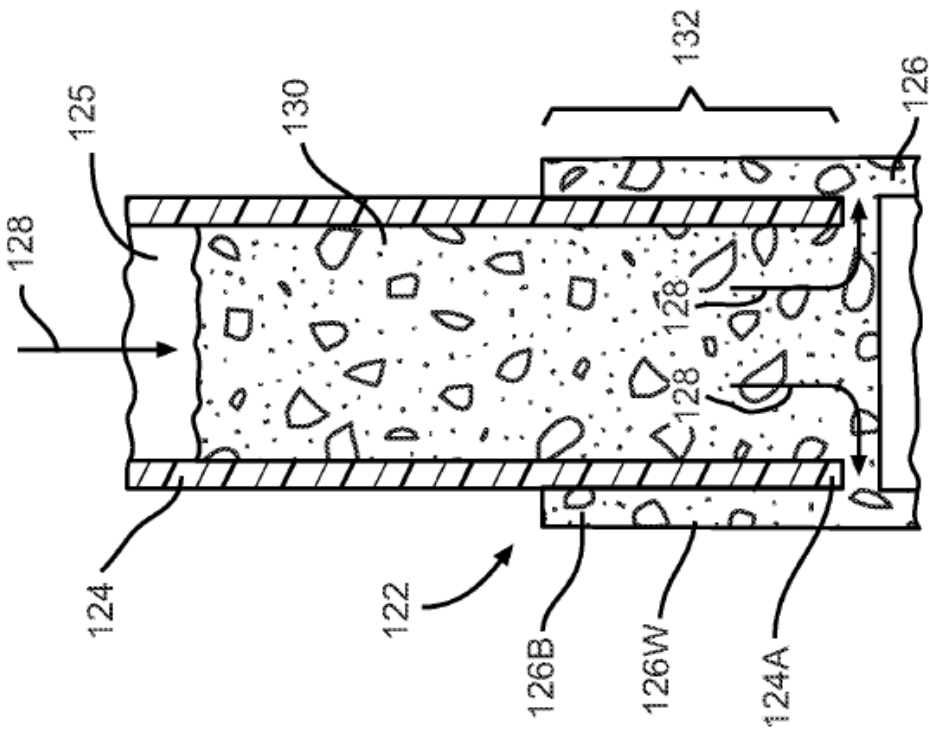


FIG. 4

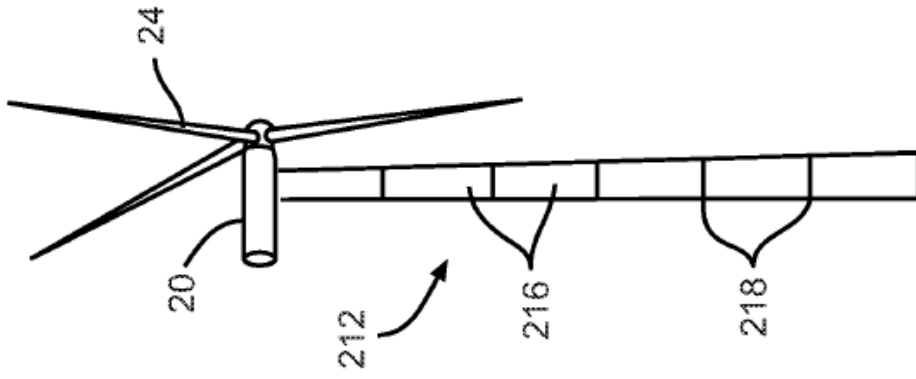


FIG. 5

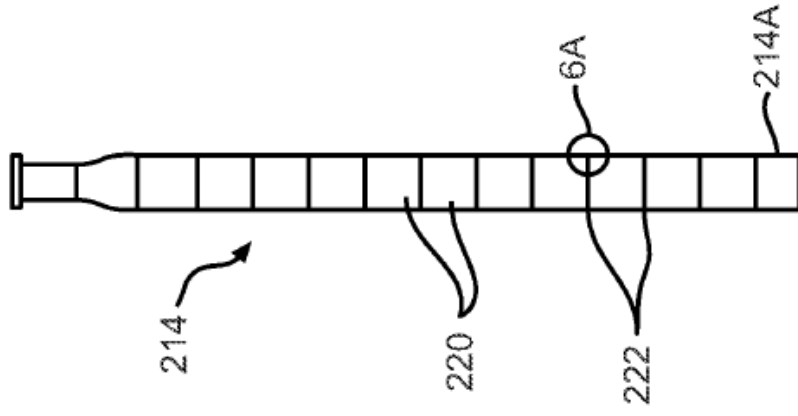


FIG. 6

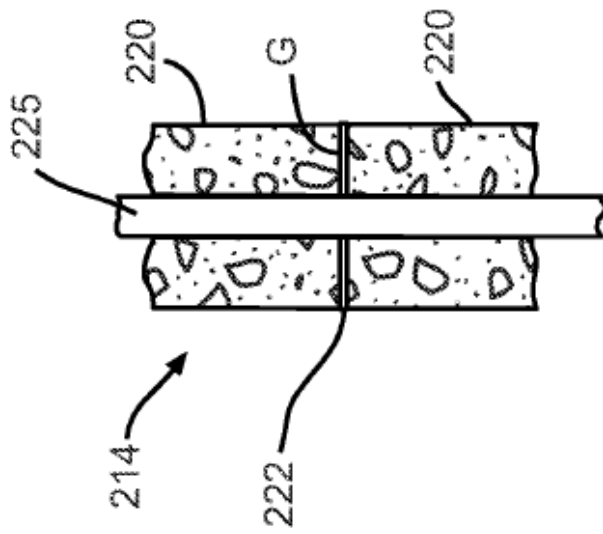


FIG. 6A

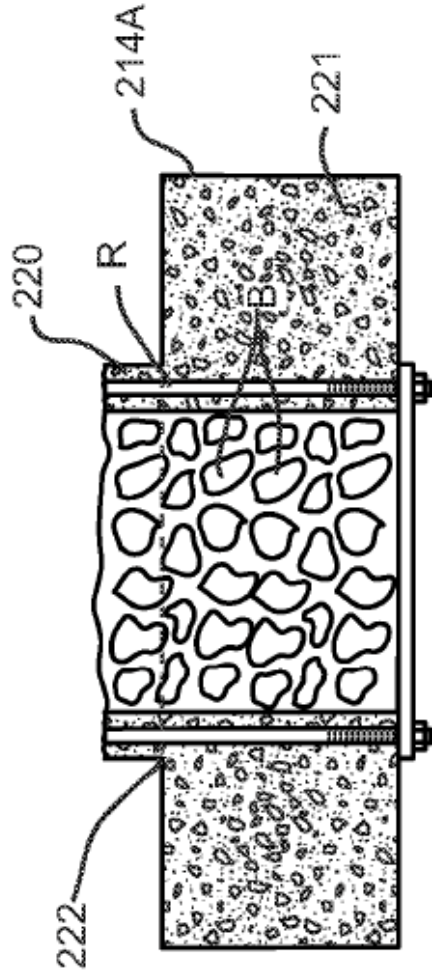


FIG. 6B

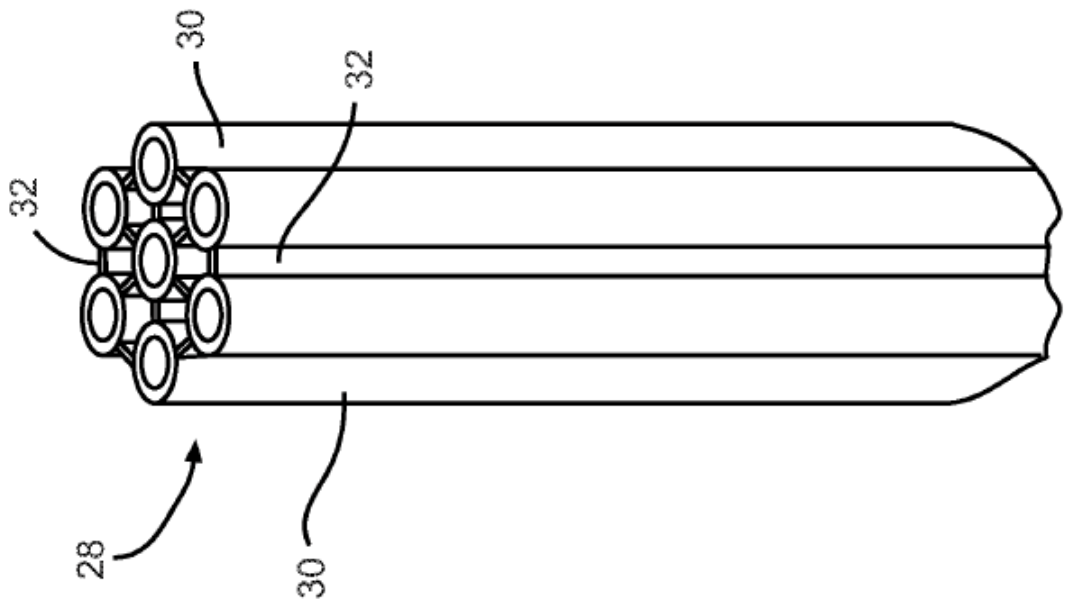


FIG. 7

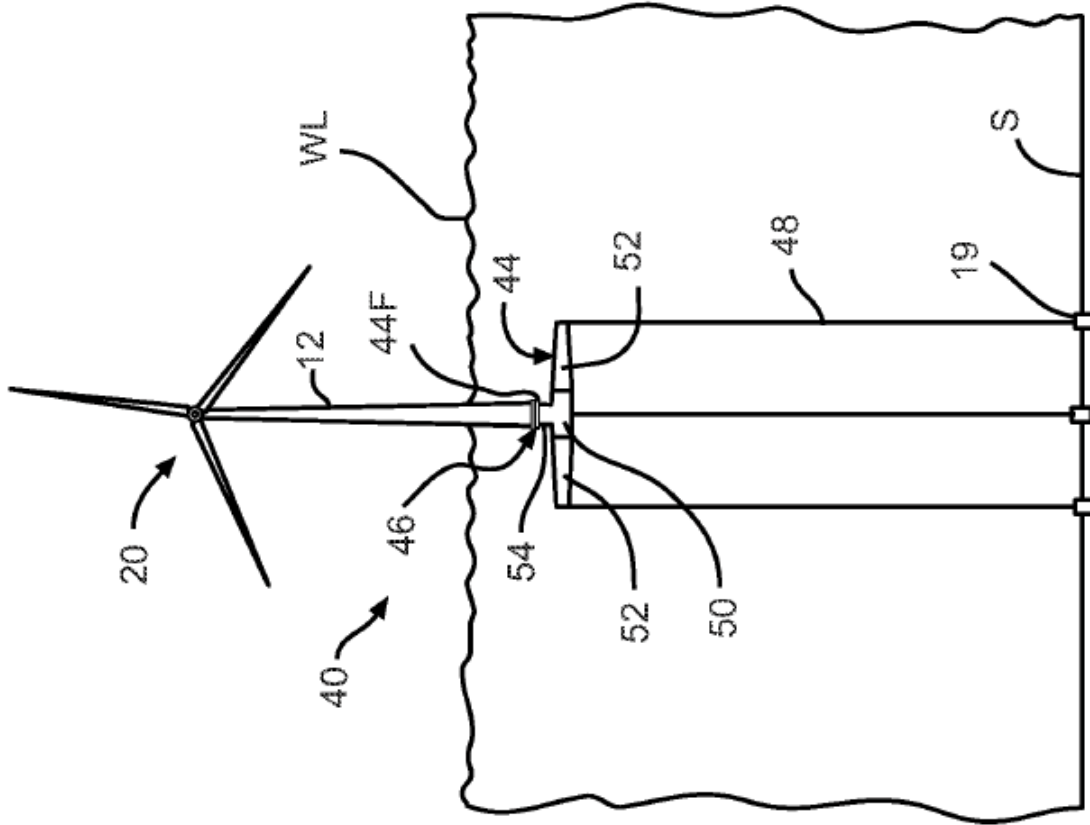


FIG. 8

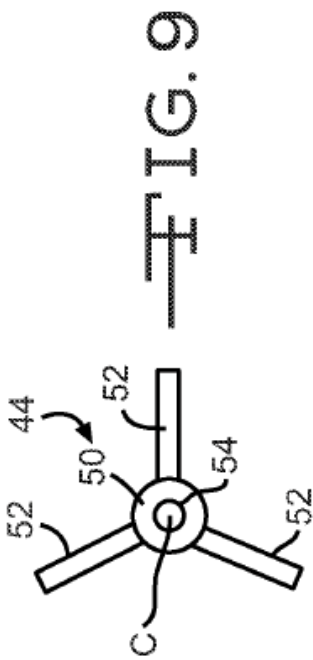


FIG. 9

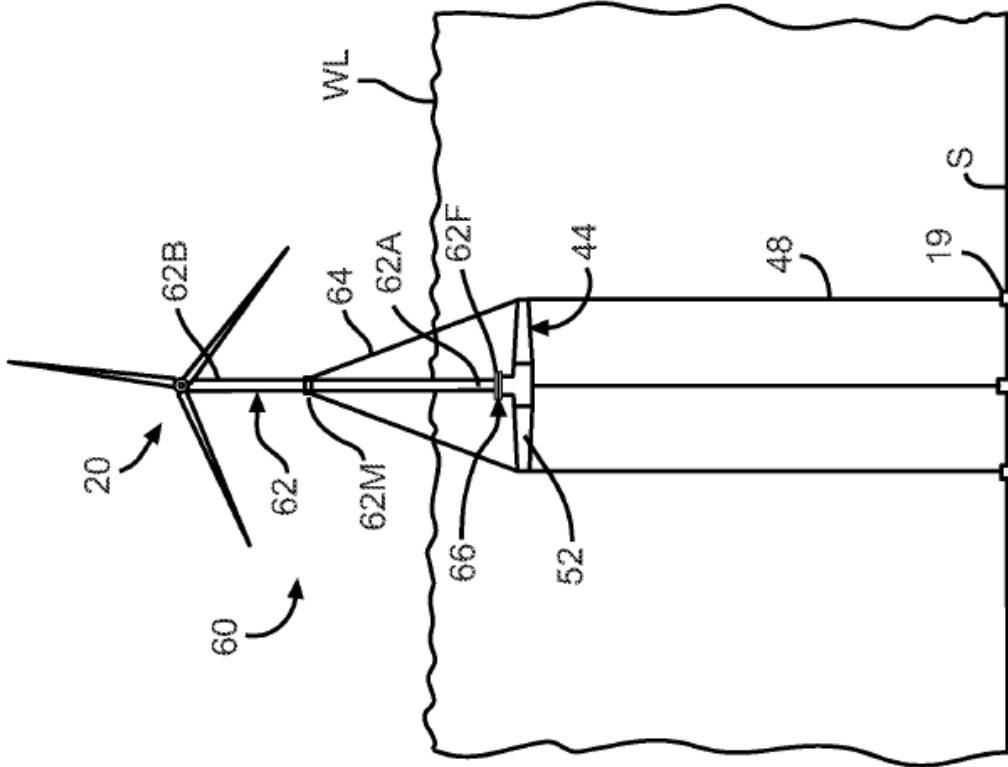


FIG. 11

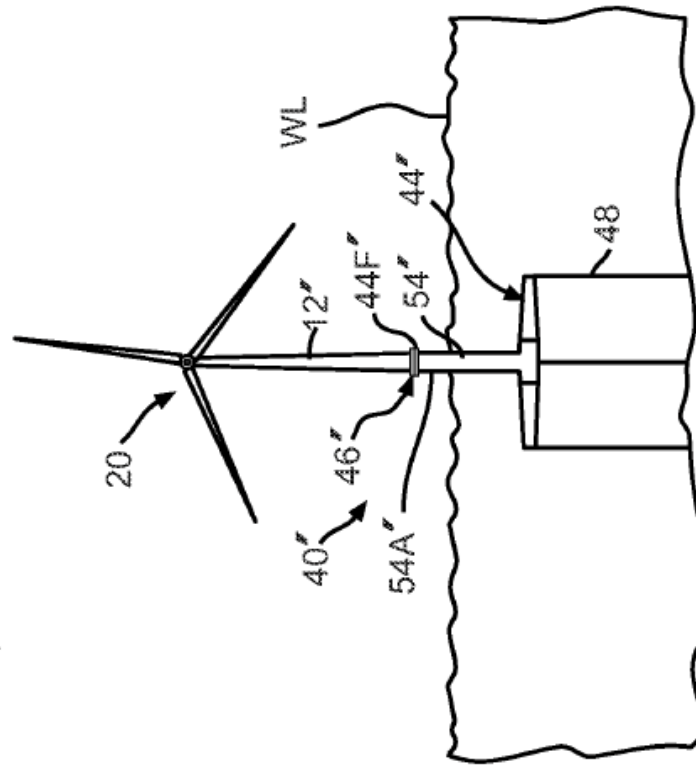


FIG. 10

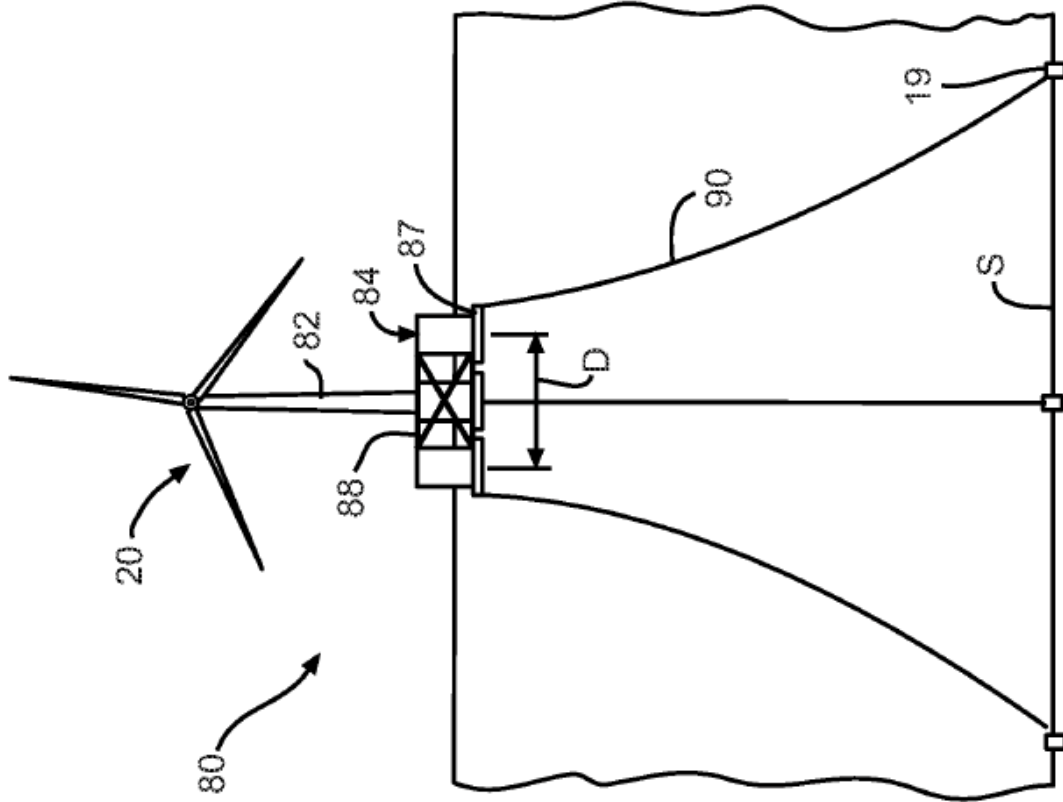


FIG. 13

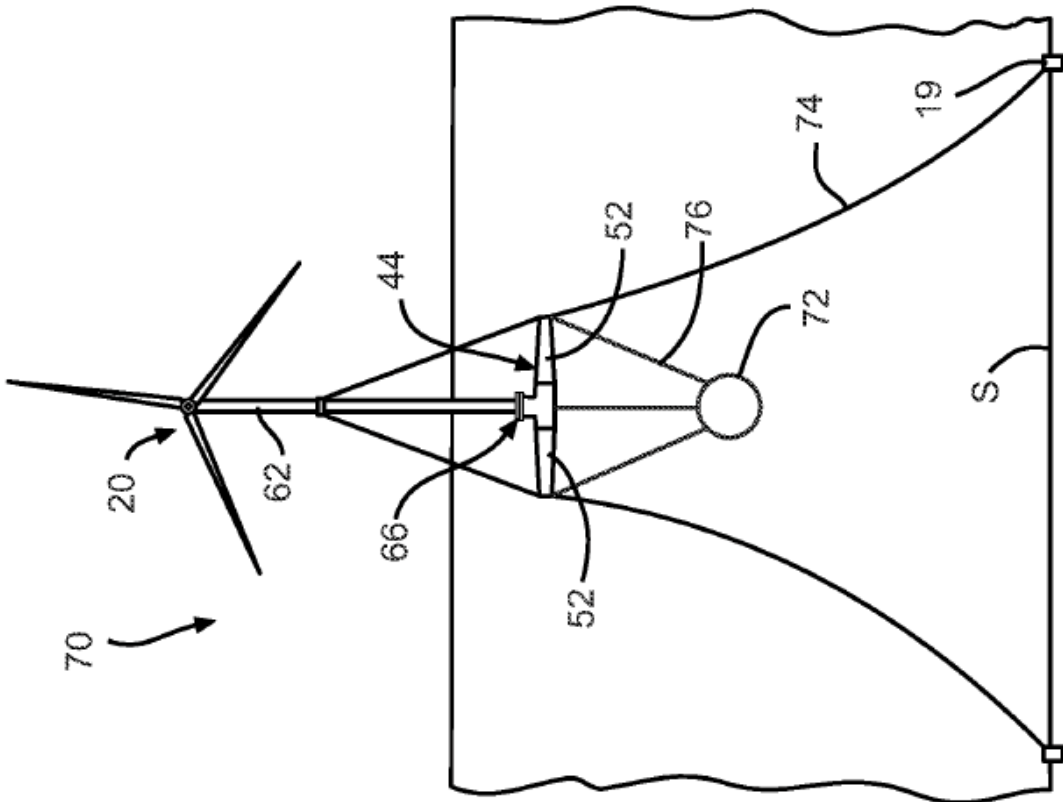
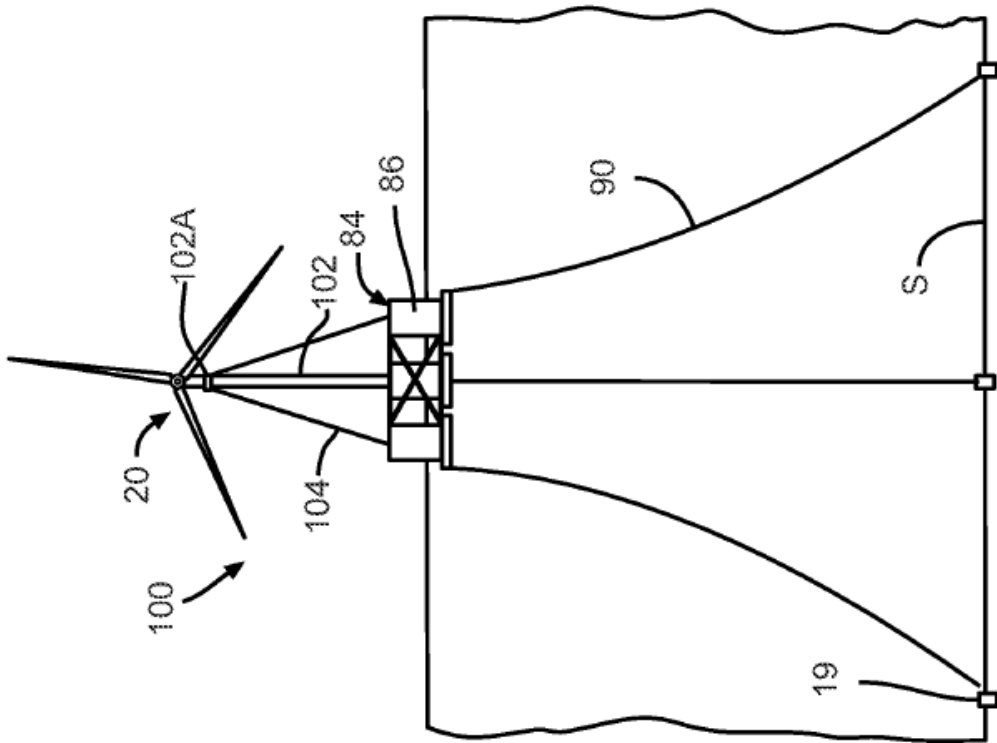
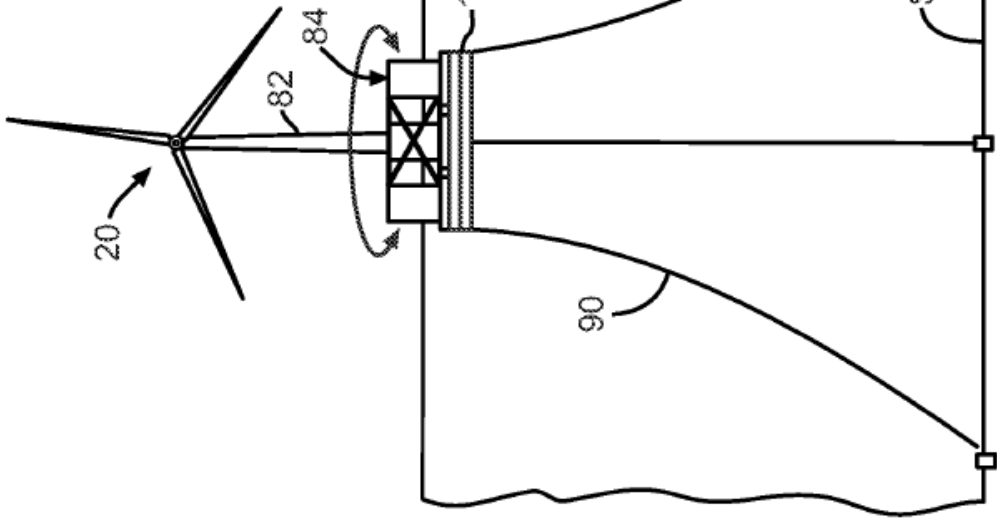
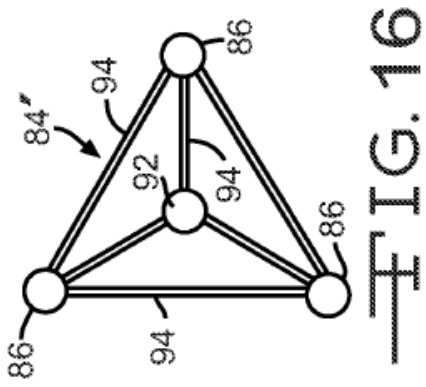


FIG. 12



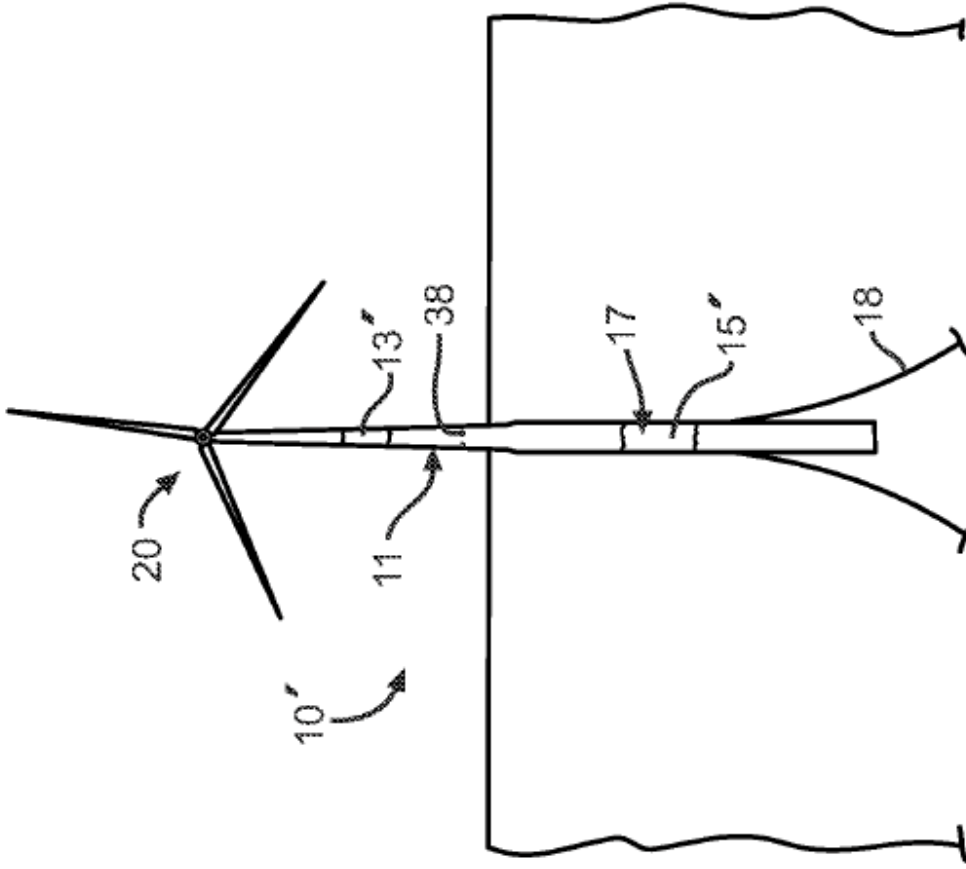


FIG. 19

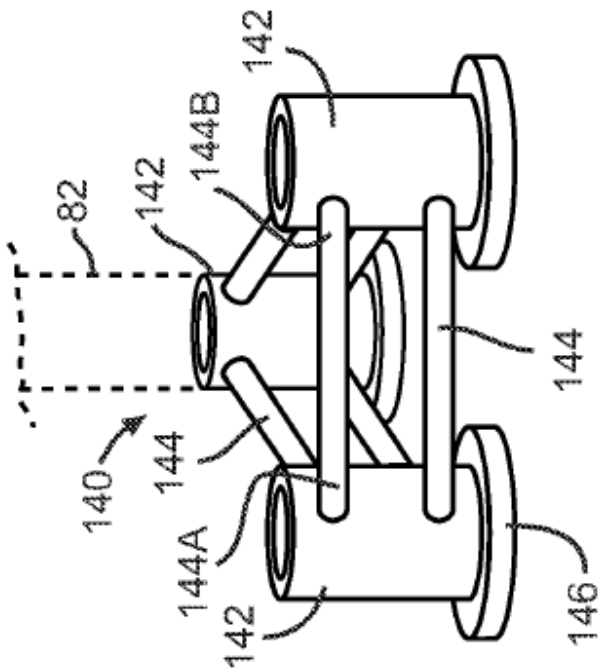


FIG. 17

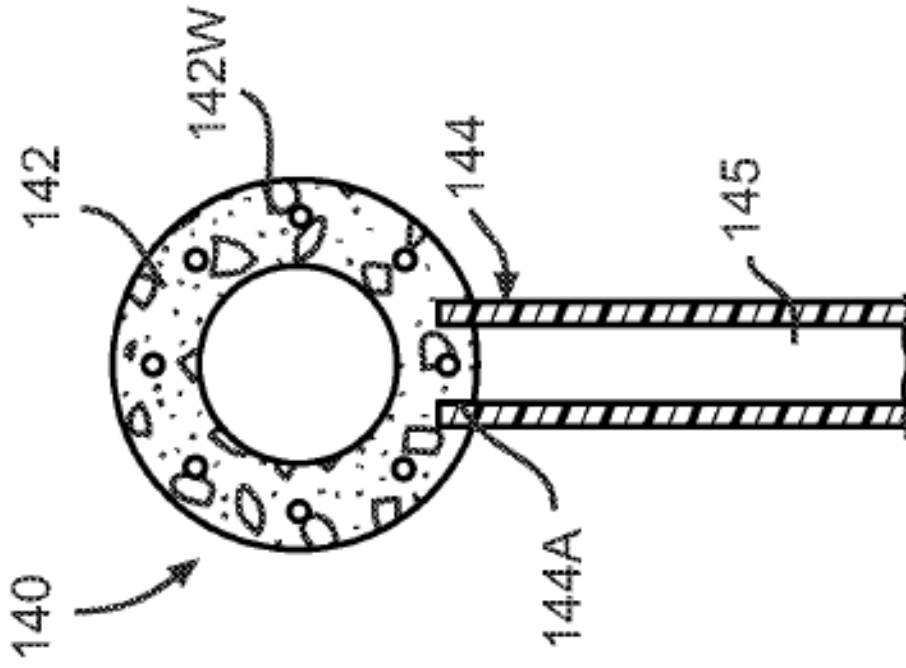


FIG. 18A

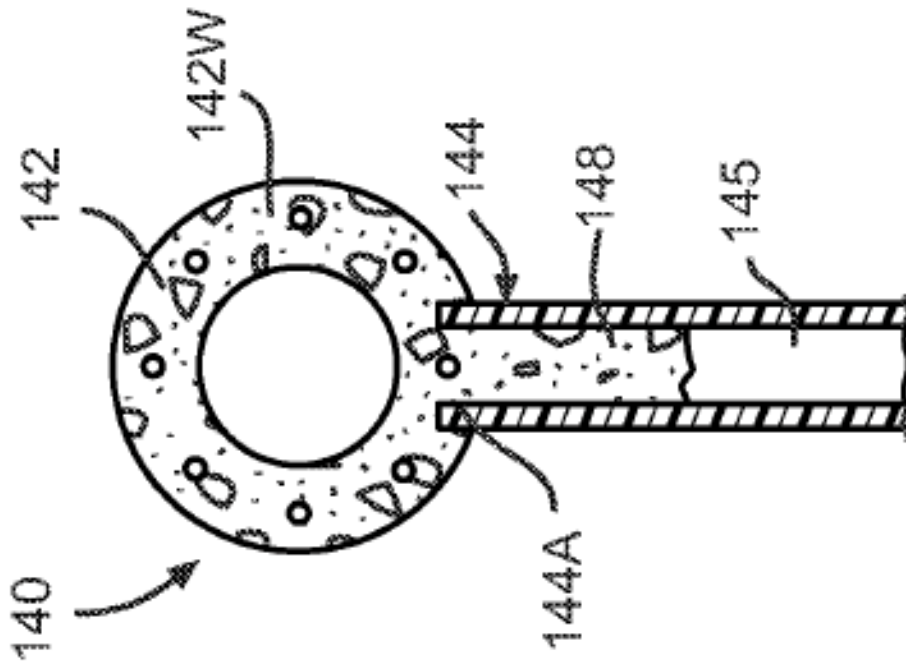
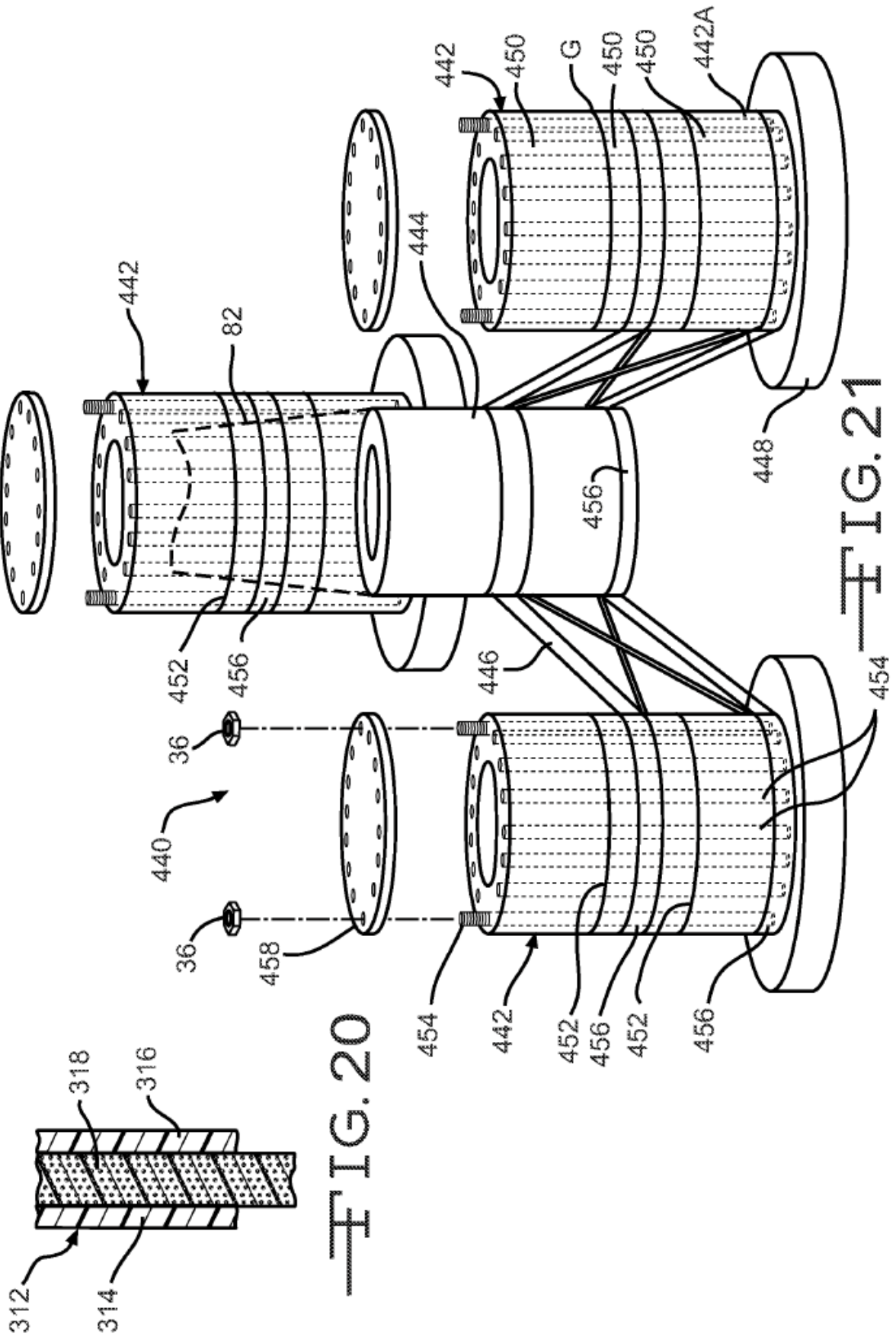


FIG. 18B



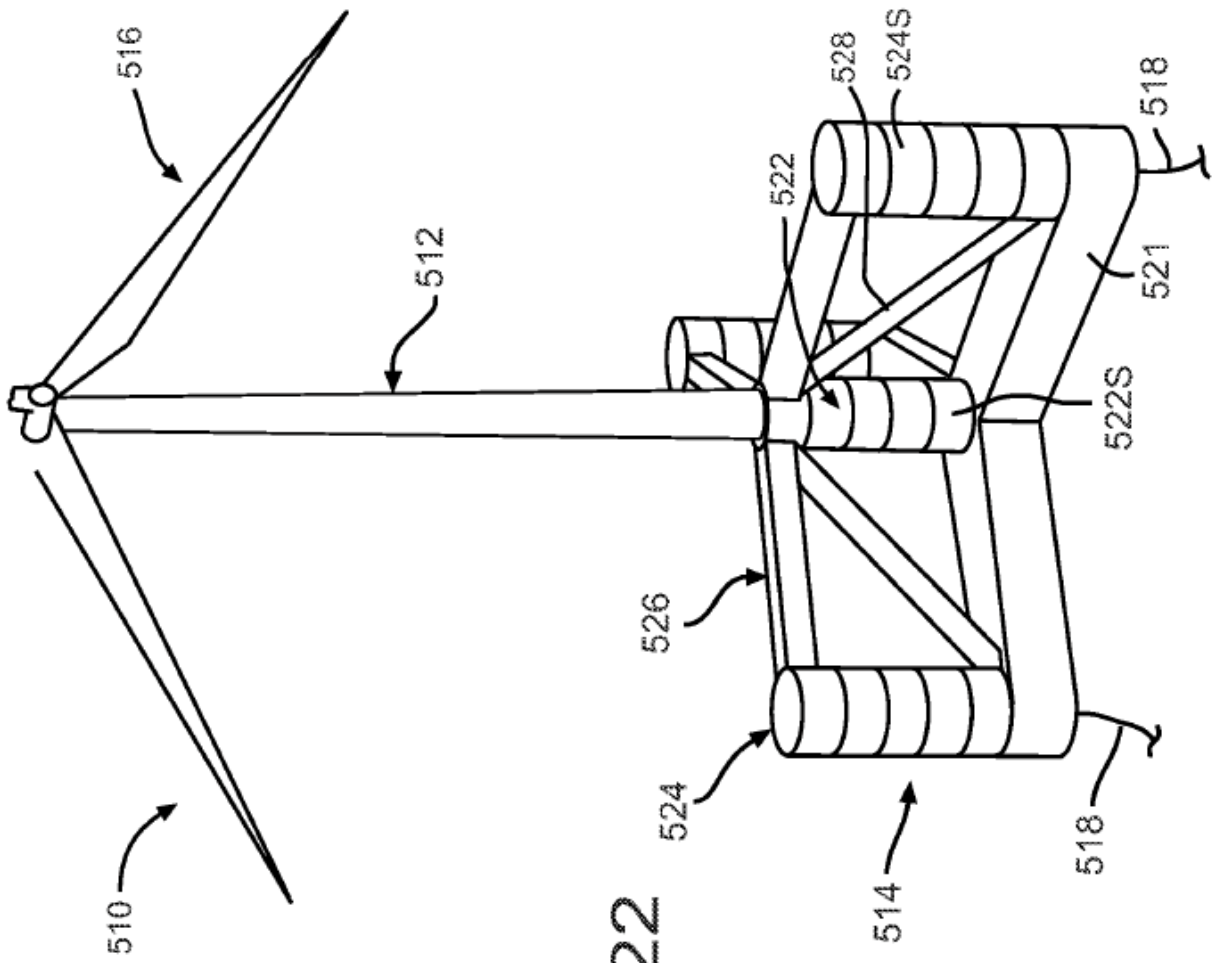


FIG. 22

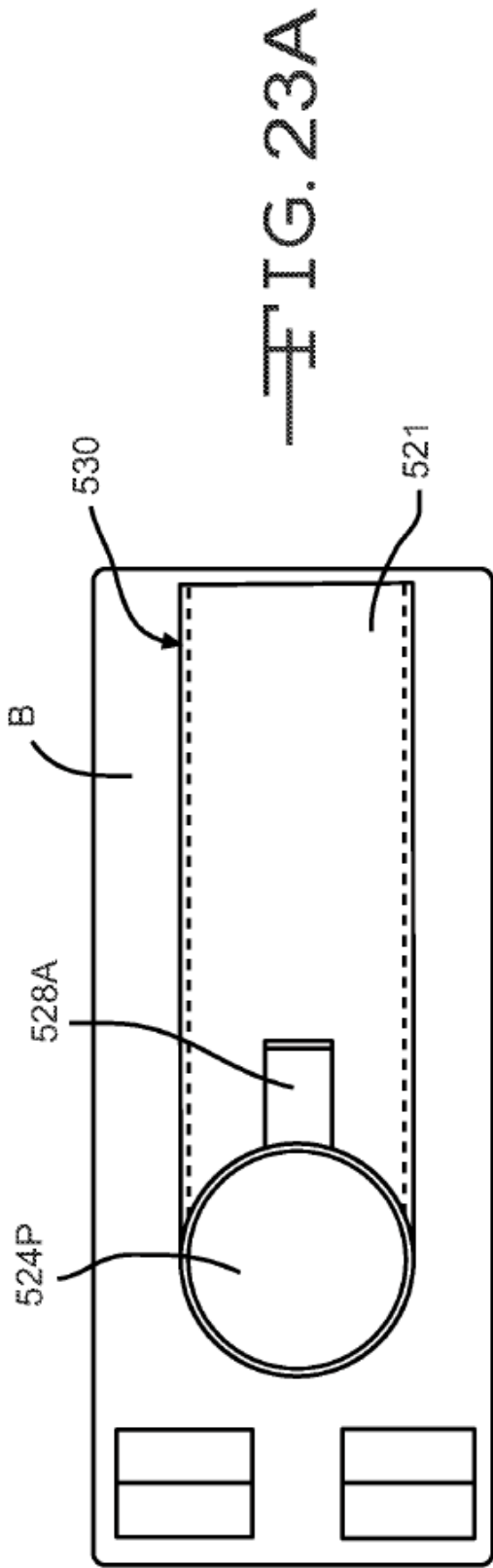


FIG. 23A

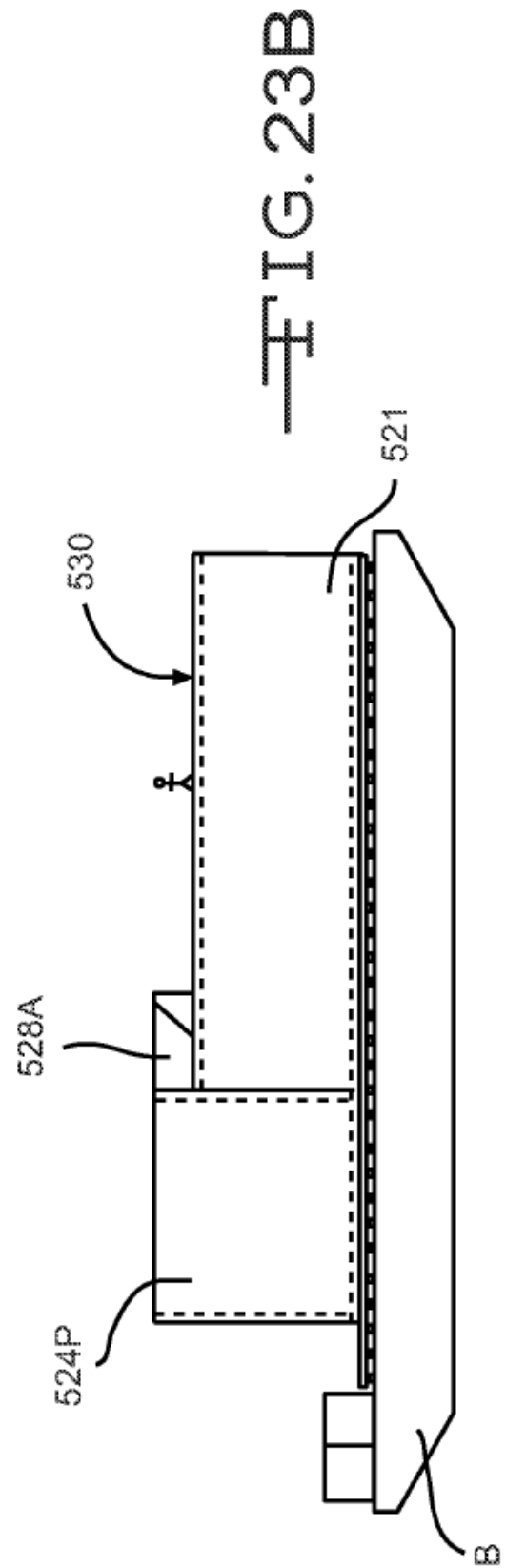
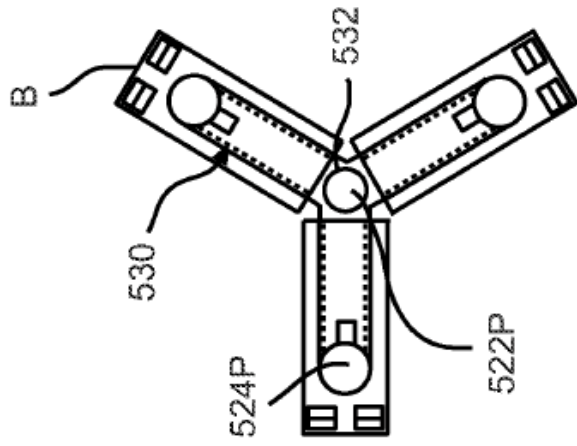
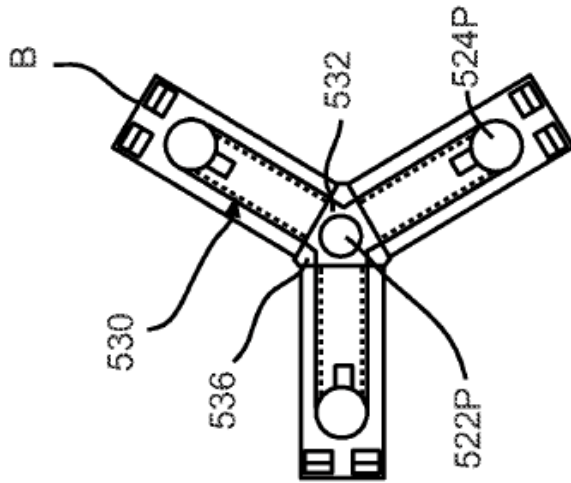


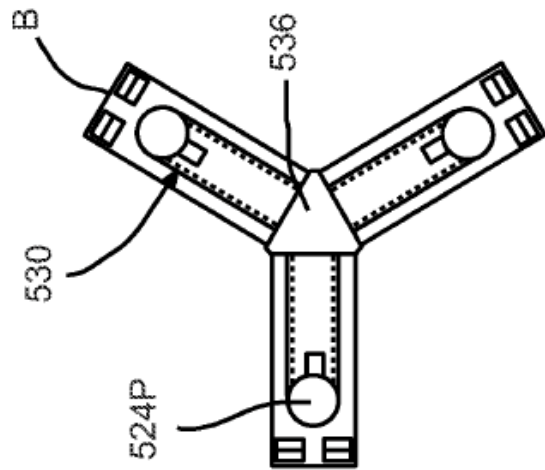
FIG. 23B



—FIG. 24C



—FIG. 24B



—FIG. 24A

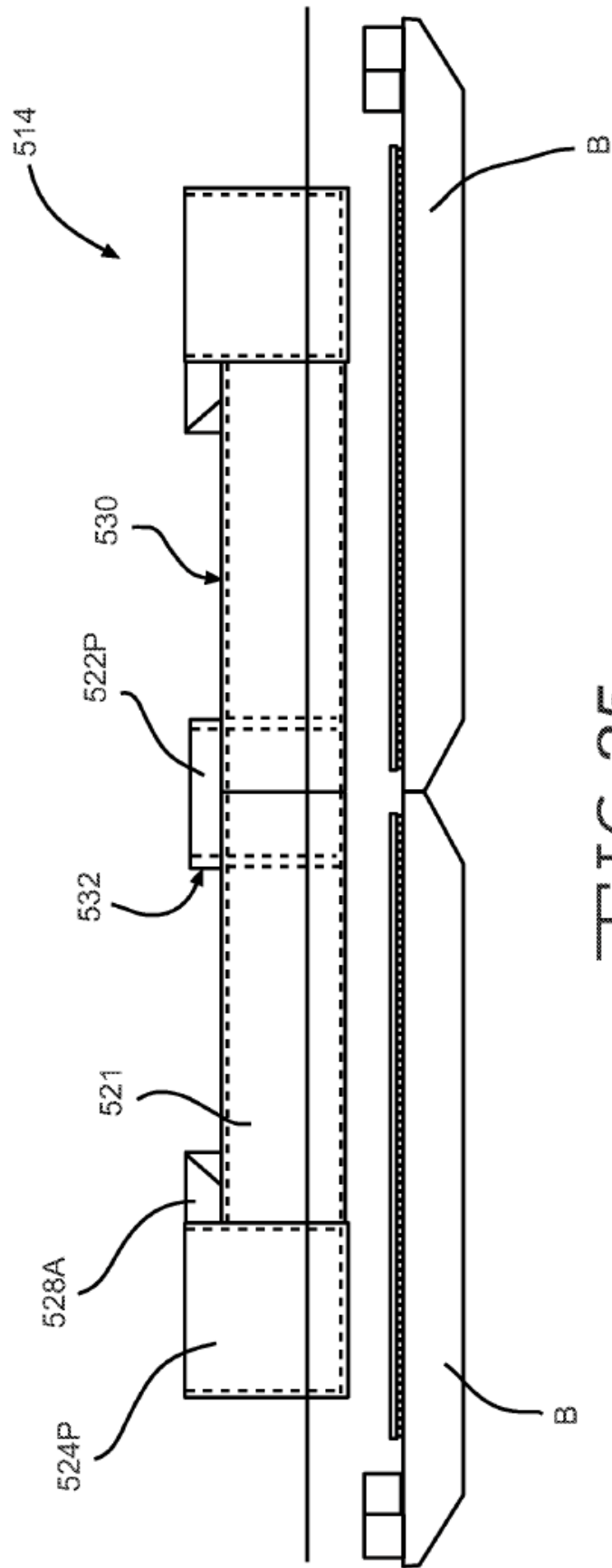


FIG. 25

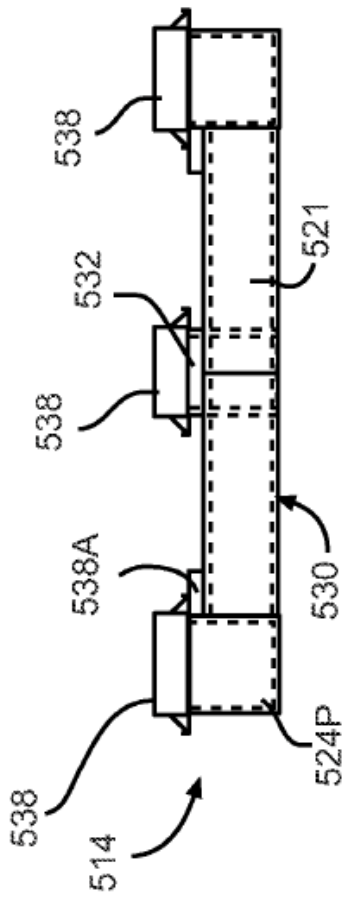


FIG. 26B

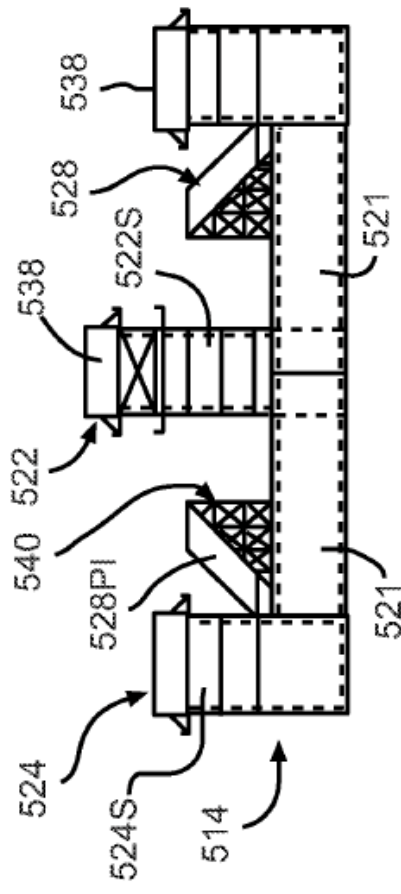


FIG. 26C

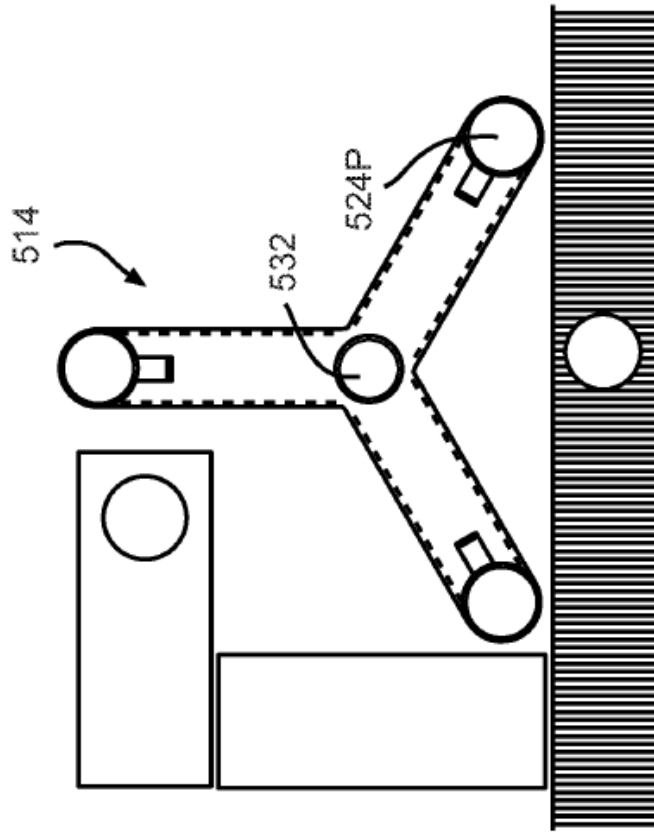


FIG. 26A

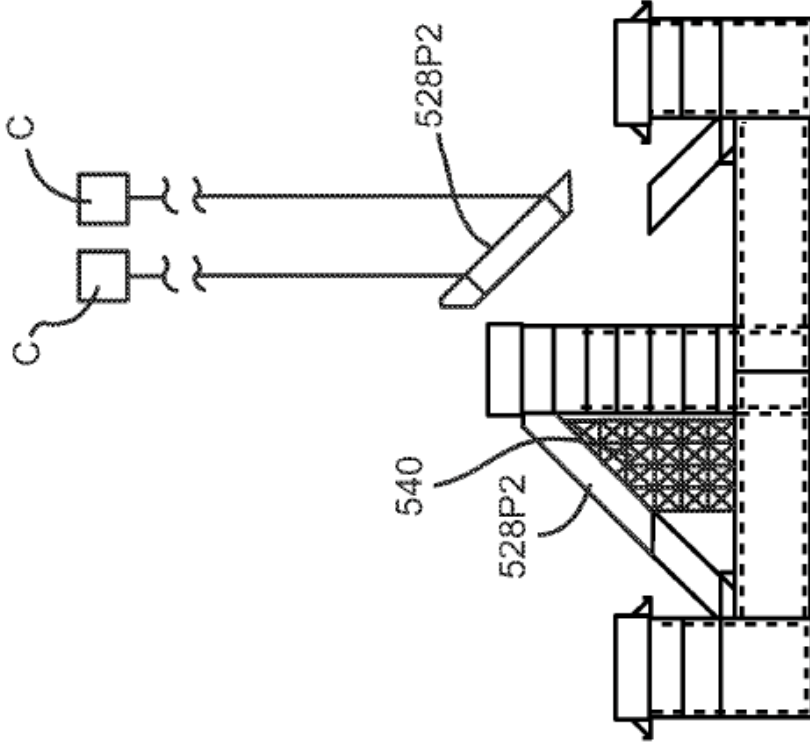


FIG. 27B

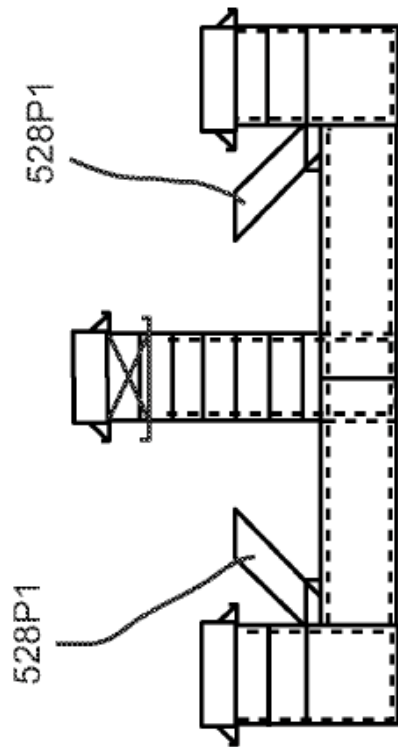


FIG. 27A

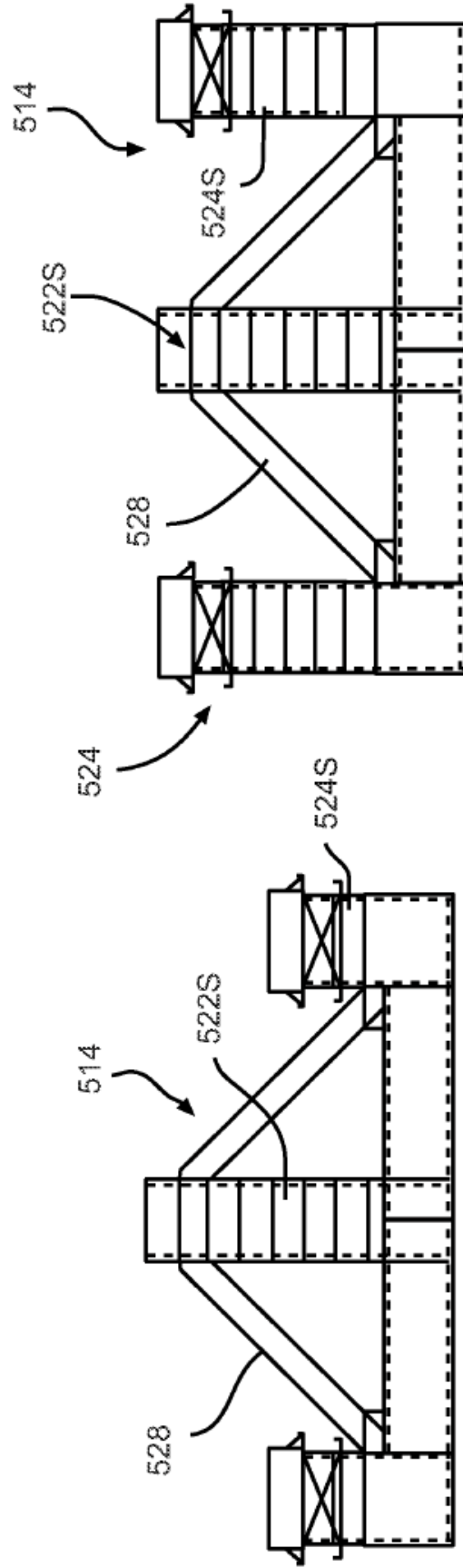


FIG. 28B

FIG. 28A

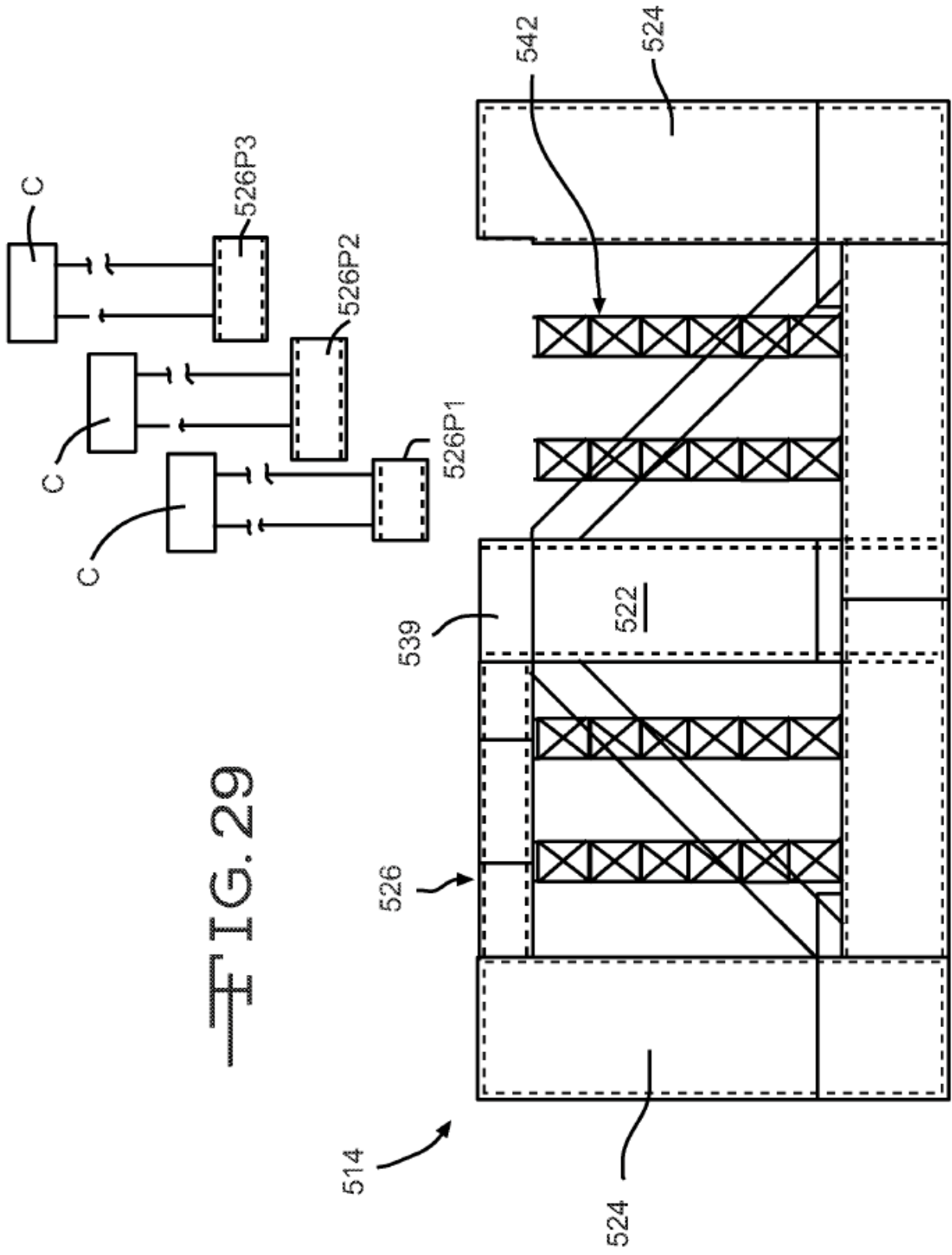
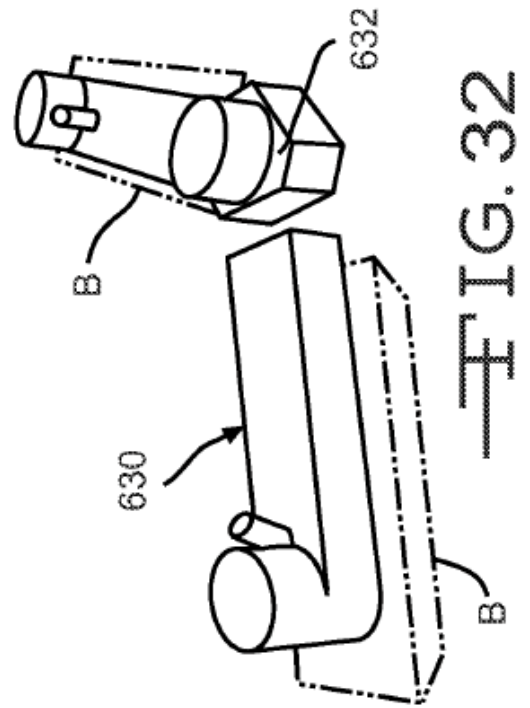
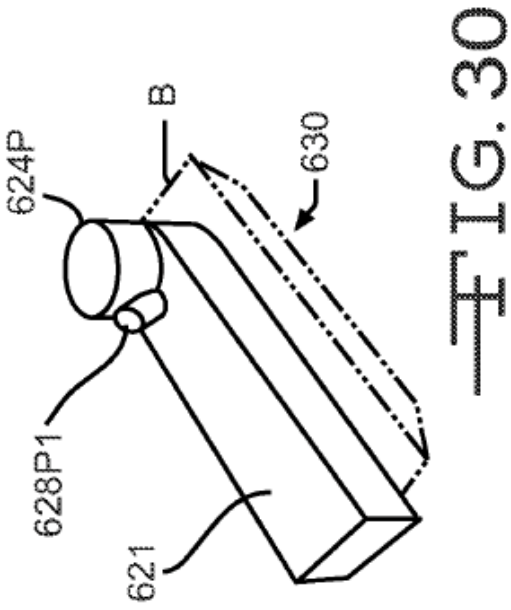
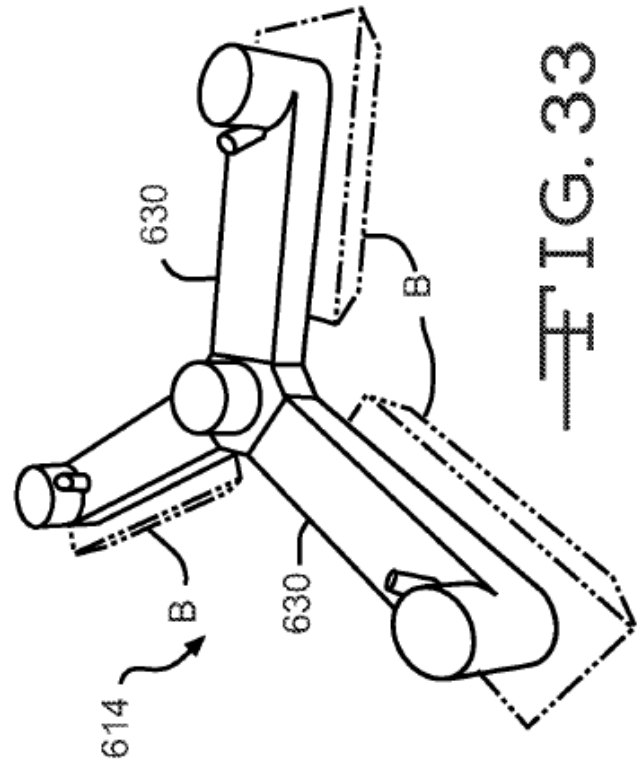
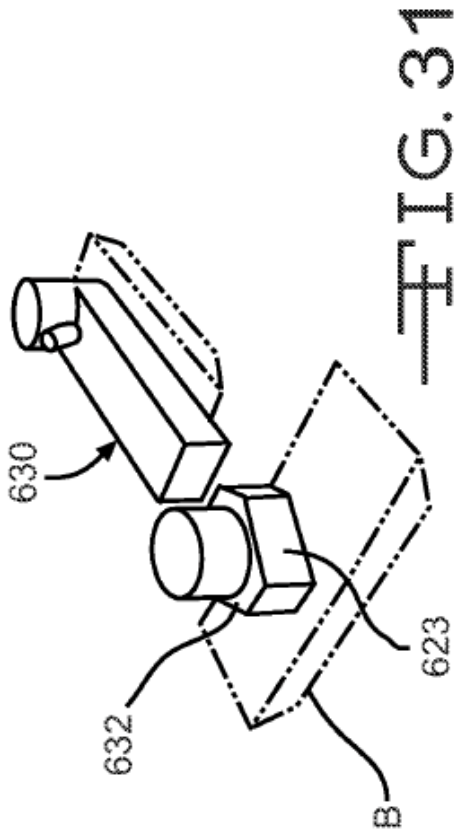


FIG. 29



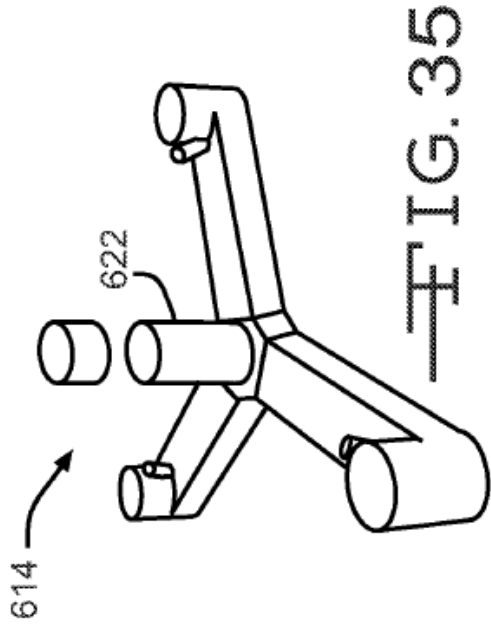


FIG. 35

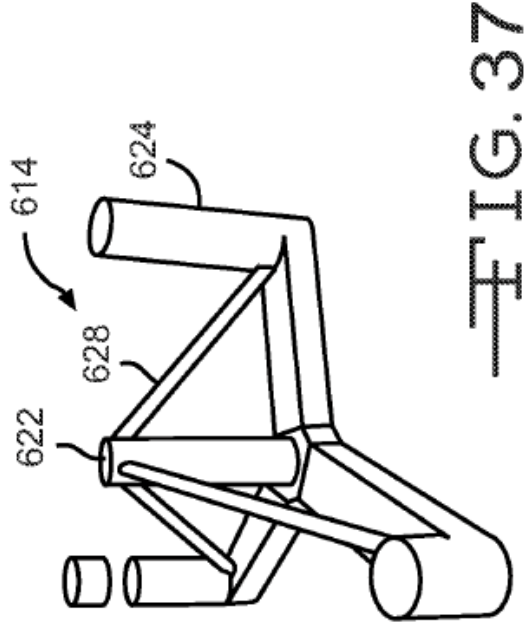


FIG. 37

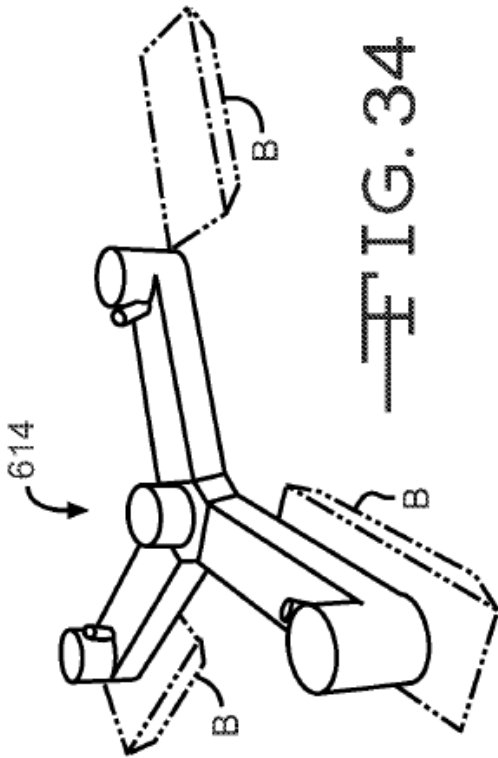


FIG. 34

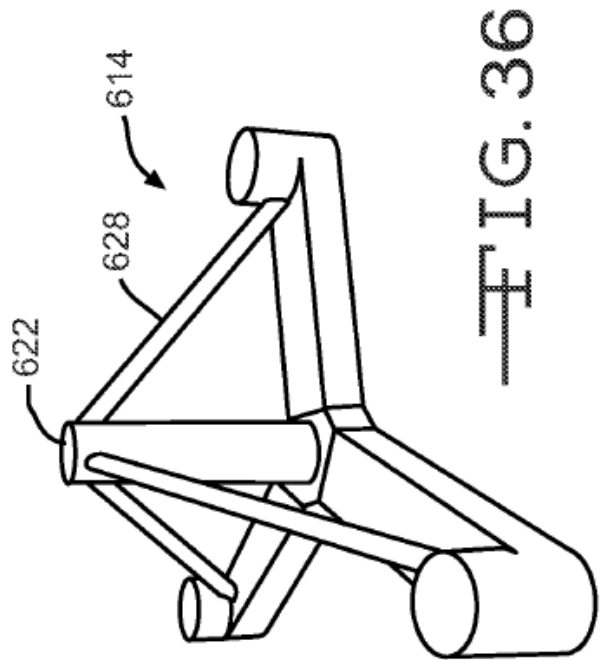
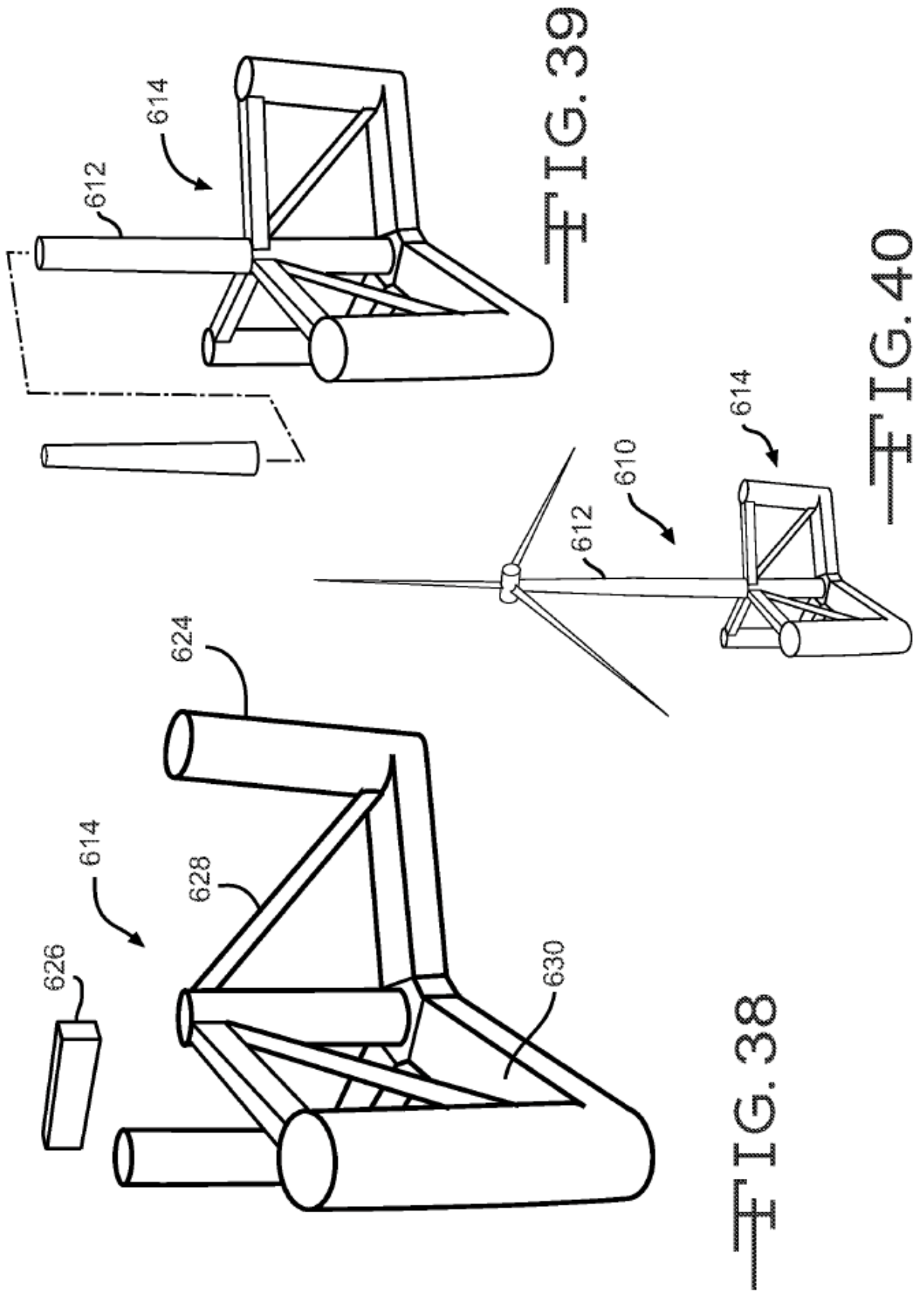


FIG. 36



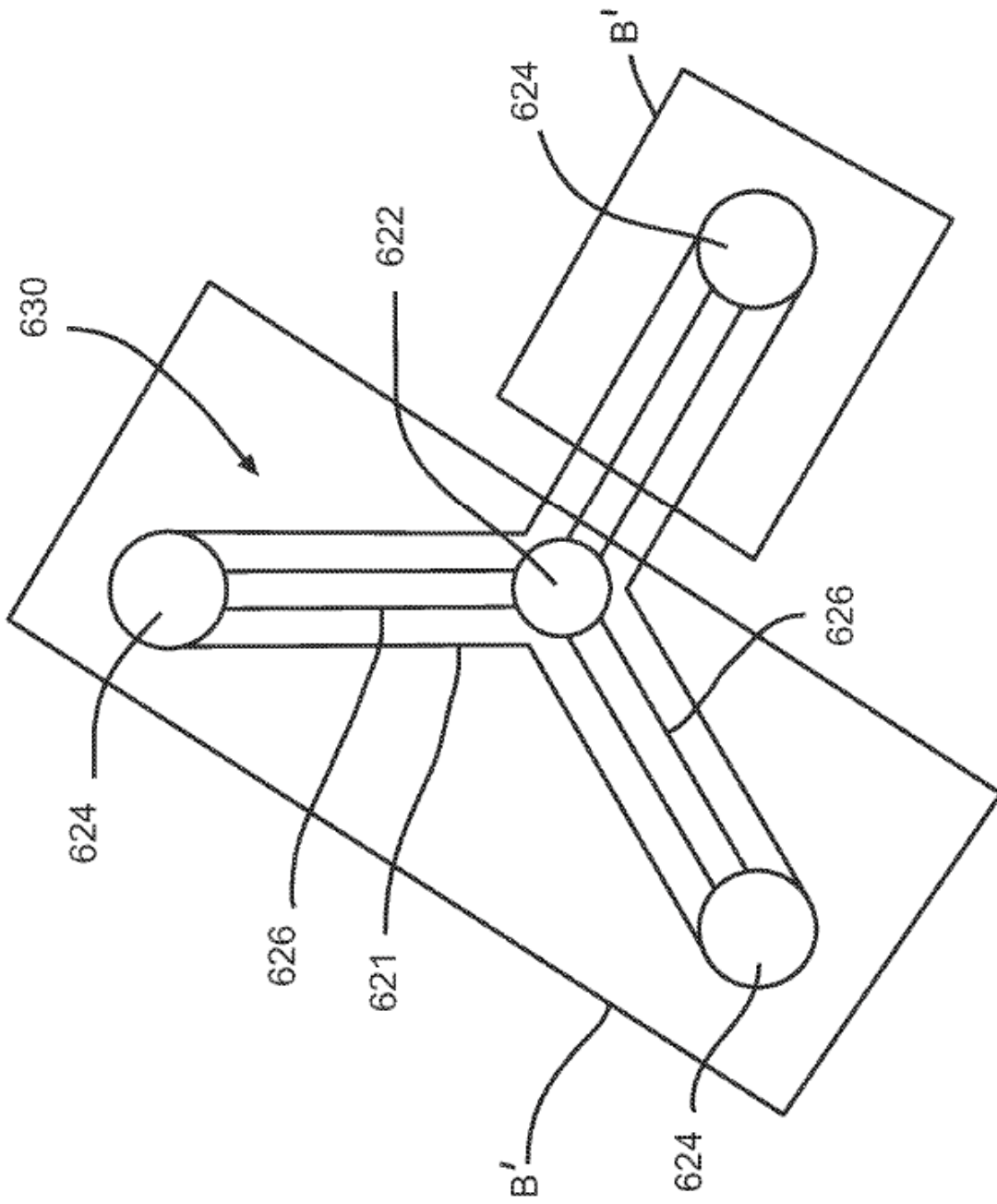


FIG. 41

