

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 007**

51 Int. Cl.:

F03B 17/00 (2006.01)

F03D 1/00 (2006.01)

F03G 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.02.2009 PCT/US2009/033210**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.08.2009 WO09100211**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.02.2009 E 09709096 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017 EP 2263006**

54 Título: **Sistema y método para almacenar energía**

30 Prioridad:

06.02.2008 US 26657

16.07.2008 US 81340

26.12.2008 US 140921

04.02.2009 US 365848

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.10.2017

73 Titular/es:

LAUNCHPOINT TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
5735B Hollister Avenue
Goleta, CA 93117, US

72 Inventor/es:

FISKE, ORLO JAMES

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 637 007 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

Sistema y método para almacenar energía

5 REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES DE PATENTE RELACIONADAS

CAMPO DE LA INVENCION

10 Las realizaciones de la presente invención se refieren a sistemas y métodos para almacenar energía. Por ejemplo, se pueden utilizar realizaciones para almacenar la energía generada durante los períodos "valle" (es decir, los períodos de tiempo durante los cuales las demandas de energía son menores con relación a los períodos "pico") y/o la energía generada a partir de fuentes renovables, tal como, pero sin limitación, el viento. En una realización particular, un sistema de almacenamiento de energía está configurado para operar en tierra. En otra realización particular, un sistema de almacenamiento de energía está configurado para funcionar en un cuerpo acuático, tal como, pero sin limitación, un océano.

ANTECEDENTES

20 El suministro de energía adecuada para alimentar todas las diversas necesidades de la sociedad es cada vez más problemático cada año. Las fuentes convencionales, tal como el carbón, el petróleo y el gas, se están volviendo más caras y más difíciles de encontrar. Al mismo tiempo, los subproductos de la combustión producen contaminación del aire y elevan el dióxido de carbono atmosférico, con graves consecuencias para el medio ambiente global.

25 Una tecnología actualmente capaz de proporcionar almacenamiento de energía de alta capacidad es el bombeo hidroeléctrico. Un ejemplo de esta tecnología se muestra en el sistema 10 de la figura 1. 1. Con referencia a la figura 1, el sistema emplea dos grandes depósitos de agua 102 y 105 situados a diferentes elevaciones entre sí. El agua 106 es bombeada por la bomba 101 desde el depósito inferior 102 al depósito superior 105 siempre que se disponga de energía en exceso, y el exceso de energía (menos cualquier pérdida debida a ineficiencias) se almacena en el sistema 10. (El exceso de energía se genera por la red eléctrica 108 y alimenta el motor eléctrico 100 a través de la subestación 107). La energía almacenada en el sistema 10 se libera como se indica a continuación. El agua 106 es liberada desde el depósito superior 105 a través de la turbina hidráulica 103 hacia el depósito inferior 102 para producir energía mecánica. La energía mecánica se convierte en energía eléctrica por el generador 104 y se proporciona a la red eléctrica 108 a través de la subestación 107.

40 Las instalaciones a gran escala de sistemas tales como el sistema 10 pueden proporcionar una potencia de salida máxima de más de 1000 megavatios (MW) y una capacidad de almacenamiento de miles de megavatios-hora (MW-H). La hidroelectricidad bombeada ha sido una tecnología común de almacenamiento masivo durante décadas, proporcionando capacidad en todo el mundo. Sin embargo, las limitaciones geográficas, geológicas y ambientales asociadas con el diseño de embalses para tales sistemas, además de los mayores costes de construcción, han hecho que esta tecnología sea mucho menos atractiva para una futura expansión. Por lo tanto, esta tecnología puede no proporcionar un método práctico para proporcionar la amplia aplicabilidad, capacidad, bajo coste y compatibilidad ambiental requerida para soportar las necesidades de una futura expansión, que puede incluir, por ejemplo, una conversión de la infraestructura energética de fuentes de hidrocarburos a fuentes de energía renovables.

50 El documento DE 38 05 917 A1 desvela un sistema para almacenar energía, caracterizado por un gradiente energético creado artificialmente.

El documento DE 100 37 678 A1 desvela un método y un aparato para realizar el almacenamiento y el retorno de energía eléctrica en forma de energía potencial.

55 El documento DE 10 2005 051929 A1 desvela un dispositivo para almacenar energía generada alternativamente y su suministro a petición.

El documento DE 41 34 440 A1 desvela una planta de generación de energía para la alimentación de electricidad a la red para cubrir las horas punta de consumo de electricidad de cada día.

60 El documento GB 2 438 416 A desvela un dispositivo para almacenar electricidad en una forma mecánica gravitatoria.

65 El documento US 3 974 394 A desvela un método para almacenar energía eólica, hidroeléctrica y geotérmica durante los periodos de descenso.

El documento DE 199 54 052 A1 desvela un aparato para la conversión cíclica de energía potencial en energía cinética y energía cinética en energía potencial.

El documento JP H11 266553 A desvela un dispositivo que acumula eficientemente la energía excedente y al mismo tiempo utiliza energía natural por la misma instalación, reemplazando todas las energías con una energía potencial una vez para lograr una acumulación de energía compleja, y convirtiendo la energía potencial en una energía cinética según sea necesario.

El documento FR 1 163 397 A desvela un dispositivo para el desarrollo de fuerzas.

RESUMEN DE LA DIVULGACIÓN

La invención se define en las reivindicaciones. Las realizaciones de la presente invención están dirigidas a sistemas de almacenamiento de energía que pueden servir como suministros de energía fiables y distribuibles de carga de base, así como suministros de producción intermitentes. En realizaciones particulares, los sistemas pueden aprovechar fuentes de energía renovables, tales como, pero sin limitación, las recogidas por paneles solares y turbinas eólicas. De acuerdo con realizaciones de la presente invención, una fracción significativa del resultado de dispositivos de energía solar y/o eólica puede estar dirigida a unidades de almacenamiento de energía a gran escala, las cuales pueden entonces liberar esa energía según sea necesario.

En relación con tecnologías tales como hidroelectricidad bombeada, las realizaciones de la presente invención están dirigidas a expandir el intervalo de posiciones adecuadas donde se puede llevar a cabo el almacenamiento de energía. Las características de las realizaciones de la invención incluyen: alto potencial de potencia (1000 megavatios o más); gran capacidad de almacenamiento de energía (incluyendo, pero sin limitación, 8 horas o más a potencia nominal); minimización del impacto ambiental adverso; y la proximidad a las líneas de transmisión de energía o un gran mercado de electricidad, tal como, pero sin limitación, una ciudad.

En el caso del bombeo hidroeléctrico, puede ser difícil localizar sitios capaces de proporcionar todas o algunas de estas características. Las realizaciones de la presente invención están dirigidas a expandir la gama de sitios de instalación adecuados para explotar ubicaciones que existen en mayor número cerca de muchas de las ciudades principales de Estados Unidos y del mundo.

De acuerdo con una realización, se define un sistema para almacenar energía en la reivindicación 1.

De acuerdo con otra realización, se define un método para almacenar energía en la reivindicación 11.

Estos y otros aspectos se pondrán de manifiesto a partir de los siguientes dibujos y la descripción detallada de las realizaciones ejemplares.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un diagrama esquemático generalizado de un sistema de almacenamiento de energía hidroeléctrica de bombeo.

La figura 2 es un diagrama esquemático generalizado de un sistema de almacenamiento de energía ejemplar no cubierto por la presente invención.

La figura 3 representa un sistema de almacenamiento de energía ejemplar no cubierto por la presente invención.

La figura 4 representa un domo salino.

La figura 5 representa un sistema de almacenamiento de energía ejemplar no cubierto por la presente invención.

La figura 6 representa un sistema de almacenamiento de energía ejemplar no cubierto por la presente invención.

La figura 7 representa un sistema de almacenamiento de energía ejemplar no cubierto por la presente invención.

Las figuras 8A y 8B muestran respectivamente una vista superior y una vista lateral de pesos de almacenamiento ejemplares no cubiertos por la presente invención.

La figura 9 representa un bastidor de almacenamiento ejemplar no cubierto por la presente invención.

Las figuras 10A, 10B y 10C ilustran una operación ejemplar de una mordaza no cubierta por la presente invención.

Las figuras 11A, 11B y 11C representan un sistema de elevación de accionamiento por fricción ejemplar no cubierto por la presente invención.

La figura 12 representa un sistema de almacenamiento de energía ejemplar no cubierto por la presente invención. La figura 12A muestra una vista en sección transversal de una plataforma flotante ejemplar no cubierta por la presente invención.

La figura 13 representa un sistema de almacenamiento de energía ejemplar no cubierto por la presente invención.

- Las figuras 14A y 14B muestran respectivamente una vista superior y una vista lateral de pesos de almacenamiento ejemplares no cubiertos por la presente invención.
 La figura 15 representa un bastidor de almacenamiento ejemplar no cubierto por la presente invención.
- 5 Las figuras 16A, 16B y 16C ilustran una operación ejemplar de una mordaza ejemplar no cubierta por la presente invención.
 La figura 17 representa un sistema de almacenamiento de energía ejemplar no cubierto por la presente invención.
- 10 Las figuras 18A y 18B muestran respectivamente una vista superior y una vista lateral de un sistema de almacenamiento de energía ejemplar no cubierto por la presente invención.
 Las figuras 19A, 19B y 19C ilustran una instalación de un sistema de almacenamiento de energía ejemplar no cubierto por la presente invención.
 Las figuras 20A, 20B y 20C ilustran una instalación de un sistema de almacenamiento de energía ejemplar no cubierto por la presente invención.
- 15 La figura 21 es un diagrama esquemático generalizado de un sistema de almacenamiento de energía ejemplar no cubierto por la presente invención.
 La figura 22 es un diagrama esquemático generalizado de un sistema de almacenamiento de energía ejemplar no cubierto por la presente invención.
- 20 Las figuras 23A y 23B ilustran una operación de un sistema de almacenamiento de energía de acuerdo con una realización.
 La figura 24 representa un sistema de almacenamiento de energía de acuerdo con una realización.
 La figura 25 representa un sistema de almacenamiento de energía de acuerdo con una realización.
- 25 La figura 26 representa un sistema de almacenamiento de energía de acuerdo con una realización.
 La figura 27 representa un sistema de almacenamiento de energía de acuerdo con una realización.
- 30 La figura 28 representa un sistema de almacenamiento de energía de acuerdo con una realización.
 La figura 29 ilustra un método para almacenar energía de acuerdo con una realización.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

- 35 **La invención se define en las reivindicaciones.** La siguiente descripción detallada es del mejor modo actualmente contemplado de implementar realizaciones de la invención. Esta descripción no debe tomarse en un sentido limitativo, sino que se hace meramente con el propósito de ilustrar principios generales de realizaciones de la invención.
- 40 Las realizaciones de la presente invención se refieren a sistemas y a métodos para almacenar energía que se pueden usar, por ejemplo, para almacenar energía generada durante los periodos "valle" (es decir, periodos de tiempo durante los cuales las demandas de energía son menos pesadas con respecto a periodos "pico") y/o energía generada a partir de fuentes renovables, tales como el viento y el sol. En realizaciones particulares, los métodos y sistemas para el almacenamiento de energía se configuran para su funcionamiento en tierra. En otras realizaciones particulares, los métodos y sistemas para almacenar energía están configurados para funcionar en un medio acuático, tal como, pero sin limitación, en el océano.
- 45 De acuerdo con una realización, se considera que la demanda de energía del periodo "pico" es aproximadamente un 50 % más alta que la demanda de energía del periodo valle. De acuerdo con otras realizaciones, la demanda de energía del periodo "pico" se puede definir a otros niveles adecuados, incluyendo, pero sin limitación, aproximadamente un 100 % o un 200 % más alta que la demanda de energía del periodo valle.
- 50 Un aspecto de la invención implica almacenar energía valle y/o energía renovable para su uso durante los periodos pico. Como tal, de acuerdo con realizaciones de la invención, los sistemas de almacenamiento de energía pueden servir como suministros de energía de carga de base fiables, distribuibles, así como suministros de producción intermitentes. De acuerdo con realizaciones particulares de la presente divulgación, una parte significativa de la salida de fuentes solares y/o eólicas se dirige a sistemas de almacenamiento de energía, que pueden liberar entonces dicha energía, por ejemplo, según sea necesario.
- 60 Un diagrama generalizado de un sistema 20 de acuerdo con un ejemplo no cubierto por la presente divulgación se muestra en la figura 2. Los ejemplos del sistema 20 se describen en el presente documento con referencia a aplicaciones basadas en tierra y agua. Con referencia a la figura 2, un peso de almacenamiento 202 está suspendido por un enlace 205 para su movimiento a lo largo de una trayectoria generalmente vertical. En ejemplos particulares, la trayectoria es sustancialmente vertical (es decir,
- 65

ES 2 637 007 T3

paralela a la dirección de la fuerza gravitatoria). En otros ejemplos, la trayectoria puede ser en ángulo, con una componente vertical - por ejemplo, la trayectoria forma un ángulo hacia abajo. En ejemplos particulares, la trayectoria puede tener una longitud vertical adecuada tal como, pero sin limitación, una longitud de aproximadamente 1000 metros o más. En un ejemplo particular, la longitud vertical de la trayectoria es de aproximadamente 6000 metros. De acuerdo con un ejemplo, el peso 202 está construido de un material denso tal como, pero sin limitación, hormigón, hormigón armado y/o acero. De acuerdo con ejemplos particulares, la masa del peso 202 es de al menos aproximadamente 100 toneladas, o es de al menos aproximadamente 1.000 toneladas. Para reducir costes, el material denso puede ser un material de coste relativamente bajo. De acuerdo con ejemplos particulares, el enlace 205 puede ser cualquier estructura de conexión adecuada tal como, pero sin limitación, a un cable, un alambre, una cuerda, una correa o una cadena.

Un operador 201 está acoplado con el enlace 205. El operador 201 opera el enlace 205 para mover el peso 202 contra la gravedad, como se describirá con más detalle a continuación. De acuerdo con una realización, el operador 201 es un polipasto. El polipasto 201 puede acoplarse con un motor 200 para accionar el polipasto 201. En algunos ejemplos, el motor 200 está acoplado con (o puede funcionar como) el generador. El motor y/o generador 200 puede acoplarse con la subestación 203.

La subestación 203 es para convertir potencia desde una fuente de "transmisión" a una diana de "distribución". Con más detalle, la subestación 203 puede incluir transformadores que escalonen tensiones de transmisión (por ejemplo, en el intervalo de decenas o cientos de miles de voltios) hasta tensiones de distribución, que, por ejemplo, pueden ser inferiores a 10.000 voltios. La subestación 203 puede tener un bus que puede dividir la potencia de distribución en múltiples direcciones. La subestación 203 puede tener también disyuntores y conmutadores de tal forma que la subestación 203 pueda ser desconectada de fuentes de transmisión y/o dianas de distribución, si se desea.

La subestación 203 está acoplada con un transmisor de energía eléctrica, tal como, pero sin limitación, una red eléctrica 204. La red eléctrica 204 puede servir como fuente de energía para el sistema 20. En otros ejemplos, la fuente de energía puede ser uno o más dispositivos para capturar energía renovable tal como, pero sin limitación, un aerogenerador o un panel solar. La red eléctrica 204 también puede recibir potencia liberada por el sistema 20 y llevar esa potencia a un objetivo.

Con referencia continua a la figura 2, durante el funcionamiento, la fuente es proporcionada por la fuente, por ejemplo, la red eléctrica 204. En ejemplos en los que la potencia es proporcionada por una fuente industrial tal como la red eléctrica, la energía se transforma por la subestación 203 para un uso adecuado por el motor 200. El motor 200 impulsa el polipasto 201 para elevar el peso de almacenamiento 202 desde una primera elevación (un lugar más alejado del polipasto 201) hasta una segunda elevación (un lugar más próximo al polipasto 201). Como tal, la energía potencial gravitatoria del peso de almacenamiento 202 aumenta, y el aumento de energía se almacena en el sistema (por ejemplo, manteniendo la energía potencial gravitatoria del peso de almacenamiento 202).

La energía almacenada se libera cuando se baja el peso de almacenamiento 202. El descenso del peso de almacenamiento hace girar el tambor del polipasto 201, que acciona eficazmente el motor/generador 200 para producir energía eléctrica. La energía eléctrica está condicionada por la subestación 203 para su transmisión por la red eléctrica 204.

Como tal, la energía que se genera durante los períodos valle (por ejemplo, períodos de los días en que la energía tiene una demanda relativamente baja) se puede almacenar en el sistema 20 para un uso posterior (por ejemplo, períodos pico del día durante los cuales la energía tiene una demanda relativamente alta). Por ejemplo, tal energía valle puede usarse para elevar el peso de almacenamiento 202 a la segunda elevación durante los períodos valle. Como tal, la energía valle (o una parte significativa de la energía valle) se almacena en el sistema 20. La energía almacenada puede liberarse durante los períodos pico liberando el peso 202 de tal manera que caiga de nuevo a la primera elevación, produciendo de este modo energía para su uso durante los períodos pico.

El sistema 20 es configurable para almacenar una cantidad deseada (o cantidades deseadas) de energía. Por ejemplo, se puede almacenar una cierta cantidad de energía en dicho sistema, si la masa del peso 202 y/o la longitud vertical de la trayectoria (es decir, la trayectoria a lo largo de la cual se baja y se levanta el peso 202) se configuran en consecuencia. Por ejemplo, en el caso de un peso de hormigón, debido a que el hormigón tiene una densidad de aproximadamente 2500 kilogramos (kg) por metro cúbico, tal peso proporciona una fuerza descendente de aproximadamente 24.525 Newtons (N) por metro cúbico. La energía (trabajo) liberada al bajar un metro cúbico de hormigón a través de 1000 metros de elevación puede calcularse como:

$$W = \text{Fuerza} \times \text{distancia} = 24.525 \text{ N} \times 1.000 \text{ m} = 24.525 \text{ megajulios} = \sim 4,8 \text{ kilovatios-hora}$$

De acuerdo con un ejemplo, el peso 202 se baja (o se eleva) a una velocidad generalmente constante, de modo que la energía se libera (o se almacena) a una velocidad correspondientemente constante. De acuerdo con otros ejemplos, el peso 202 se baja (o se eleva) a dos o más velocidades diferentes - por ejemplo, a una velocidad durante 500 metros iniciales y a otra velocidad durante el resto de la trayectoria - de tal manera que se libera (o se almacena) la energía a dos velocidades correspondientes. Por ejemplo, durante una porción inicial de la trayectoria, el peso se puede bajar a cierta velocidad y, a continuación, durante una segunda porción de la trayectoria que sigue a la porción inicial, el peso se reduce a la mitad de la velocidad de la parte inicial. Como tal, durante la segunda porción, la energía se produce a una velocidad aproximadamente la mitad de la velocidad a la que se produce la energía durante la parte inicial. Esto puede corresponder a una mayor demanda de energía durante el tiempo de la porción inicial con respecto a la demanda de energía durante el tiempo de la segunda porción. De acuerdo todavía otros ejemplos, el descenso (o elevación) del peso 202 se acelera o se desacelera de modo que la velocidad a la que se libera (o almacena) la energía se acelera o se desacelera correspondientemente.

De acuerdo con un ejemplo, la eficiencia de almacenamiento (es decir, la relación de la potencia que se genera por el sistema 20 con respecto a la potencia que se almacena en el sistema 20) se mejora al bajar el peso 202 a velocidades relativamente modestas para minimizar (al menos reducir) las pérdidas de arrastre a medida que se baja el peso 202.

Una vista lateral de un ejemplo de un sistema 30 que está instalado en tierra se muestra en la figura 3. Con referencia a la figura 3, una central eléctrica 305 está soportada sobre la superficie de tierra 306. La central eléctrica 305 puede estar situada directamente sobre la superficie de tierra 306. En otros ejemplos, la central eléctrica 306 puede estar situada por encima de la superficie de la superficie, por ejemplo, sobre una plataforma de tal manera que la central eléctrica descansa sobre la superficie de la tierra. La central eléctrica 305 puede acoplarse con dispositivos/sistemas tales como la subestación 203 y la red eléctrica 204 de la figura 2.

La central eléctrica 305 incluye un polipasto 301. El polipasto 301 está acoplado con un cable de polipasto 302 que puede ser enrollarse alrededor del tambor del polipasto 301. Un peso 303 se suspende por el cable de polipasto 302. En otros ejemplos, puede utilizarse una correa o cadena en lugar de un cable para suspender el peso 303. El peso se suspende de tal forma que pueda bajarse y elevarse dentro del pozo 304. Como se describirá con más detalle a continuación, el pozo 304 puede estar formado en una ubicación tal como, pero sin limitación, un domo salino. De acuerdo con un ejemplo, la orientación del pozo 304 es generalmente vertical (es decir, paralela a la dirección de la fuerza de gravitatoria). De acuerdo con otros ejemplos, la orientación del pozo puede estar inclinada con una componente vertical que corresponde al ángulo. De acuerdo con otro ejemplo, la profundidad del pozo 304 está entre aproximadamente 1000 y 6000 metros.

Similar al sistema de la figura 2, el polipasto 301 puede acoplarse a un motor/generador para producir energía eléctrica para la transmisión a una rejilla (por ejemplo, la red eléctrica 204 de la figura 2) a través de líneas de transmisión. De acuerdo con otro ejemplo, una caja de engranajes está acoplada entre el polipasto 301 y el motor/generador para multiplicar la velocidad de rotación motor/generador. De acuerdo con otro ejemplo, un sistema de acondicionamiento de potencia (por ejemplo, la subestación de potencia 203 de la figura 2) está acoplado entre el motor/generador y la rejilla para convertir la salida del generador a una forma apropiada (o adecuada) para la transmisión a la red y/o para convertir la energía eléctrica de la red de la forma adecuada para accionar el motor.

Con referencia a la figura 3, se almacena energía en el sistema 30 cuando se acciona el polipasto 301 (por ejemplo, utilizando electricidad de una red eléctrica que alimenta el motor/generador) para elevar el peso de almacenamiento 303 contra la gravedad a una primera elevación. La energía almacenada en el sistema 30 se libera cuando se permite que el peso de almacenamiento 303 se libere de manera que se mueva con la gravedad. Debido a que el peso 303 continúa acoplado con el polipasto 301 a través del cable de polipasto 302, el polipasto 301 se gira cuando el peso 303 se desplaza hacia abajo por el pozo 304. El movimiento del peso 303 hace girar el polipasto 301, generando de este modo potencia, como se ha descrito previamente.

Como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 2, se puede bajar (o elevar) un peso de un sistema a dos o más velocidades diferentes. Con referencia a la figura 3, en un ejemplo, la velocidad a la que se eleva el peso 303 mediante el polipasto 301 se controla electrónicamente. Por ejemplo, de acuerdo con un ejemplo, un motor/generador para accionar el polipasto 301 es controlado por un circuito de control acoplado con el motor/generador para controlar la velocidad a la que el cable de polipasto 302 es arrastrado por el polipasto 301. De acuerdo con otro ejemplo, tal circuito de control puede estar acoplado con el polipasto 301 para controlar dicha velocidad.

Con referencia continua a la figura 3, en un ejemplo, una velocidad a la que se baja el peso 303 por el polipasto 301 se controla configurando una frecuencia de funcionamiento de un generador (por ejemplo, el generador 200 de la figura 2) acoplado con el polipasto. La configuración de la frecuencia de

funcionamiento para que sea de un cierto valor ajusta de forma correspondiente la velocidad a la que se baja el peso 303. Como alternativa, si dicho generador es síncrono con una red eléctrica (por ejemplo, la red eléctrica 204 de la figura 2), la relación de transmisión de una caja de engranajes puede configurarse para controlar la velocidad a la que se baja el peso 303. Por ejemplo, de acuerdo con un ejemplo, se puede acoplar una caja de engranajes entre el polipasto 301 y el generador (véase, por ejemplo, la figura 21). La configuración de la relación del engranaje de tal caja de engranajes para que sea de un cierto valor determina correspondientemente la velocidad a la que se baja el peso 303.

Con referencia continua a la figura 3, en un ejemplo alternativo, una velocidad a la cual el peso 303 se baja por el polipasto 301 es controlada por o usando una estructura mecánica. Por ejemplo, de acuerdo con un ejemplo, se proporciona una estructura de amortiguación (que proporciona, por ejemplo, uno o más niveles de amortiguación) para controlar la velocidad a la cual el cable de polipasto 302 se extrae del polipasto 301. Tal estructura de amortiguación puede incluir, pero sin limitación, una abrazadera ajustable configurable para aumentar la resistencia de rotación del tambor del polipasto 301. De acuerdo con otro ejemplo, el polipasto 301 incluye una estructura para ajustar tal resistencia (tal como, pero sin limitación, un tornillo que puede apretarse o aflojarse). La estructura de amortiguación descrita anteriormente puede ser operable manualmente (por ejemplo, desde un lugar accesible a un operador humano) o por un dispositivo controlable electrónicamente tal como un accionador.

Los costes de construcción asociados con el sistema 30 pueden reducirse, por ejemplo, reduciendo el coste de construcción del pozo generalmente vertical (por ejemplo, el pozo 304 de la figura 3). Los costes asociados con la construcción del pozo pueden depender de la disponibilidad de estratos subsuperficiales a través de los cuales tal pozo puede perforarse más fácilmente.

De acuerdo con un ejemplo, el pozo está construido en un sitio que tiene un depósito adecuadamente grande de un material relativamente blando, por ejemplo, un mineral blando. De acuerdo con un ejemplo particular, el pozo está construido en un domo salino. Los domos salinos son depósitos de sal que, por ejemplo, pueden tener un diámetro en sección transversal de diez kilómetros y una profundidad de seis kilómetros (o más). Pueden consistir principalmente en cloruro sódico cristalizado (es decir, sal de roca), que es un mineral muy blando.

Con referencia a la figura 4, se muestra una vista en sección transversal de un sitio que tiene un domo salino 400. El domo salino puede estar situado adyacente a múltiples capas de estratos subsuperficiales. Las capas de estratos subsuperficiales pueden ser de un material diferente que tenga un nivel de dureza diferente del de la sal de roca.

De acuerdo con un ejemplo, un ejemplo de una cúpula salina adecuada es aquél en el que las cavernas se crean comúnmente usando minería de soluciones. Tal domo salino se utiliza comúnmente para almacenar gas natural o productos derivados del petróleo (por ejemplo, las cavernas 421, 422, 423, 424 de la figura 4).

Con referencia a la figura 5, se muestra un sistema de almacenamiento de acuerdo con un ejemplo. La central eléctrica 305 está instalada en (o cerca de) la parte superior del pozo 304 y un peso de almacenamiento 302 está suspendido para su movimiento a lo largo de la dimensión vertical del pozo. Las porciones del pozo pueden estar rodeadas por la sobrecarga 500 y el caparazón 501. Una parte primaria del pozo puede estar rodeada por el domo salino 502. Tal pozo puede construirse, por ejemplo, utilizando una máquina perforadora de pozos, con cortes llevados a la superficie por lodo de perforación. De acuerdo con un ejemplo, al menos porciones del pozo están revestidas con un material de refuerzo tal como, pero sin limitación, hormigón, acero o un material similar para minimizar la probabilidad de colapso o intrusión en el suelo.

En las ubicaciones de algunos domos salinos, la gran profundidad del pozo alcanzable y la facilidad de construcción del pozo proporcionan el potencial para una gran capacidad de almacenamiento por pozo construido. Por ejemplo, un pozo que tenga un diámetro en sección transversal de 10 metros y una profundidad de 6 kilómetros proporcionaría suficiente espacio para una masa de almacenamiento de concreto de más de 100.000 toneladas, proporcionando así una capacidad de almacenamiento del orden de tres gigavatios-hora.

Debido al diámetro de sección transversal relativamente grande de algunos domos salinos, los domos salinos pueden alojar dos o más sistemas (por ejemplo, el sistema 30). Con referencia a la figura 6, se muestra un domo salino 600 que aloja múltiples pozos 304, correspondiendo cada pozo a una central eléctrica 305. (Los pozos adyacentes (o vecinos) y las centrales eléctricas están separados entre sí una distancia adecuada). Por ejemplo, un domo salino con un diámetro de sección transversal de 2 kilómetros tiene un área en sección transversal de aproximadamente 3 kilómetros cuadrados. Si la "huella" de cada central eléctrica 305 (que puede proporcionar un acceso suficiente a la central eléctrica) ocupa aproximadamente 250 metros cuadrados, el domo salino puede alojar un total de 12.000 emparejamientos de central eléctrica/pozo. Si cada uno de estos emparejamientos proporciona 25 megavatios de potencia

ES 2 637 007 T3

durante ocho horas, o 200 megavatios-hora, la capacidad total del sitio será de 300 gigavatios durante 8 horas, o 2.400 gigavatios-hora.

5 De acuerdo con un ejemplo, un sistema está configurado para bajar y elevar dos o más pesos. Por ejemplo, los pesos se bajan o se elevan individualmente (por ejemplo, uno a la vez) por un conjunto de polipasto. Con referencia a la figura 7, en el sistema se manipula un grupo de pesos de almacenamiento 704a, 704b, 704c, 704d, 704e, 704f y 704g. Los pesos individuales pueden acoplarse al conjunto de polipasto 701 a través del cable de polipasto 703. De acuerdo con un ejemplo, los pesos son generalmente iguales en masa entre sí y generalmente similares en tamaño y forma. De acuerdo con otro ejemplo, los pesos tienen diferentes masas relativas entre sí y/o tienen tamaños y formas diferentes. Como se ha explicado anteriormente, las masas de los pesos se pueden elegir para proporcionar la cantidad de energía que se genera (o se almacena) cuando el peso se baja (o aumenta) desde (o hacia) la elevación más alta.

15 En la elevación más alta, los pesos 704b-704g están soportados por un bastidor 702 situado en (o cerca de) la parte superior del pozo 704. Un ejemplo de un bastidor 702 se describirá con más detalle a continuación con referencia a la figura 9. En la elevación inferior, los pesos pueden descansar uno sobre otro y/o una base (por ejemplo, la base 806 de la figura 8B) situada en (o cerca de) el fondo del pozo 704.

20 Con referencia a la figura 8A, se muestra una vista superior del peso de almacenamiento 804a de acuerdo con un ejemplo. De acuerdo con un ejemplo, el peso de almacenamiento 804a tiene una sección transversal circular. De acuerdo con otros ejemplos, el peso de almacenamiento tiene una sección transversal ovalada, cuadrada o rectangular. El peso 804a puede tener un receptáculo 805 para interconectar con el cable de polipasto (por ejemplo, el cable de polipasto 703 de la figura 7) para facilitar la elevación y descenso del peso 804a a lo largo del pozo. De acuerdo con un ejemplo, el peso está construido de hormigón, hormigón armado u otro material adecuadamente denso. De acuerdo con un ejemplo, el receptáculo de agarre 805 está formado de un material duradero tal como, pero sin limitación, acero.

30 Con referencia a la figura 8B, se muestra una vista en sección transversal de una pila de pesos de almacenamiento en la configuración bajada de acuerdo con un ejemplo. El peso 804c está posicionado para descansar directamente sobre la base 806. Los pesos 804b y 804a están situados para descansar, respectivamente, sobre el peso 804c y 804b.

35 Como se ha descrito anteriormente, en la elevación más alta, los pesos pueden estar soportados por un bastidor de almacenamiento situado en la parte superior del pozo. Con referencia a la figura 9, se muestra una vista en sección transversal de un bastidor de almacenamiento 900 de acuerdo con un ejemplo. El bastidor de almacenamiento tiene un armazón 901 que está dimensionado para posicionarse dentro de un pozo (por ejemplo, el pozo 704 de la figura 7). El armazón puede incluir, por ejemplo, una estructura cilíndrica en forma de tubo u otra estructura adecuada que forma una o más paredes alrededor de la periferia del pozo (por ejemplo, el pozo 704), al menos a lo largo de una porción de la longitud del pozo.

45 De acuerdo con un ejemplo, el bastidor 901 está configurado para proporcionar una o más paredes adyacentes a bordes opuestos de cada uno de los pesos. De acuerdo con un ejemplo, el armazón 901 incluye unos cierres 902 (por ejemplo, los cierres 902a y 902b) que incluyen elementos salientes retráctiles que son controlables para extenderse desde y retraerse dentro del armazón 901. Los cierres 902a y 902b son configurables para mantener los pesos en su sitio, según se desee. Los cierres 902a se muestran en un estado extendido para soportar los pesos de almacenamiento 904a y 904b. De acuerdo con un ejemplo, en el estado extendido, los cierres están configurados para acoplarse selectivamente a una o más superficies extremas tales como, pero sin limitación, superficies inferiores de los pesos. De acuerdo con otro ejemplo, los cierres están configurados para acoplarse selectivamente y extenderse en uno o más rebajes (tales como, pero sin limitación, los cierres) en los pesos. Los cierres 902b se muestran en un estado retraído. Sin embargo, los cierres 902b son extensibles para recibir un peso siguiente que se eleva a la elevación más alta. De acuerdo con un ejemplo, en el estado retraído, los cierres están configurados para retraerse hasta posiciones que desacoplan los cierres de los pesos, tales como, pero sin limitación, posiciones dentro de rebajes (tales como, pero sin limitación, muescas) en el armazón 901.

60 Como se ha descrito previamente, los cierres son controlables para extenderse desde y retraerse en el armazón. De acuerdo con un ejemplo, los cierres tienen accionadores que son controlables para extender y retraer selectivamente los cierres. En un ejemplo adicional, los accionadores se pueden controlar manualmente, por ejemplo, a través de palancas o conmutadores que pueden ser accionados manualmente desde un lugar accesible para un operador humano.

65 De acuerdo con otro ejemplo adicional, los accionadores son controlables electrónicamente. Los actuadores están en comunicación con circuitos electrónicos a través, por ejemplo, de uno o más enlaces conductores o inalámbricos. Los ejemplos de enlaces eléctricamente conductores incluyen, pero sin limitación, alambres o cables eléctricos. El control de los accionadores por la circuitería electrónica puede

basarse en hardware y/o software. Por ejemplo, los dispositivos sensores que detectan la presencia de un peso en una cierta posición pueden provocar que el accionador extienda el cierre o cierres correspondientes desde la posición retraída (véase, por ejemplo, el cierre 902b de la figura 9) hasta la posición extendida (véase, por ejemplo, el cierre 902a de la figura 9). Como otro ejemplo, una rutina de software que detecta la demanda de potencia adicional en un momento determinado puede hacer que el accionador retraiga el cierre o cierres correspondientes desde la posición extendida hasta la posición retraída de tal manera que el peso bloqueado se libere del bastidor.

Se pueden proporcionar otras rutinas de control para controlar la sincronización de las operaciones de extensión o retracción de cierre (para retener o liberar selectivamente pesos) mediante un hardware y/o software adecuados y una electrónica de procesamiento adecuada para procesar las rutinas y proporcionar señales de control a los accionadores de cierre. Dichas rutinas de control pueden basarse, al menos en parte, en la detección de la presencia de un peso o la detección de una demanda de potencia adicional (por ejemplo, una demanda que exceda un valor umbral especificado) y/o otros factores incluyendo, pero sin limitación, horas preestablecidas del día, fechas, condiciones ambientales o entrada manual.

Aunque la realización de la figura 9 muestra cierres en una o más paredes del armazón 901 y rebajes o superficies de agarre sobre los pesos 904a-b, en otros ejemplos, los cierres retráctiles/sobresalientes pueden estar situados sobre los pesos, y los receptáculos se pueden colocar en el armazón o el bastidor. En otros ejemplos más, los cierres pueden ser elementos pivotantes, como se describirá con más detalle a continuación con respecto a la figura 15.

De acuerdo con un ejemplo, para almacenar (o liberar) energía, el conjunto de polipasto 701 eleva (o desciende) los pesos de almacenamiento, uno a la vez, para posicionar los pesos en la parte superior (o la parte inferior) del pozo. Con referencia a las figuras 10A, 10B y 10C, se describe con más detalle un ejemplo de una interfaz de agarre. La mordaza 1000 está situada en el extremo del cable de polipasto móvil 1010. La mordaza tiene un cuerpo central 1000a y uno o más elementos sobresalientes 1000b. La mordaza puede tener también un canal interior a través del cual puede extenderse un conector, tal como, pero sin limitación, un cable o alambre. En una realización, los elementos sobresalientes 1000b están acoplados de forma pivotante al cuerpo central 1000a. En un ejemplo adicional, los elementos sobresalientes son pivotantes entre una primera posición (un estado abierto) en la que una porción del elemento se extiende lateralmente más allá de la anchura del cuerpo central y una segunda posición (un estado cerrado) en la que el miembro está alineado en (o dentro de) los bordes del cuerpo central.

La mordaza 1000 es controlable para colocarse en el estado cerrado o en el estado abierto. De acuerdo con un ejemplo, la mordaza se controla para alternar entre estos dos estados de una manera similar a la manera en la que se controlan los cierres 902 de la figura 9, como se describe con referencia a la figura 9. Por ejemplo, los elementos sobresalientes 1000b pueden tener accionadores que son controlables para girar selectivamente los elementos sobresalientes. En un ejemplo adicional, los accionadores son controlables manualmente, por ejemplo, mediante palancas o un conmutador que es capaz de accionarse manualmente.

De acuerdo con otros ejemplos, los accionadores son electrónicamente controlables. Los accionadores están en comunicación con circuitos electrónicos a través, por ejemplo, de uno o más enlaces conductores o inalámbricos. Los ejemplos de enlaces eléctricamente conductores incluyen, pero sin limitación, alambres o cables eléctricos. El control de los accionadores por la circuitería electrónica puede basarse en hardware y/o software. Por ejemplo, los dispositivos sensores que detectan la presencia de un peso alrededor del cuerpo central 1000a pueden activar el accionador para girar el elemento sobresaliente desde la posición cerrada (véase, por ejemplo, la figura 10A) hasta la posición abierta (véase, por ejemplo, la figura 10B). Como otro ejemplo, una rutina de software que detecta la demanda de potencia adicional en un momento determinado y la presencia de un peso alrededor del cuerpo central 1000a puede activar el accionador para hacer pivotar el elemento sobresaliente desde la posición cerrada hasta la posición de la pluma de tal forma que el peso puede bajarse. De acuerdo con un ejemplo, el control del elemento sobresaliente de la mordaza se coordina con el control de los cierres (por ejemplo, los cierres 902 de la figura 9) que bloquean la posición de los pesos, por ejemplo, de tal forma que la mordaza está configurada para estar en la posición abierta antes de que los cierres que se acoplan a un cierto peso se retraigan para liberar el peso.

Como se ha descrito previamente con referencia a los cierres 902 de la figura 9, pueden proporcionarse otras rutinas de control para controlar el momento de apertura y cierre de la mordaza (para retener o liberar selectivamente los pesos) mediante un hardware y/o software adecuados y una electrónica de procesamiento adecuada para procesar las rutinas y proporcionar señales de control a accionadores de agarre.

Un enlace guía 1020 se extiende a través de un canal en la mordaza 1000 y al menos una porción del cable de polipasto 1010. El enlace guía 1020 puede incluir, pero sin limitación, un cable guía, un alambre

guía o un tubo guía. La posición del enlace guía 1020 se puede fijar de forma estable, por ejemplo, asegurando un extremo del enlace guía a un elemento fijo (por ejemplo, la base 1040 de la figura 10A). Para facilitar la descripción, el enlace guía 1020 se denominará cable de guía.

5 Con referencia a la figura 10A, se muestra el acoplamiento de la mordaza con un peso 1030 que se va a elevar. En la figura 10A, la mordaza 1000 está en su estado cerrado, y el peso 1030 descansa sobre la base 1040. Guiada por el cable de guía 1020, la mordaza cerrada 1000 y el cable de polipasto 1010 pueden bajarse más allá del receptáculo de agarre 1031 del peso de almacenamiento 1030. Debido a que la mordaza 1000 está en su estado cerrado, puede extenderse más allá del receptáculo de agarre 1031 y
10 hacia el canal 1032 del peso 1030.

Con referencia a la figura 10B, la mordaza 1000 se muestra en su estado abierto. En este estado, las protuberancias 1001 se extienden desde el cuerpo de la mordaza 1000. Las protuberancias 1001 están configuradas para acoplarse al receptáculo de agarre 1031 del peso 1030. Como tal, cuando la mordaza
15 abierta 1000 y el cable de polipasto 1010 se elevan a lo largo del canal 1032, la protuberancias 1001 se acoplan al receptáculo de agarre 1031, y el peso 1030 es capaz de levantarse por el cable de polipasto 1010 (véase, por ejemplo, la figura 10C). La elevación del peso es guiada por el cable de guía 1020. El cable de guía 1020 asegura que los pesos de almacenamiento estén adecuadamente alineados con la base 1040 (durante la bajada de los pesos de almacenamiento) y también dirige la elevación de los pesos
20 al bastidor de almacenamiento (por ejemplo, el bastidor 900 de la figura 9). Por ejemplo, el cable de guía 1020 puede permitir que la mordaza 1000 se vuelva a acoplar rápidamente en el peso de almacenamiento 1030 cuando se desea que el peso de almacenamiento 1030 sea elevado y devuelto al bastidor (por ejemplo, el bastidor 900 de la figura 9).

25 Como tal, el bastidor 1000 puede usarse para elevar individualmente pesos a lo largo del pozo. De manera similar, la mordaza puede acoplar individualmente los pesos (por ejemplo, a través del receptáculo de agarre 1001) de tal manera que los pesos se pueden bajar individualmente a lo largo del pozo. Por ejemplo, en la elevación más elevada, la mordaza cerrada se baja más allá de un receptáculo de agarre de un peso seleccionado y se coloca en el estado abierto para acoplar el receptáculo de agarre.
30 Cuando el peso se libera del bastidor (por ejemplo, los cierres que soportan el peso se retraen dentro del bastidor), la bajada del cable de polipasto y la mordaza disminuirá el peso a lo largo del pozo. Cuando el peso alcanza el fondo del pozo, la mordaza 1000 se pone en su estado cerrado para desacoplarse del peso. El cable de polipasto 1010 y la mordaza 1000 pueden entonces elevarse para recuperar otro peso.

35 La distribución de la masa de un peso sobre múltiples pesos puede reducir la tensión ejercida sobre dispositivos tales como el polipasto y el cable del polipasto. Pesos de poco más de 100 toneladas cada uno, cuando se baja a una velocidad de 10 metros por segundo, pueden proporcionar 10 megavatios de potencia de salida. El uso de más de un sistema (por ejemplo, el sistema descrito con referencia a la figura 7) en cooperación (o tándem) entre sí puede ayudar a proporcionar un nivel más uniforme de potencia de salida o un nivel más uniforme de disponibilidad de almacenamiento con respecto al tiempo.
40

De acuerdo con un ejemplo, se emplea un sistema de polipasto de accionamiento por fricción 110 para elevar y descender los pesos en un sistema que emplea pesos múltiples. Con referencia a la figura 11A, la polea de polipasto 1101 está operativamente acoplada con las poleas de polipasto 1102 y 1103. La polea
45 1108 también está acoplada operativamente con las poleas de polipasto 1102 y 1103. Las poleas de polipasto 1102 y 1103 son operativas para elevar y bajar un respectivo conjunto de pesos a lo largo de las pistas 1104 y 1105. Para elevar los pesos, una o más de las poleas pueden estar acopladas operativamente a una fuente de accionamiento (tal como, pero sin limitación, un motor) para recibir una fuerza motriz para elevar el peso. Por ejemplo, la polea de polipasto 1101 puede estar operativamente acoplada con dicha fuente de accionamiento. Con referencia a la figura 11B, los tambores de las poleas de polipasto 1102 y 1103 giran en direcciones opuestas para elevar las mordazas 1106 y 1107. De acuerdo con una realización, el sistema de polipasto 110 usa mordazas, por ejemplo (pero sin limitación) mordazas similares a la mordaza 1000, que se describió con referencia a las figuras 10A, 10B y 10C. Por ejemplo, cuando la mordaza 1106 se acopla con un peso para bajar el peso desde la parte superior del pozo hasta el fondo del pozo, el tambor de la polea de polipasto 1103 se hace girar en el sentido de las agujas del reloj. Al mismo tiempo, se hace girar el tambor de la polea de polipasto 1102 en sentido contrario a las agujas del reloj, elevando de este modo la mordaza 1107 hacia la parte superior del pozo.
55

La manipulación de dos mordazas 1106 y 1107 por un único bucle de cable 1109 puede hacer que el sistema de polipasto 110 sea más eficiente. Por ejemplo, cuando una mordaza (por ejemplo, la mordaza 1106) lleva un peso desde la parte superior del pozo hasta el fondo, la otra mordaza (por ejemplo, la mordaza 1107) subirá, vacía, desde el fondo del pozo hasta la parte superior. La primera mordaza libera su peso (por ejemplo, sobre la base 1110), y la segunda mordaza acopla un peso y lo transporta hasta el fondo del pozo, y así sucesivamente. Aunque sólo se muestran cuatro pesos en la figura 11A, otros ejemplos del sistema pueden alojar menos o más de cuatro pesos. Con referencia a la figura 11C, se muestra una vista en sección transversal del pozo. Dos pesos 1109 están situados para un movimiento a lo largo de su respectiva pista 1104 y 1105.
60
65

De acuerdo con ciertos ejemplos, los sistemas similares a los descritos anteriormente (por ejemplo, el sistema 20 de la figura 2) están configurados para su uso en un entorno acuático, tal como, pero sin limitación, una gran masa de agua, por ejemplo, un océano, mar, lago profundo o similares.

5

Con referencia a la figura 12, se muestra una vista lateral de un sistema basado en el mar 120 de acuerdo con un ejemplo. El sistema incluye una plataforma flotante 1210. De acuerdo con una realización ejemplar, la plataforma 1210 está formada por uno o más elementos de flotación cilíndricos (véanse, por ejemplo, los elementos 1211 de la vista en sección transversal de la figura 12A). De acuerdo con un ejemplo adicional, los elementos cilíndricos 1211 son generalmente recipientes huecos, herméticos y cerrados que contienen un material menos denso que el agua (por ejemplo, el aire) para aumentar la flotabilidad de la plataforma 1210. De acuerdo con otro ejemplo, los elementos cilíndricos 1211 contienen un material (por ejemplo, espuma de baja densidad) para evitar que los miembros se llenen de agua y se hundan en el caso de fuga. De acuerdo con todavía otro ejemplo adicional, los elementos de refuerzo estructurales interiores (por ejemplo, puntales) pueden estar situados dentro de los elementos cilíndricos para proporcionar un refuerzo estructural adicional.

10

15

En otros ejemplos, los elementos 1211 pueden adoptar la forma de otras formas, tales como, pero sin limitación, la de cajas poligonales o de esferas.

20

De acuerdo con un ejemplo, las paredes de los elementos cilíndricos están formadas de acero o un material adecuadamente rígido y/o duradero. Una plataforma formada por elementos cilíndricos tales como los descritos con referencia a las figuras 12 y 12A se conoce como plataforma "spar". De acuerdo con ejemplos alternativos, las plataformas flotantes pueden formarse de acuerdo con otros diseños adecuados.

25

Con referencia continua a la figura 12, la plataforma 1210 soporta, por ejemplo, una central eléctrica 1200 en un extremo de la plataforma. Como se ha descrito con respecto a ejemplos anteriores, la central eléctrica 1200 puede incluir un polipasto 1201, un motor/generador y otro equipo relacionado. Un lastre 1220 está situado, por ejemplo, en un extremo opuesto de la plataforma 1210 con relación al extremo en el que está situada la central eléctrica. Como se describirá con más detalle a continuación, el lastre 1220 es para posicionar el sistema 120 para uso operativo.

30

De acuerdo con otros ejemplos, la central eléctrica 1200 (por ejemplo, el polipasto 1201, el motor/generador y el equipo relacionado) puede estar situada en la plataforma (por ejemplo, en una cámara dentro de la plataforma) para estar más cerca del lastre 1220 de manera que el centro de gravedad del sistema 120 se reduce. Como tal, el sistema puede estar sumergido más profundo en la masa de agua, y puede hacerse menos susceptible al movimiento debido a corrientes de viento y agua. Por ejemplo, la central eléctrica 1200 puede estar situada inmediatamente por encima del lastre 1220. En un ejemplo en el que la central eléctrica 1200 está alojada en una cámara en la plataforma 1210, la cámara puede estar presurizada y/o sellada para evitar que el agua entre en la cámara.

35

40

Con referencia a la figura 12A, en la plataforma 1210, se proporciona generalmente un canal o paso 1212 generalmente vertical en el centro de la plataforma. El canal puede estar definido por un elemento tal como, pero sin limitación, un elemento cilíndrico tal como un tubo o un pozo. El canal 1212 se extiende a través de la plataforma 1210 para facilitar la elevación y descenso del cable de polipasto 1230, que está acoplado con el polipasto 1201.

45

En un extremo, el cable de polipasto (o alambre, cuerda, correa, cadena o similar) 1230 está acoplado con el polipasto 1201. En el extremo opuesto, el cable del polipasto 1230 está acoplado con el peso de almacenamiento 1240. Como tal, el peso de almacenamiento 1240 se suspende en el agua por el cable de polipasto 1230. De acuerdo con una realización, el peso de almacenamiento 1240 es similar a los pesos de almacenamiento descritos anteriormente con respecto a otros ejemplos (por ejemplo, el peso de almacenamiento 303 de la figura 3). Por ejemplo, el peso de almacenamiento 1240 puede estar construido de hormigón, hormigón armado, acero o algún material adecuadamente denso.

50

55

De acuerdo con un ejemplo, la plataforma 1210 está amarrada al suelo 1270 de la masa de agua para evitar que el sistema 120 se desplace debido a corrientes de viento o de agua. De acuerdo con un ejemplo, la plataforma 1210 está amarrada al suelo 1270 a través de las líneas de amarre 1250. De acuerdo con un ejemplo, las líneas de amarre pueden ser cualquier estructura de conexión adecuada tal como, pero sin limitación, cables, cuerdas o cadenas sujetas al suelo por estacas, anclas o similares. Se pueden proporcionar uno o más cables de transmisión eléctrica 1260 para transportar energía liberada por el sistema 120. De acuerdo con un ejemplo, los cables de transmisión 1260 se extienden desde la central eléctrica 1210 hasta el suelo 1270, y desde el suelo hasta la orilla para la conexión a una red eléctrica (por ejemplo, la red eléctrica 204 de la figura 2).

60

65

Durante el funcionamiento, el sistema de la figura 12 funciona de forma similar a los sistemas descritos anteriormente con respecto a otros ejemplos (por ejemplo, el sistema 300 de la figura 3). La elevación del peso de almacenamiento 1240 utilizando el polipasto 1201 almacena energía en el sistema 120 en forma de energía potencial gravitatoria. El descenso del peso de almacenamiento 1240 libera la energía almacenada, generando energía que puede ser transportada por el cable de transmisión 1260.

De acuerdo con un ejemplo, el descenso del peso 1240 a través del agua a velocidades modestas minimiza (o al menos reduce) las pérdidas por arrastre. Por ejemplo, una esfera de hormigón de 10 metros de diámetro puede tener una masa de 1309 toneladas métricas y, en consecuencia, puede liberar más de 6,3 megavatios-hora de energía cuando se baja a través de 3000 metros de agua. Si el peso se baja a una velocidad de 1 metro por segundo, la energía se libera a una velocidad de más de 7,5 megavatios durante ese período. Como tal, de acuerdo con un sistema modelado, se estima que las pérdidas por arrastre pueden llegar a ser inferiores al 0,3 % de la energía liberada. Un peso que tiene la forma calculada para proporcionar un mejor rendimiento hidrodinámico que una esfera (por ejemplo, un peso en forma de cápsula con extremos redondeados tal como un peso que tiene la forma de peso 1240) reducirá aún más las pérdidas por arrastre.

Como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 2, se puede bajar (o elevar) un peso de un sistema a dos o más velocidades diferentes. Como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 3, en un ejemplo, con referencia a la figura 12, se controla electrónicamente una velocidad a la que se eleva el peso 1240 mediante el polipasto 1201. Por ejemplo, de acuerdo con un ejemplo, un motor/generador para accionar el polipasto 1201 es controlado por un circuito de control acoplado con el motor/generador para controlar la velocidad a la que el cable de polipasto 1230 es arrastrado por el polipasto 1201. De acuerdo con otro ejemplo, tal circuito de control puede estar acoplado con el polipasto 1201 para controlar dicha velocidad.

Con referencia continua a la figura 12, en un ejemplo, una velocidad a la que se baja el peso 1240 por el polipasto 1201 se controla configurando una frecuencia de funcionamiento de un generador (por ejemplo, el generador 200 de la figura 2) acoplado con el polipasto. La configuración de la frecuencia de funcionamiento para que sea de un cierto valor ajusta de forma correspondiente la velocidad a la que se baja el peso 1240. Como alternativa, si dicho generador es síncrono con una red eléctrica (por ejemplo, la red eléctrica 204 de la figura 2), la relación de transmisión de una caja de engranajes puede configurarse para controlar la velocidad a la que se baja el peso 1240. Por ejemplo, de acuerdo con un ejemplo, se puede acoplar una caja de engranajes entre el polipasto 1201 y el generador (véase, por ejemplo, la figura 21). La configuración de la relación del engranaje de tal caja de engranajes para que sea de un cierto valor determina correspondientemente la velocidad a la que se baja el peso 1240.

Con referencia continua a la figura 12, en un ejemplo alternativo, una velocidad a la cual el peso 1240 se baja por el polipasto 1201 es controlada por o usando una estructura mecánica. Por ejemplo, de acuerdo con un ejemplo, se proporciona una estructura de amortiguación (que proporciona, por ejemplo, uno o más niveles de amortiguación) para controlar la velocidad a la cual el cable de polipasto 1230 se extrae del polipasto 1201. Tal estructura de amortiguación puede incluir, pero sin limitación, una abrazadera ajustable configurable para aumentar la resistencia de rotación del tambor del polipasto 1201. De acuerdo con otro ejemplo, el polipasto 1201 incluye una estructura para ajustar tal resistencia (tal como, pero sin limitación, un tornillo que puede apretarse o aflojarse). La estructura de amortiguación descrita anteriormente puede ser operable manualmente (por ejemplo, desde un lugar accesible a un operador humano) o por un dispositivo controlable electrónicamente tal como un accionador.

Similar al sistema de la figura 7, un sistema basado en el mar de acuerdo con un ejemplo puede emplear dos o más pesos de almacenamiento. Con referencia a la figura 13, el sistema 130 incluye las pesas 1340a, 1340b, 1340c, 1340d y 1340e. Similar al sistema de la figura 7, los pesos 1340a a 1340e pueden elevarse y bajarse individualmente. Al elevarse, los pesos pueden ser soportados por un bastidor 1350 suspendido de la plataforma 1310. De acuerdo con un ejemplo, el bastidor 1350 es similar a bastidores tales como el bastidor 900, que se describió con referencia a la figura 9. Para liberar energía, el polipasto 1301 baja los pesos de almacenamiento, uno a la vez, y los apoya sobre una base 1380 colocada en el suelo de la masa de agua. Como se describirá con más detalle con respecto a la figura 15, de acuerdo con un ejemplo, los pesos pueden ser soportados por el bastidor de almacenamiento 1350 usando unos cierres. Como se describirá con más detalle con respecto a la figura 16, de acuerdo con un ejemplo, se utiliza una mordaza 1600 para acoplar cada peso de almacenamiento 1340a, 1340b, 1340c, 1340d, 1340e para subir y bajar el peso a través del agua.

De acuerdo con un ejemplo, un cable de guía 1370 (que puede ser similar, por ejemplo, al cable de guía 1020 de las figuras 10A, 10B y 10C) puede ayudar a asegurar que los pesos de almacenamiento 1340a a 1340e estén alineados correctamente con la base de reposo 1380 y permite que la mordaza 1600 se vuelva a acoplar rápidamente con un peso para devolver el peso al bastidor 1350. De acuerdo con un ejemplo, se utilizan dos o más sistemas tales como el sistema de la figura 13 en cooperación (o en

tándem) para proporcionar un nivel más uniforme de potencia de salida y/o un nivel más uniforme de disponibilidad de almacenamiento.

5 Con referencia a la figura 14A, se muestra una vista superior de un peso de almacenamiento 1440 de acuerdo con un ejemplo. De acuerdo con un ejemplo, el peso 1440 está configurado para mejorar el rendimiento bajo el agua. El receptáculo de agarre 1441 se proporciona para acoplarse con la mordaza (por ejemplo, la mordaza 1600 de la figura 13). Además, el receptáculo de agarre 1441 define (al menos en parte) el canal 1444 a través del cual puede extenderse la mordaza (por ejemplo, la mordaza 1600 de la figura 13), el cable de polipasto, y el cable de guía (por ejemplo, el cable 1370 de la figura 13). El peso 10 1440 puede estar conformado de tal forma que la mayoría (o la mayor parte) de su masa esté situada en su periferia. En un ejemplo en el que el peso tiene una sección transversal circular, la mayoría (o la mayor parte) de su peso se encuentra en su reborde 1442. Como tal, el peso es más adecuado para disminuir la resistencia. En otros ejemplos, la porción periférica del peso 1440 puede tener otras formas adecuadas. De acuerdo con un ejemplo, la densidad del material que forma el reborde 1442 puede ser mayor que la densidad del material que forma la parte interior 1443 del peso. De acuerdo con otro ejemplo, la porción interior 1443 está abierta (o hueca). El reborde 1442 (y potencialmente otras porciones del peso) puede estar construido de hormigón armado o un material adecuadamente fuerte de tal manera que el peso es más capaz de soportar la presión del agua cuando el peso está sumergido significativamente por debajo de la superficie del agua.

20 Con referencia a la figura 14B, se muestra una vista lateral en sección transversal de los pesos 1440b, 1440c, 1440d y 1440e. De acuerdo con un ejemplo, los pesos están configurados para descansar sobre la base 1480. De acuerdo con un ejemplo, cada uno de los pesos está configurado de tal manera que su centro de gravedad se sitúe por debajo del receptáculo de agarre 1441 para mejorar la estabilidad del peso a medida que se baja o se eleva a través del agua. De acuerdo con un ejemplo adicional, el peso 25 1440 es aerodinámico para alisar el área superficial de sus superficies externas (tales como, pero sin limitación, las superficies que empujan directamente contra el agua cuando el peso se baja o se eleva) para minimizar (o reducir) la resistencia del fluido.

30 Se muestra el bastidor de almacenamiento en la figura 15. De acuerdo con un ejemplo, el bastidor 150 tiene un armazón 1560 que está configurado para proporcionar una o más paredes adyacentes a los extremos opuestos de cada uno de los pesos. El armazón 1560 puede incluir cierres retráctiles (o pivotables) 1562 (por ejemplo, cierres 1562a y 902b) que son controlables para extenderse (o pivotar) desde y retraerse hacia (o girar de nuevo a) el armazón (1560).

35 En un ejemplo, los cierres 1562 están acoplados de forma pivotante al armazón. En una realización adicional, los cierres son pivotantes entre una primera posición (un estado extendido) en la que una porción del cierre se extiende lateralmente más allá de la anchura del armazón y una segunda posición (un estado retraído) en la que el cierre está alineado generalmente con o dentro de los bordes del armazón.

40 Los cierres son controlables para controlarse en el estado extendido o en el estado retraído. De acuerdo con un ejemplo, el control de los cierres es similar al descrito con respecto a los cierres 902 de la figura 9. Por ejemplo, los cierres 1562 pueden tener accionadores que son controlables para girar selectivamente el cierre. En un ejemplo adicional, los accionadores son controlables manualmente, por ejemplo, mediante palancas o un conmutador que es capaz de accionarse manualmente, como se ha descrito anteriormente con respecto a la figura 9. De acuerdo con otro ejemplo adicional, los accionadores son electrónicamente controlables de una manera similar al control electrónico de los accionadores de los cierres 902 de la figura 9.

50 Los cierres 1562a y 1562b están configurados para soportar pesos en el bastidor de almacenamiento 150. Los cierres 1562a se muestran en un estado extendido para soportar el peso de almacenamiento 1540. De acuerdo con un ejemplo, en el estado extendido, los cierres se acoplan a una característica de superficie (tal como, pero sin limitación, una superficie inferior) del peso. Los cierres 1562b se muestran en un estado retraído. Sin embargo, los cierres 1562b son extensibles para soportar un peso siguiente que se eleva.

60 De acuerdo con otro ejemplo, los cierres 1562 están configurados para extenderse desde y retraerse en el armazón 1560, similar a la configuración de los cierres 902, que se describieron con referencia a la figura 9.

65 El funcionamiento de la mordaza 1600 se describe ahora con más detalle con referencia a las figuras 16A, 16B y 16C. En un ejemplo, la mordaza 1600 es similar a la mordaza 1000, que se describió con referencia a las figuras 10A, 10B y 10C. Por ejemplo, similar a la mordaza 1000, la mordaza 1600 tiene un cuerpo central 1600a y uno o más elementos sobresalientes 1600b. Además, la mordaza 1600 puede tener también un canal interior a través del cual puede extenderse un conector, tal como, pero sin limitación, un cable o alambre. Además, en un ejemplo, los elementos sobresalientes 1600b están acoplados de forma

pivotante al cuerpo central 1600a. En un ejemplo adicional, los elementos sobresalientes son pivotantes entre una primera posición (un estado abierto) en la que una porción del elemento se extiende lateralmente más allá de la anchura del cuerpo central y una segunda posición (un estado cerrado) en la que el miembro está alineado en general con o dentro de los bordes del cuerpo central.

5

De acuerdo con un ejemplo, el funcionamiento de la mordaza 1600 es similar a la operación descrita anteriormente con referencia a la mordaza 1000 de las figuras 10A, 10B y 10C. La mordaza 1600 puede estar situada en el extremo del cable de polipasto 1661. La mordaza 1600 puede configurarse para situarse en un estado cerrado o un estado abierto de una manera similar a la descrita con respecto a la mordaza 1000 de las figuras 10A, 10B y 10C. Además, en un ejemplo, el control del estado de la mordaza 1600 y el control del estado de los cierres (por ejemplo, los cierres 1562 de la figura 15) están coordinados de una manera similar a la descrita con respecto a los cierres 902 y la mordaza 1000. Un cable de guía 1670 se extiende a través de un canal en la mordaza 1600 y al menos una porción del cable de polipasto 1661. La posición del cable de guía 1670 se puede fijar establemente asegurando un extremo del cable de guía a la base 1680.

10

15

Con referencia a la figura 16A, se muestra el acoplamiento de un peso que se está bajando. La mordaza 1600 está en su estado abierto. En este estado, las protuberancias 1601 se extienden desde el cuerpo de la mordaza 1600. Las protuberancias 1601 están configuradas para acoplarse al receptáculo de agarre 1641 del peso 1640. Como tal, cuando la mordaza 1600 se abre, las protuberancias 1601 se acoplan al receptáculo de agarre 1641, y el peso 1640 puede bajarse con el cable de polipasto 1661. La bajada del peso 1640 es guiada por el cable de guía 1670. El cable de guía 1670 puede asegurar que el peso de almacenamiento esté alineado apropiadamente con la base de reposo 1680 y también puede permitir que la mordaza 1600 se acople de nuevo más rápidamente con el peso cuando se desea que el peso se devuelva al bastidor (por ejemplo, el bastidor 15 de la figura 15). Con referencia a la figura 16B, el peso 1640 se baja para descansar sobre la base 1680.

20

25

Con referencia a la figura 16C, la mordaza 1600 está configurada para liberar el peso 1640 de manera que la mordaza 1600 y el cable de polipasto 1661 puedan elevarse para recuperar un peso posterior. La mordaza 1600 está en una posición cerrada. Debido a que la mordaza 1000 está en su estado cerrado, puede desacoplarse con el receptáculo de agarre 1641 del peso 1640. Como tal, la mordaza 1600 y el cable de polipasto 1661 pueden elevarse para dejar el peso 1640 en su posición de reposo (por ejemplo, sobre la base 1680).

30

35

Como tal, la mordaza 1600 puede usarse para bajar pesos individualmente a través del agua. Se entiende que, de una manera similar, la mordaza puede usarse para elevar individualmente pesos a través del agua. Como se ha descrito anteriormente con respecto a la figura 15, cuando un peso se eleva hasta el bastidor de almacenamiento, puede soportarse por el bastidor (por ejemplo, utilizando los cierres mostrados en la figura 15).

40

De acuerdo con un ejemplo, un sistema (por ejemplo, el sistema de la figura 13) puede estar configurado para funcionar con energía renovable, así como fuentes más convencionales tales como hidrocarburos para elevar pesos en los momentos deseados.

45

Con referencia a la figura 17, un sistema 170 puede incluir un generador de energía de turbina eólica 1700. El generador 1700 está destinado a generar energía para accionar el polipasto 1720 para elevar el peso 1720 a través del agua. Como tal, la energía eólica capturada por el generador de energía de turbina eólica 1700 puede almacenarse en el sistema 170 como energía potencial gravitatoria. La energía almacenada puede liberarse en un momento posterior (por ejemplo, cuando la demanda de potencia es mayor).

50

Los emplazamientos oceánicos, incluidos los emplazamientos situados relativamente alejados de la tierra, pueden ser apropiados para una turbina eólica tal como la turbina eólica 1700. Si el emplazamiento está situado relativamente alejado de la tierra, la turbina eólica puede estar más allá del alcance visible y/o audible desde tierra. Por lo tanto, los observadores en tierra tenderán probablemente a no ver la turbina como una "monstruosidad" y/o como una fuente significativa de contaminación acústica. Además, los sitios pueden ser elegidos para estar situados lejos de rutas conocidas o que probablemente se utilicen por las aves migratorias. Por lo tanto, es menos probable que el funcionamiento de la turbina afecte a la vida salvaje. Dichos sitios pueden seleccionarse para minimizar el impacto ambiental.

55

60

Además, como el sistema de la figura 17 proporciona una superficie (por ejemplo, una superficie de la estructura de plataforma 1730 tal como una superficie de la central 1710) para soportar la turbina 1700, no se requiere una plataforma separada para soportar la turbina eólica, reduciendo así los costes típicamente asociados con la instalación de una turbina eólica en alta mar. La plataforma 1730 puede estar configurada para ser suficientemente flotante para soportar el peso de la turbina 1700 de tal manera que las palas de la turbina permanezcan por encima del agua durante el funcionamiento. Un lastre 1740 en la parte inferior de la plataforma 1730 ayuda a mantener el sistema 170 en una posición operativa.

65

Como se ha descrito anteriormente, al menos parte de la energía capturada por la turbina eólica 1700 puede almacenarse y posteriormente liberarse en un momento más adecuado con el fin de producir un nivel más uniforme de potencia de salida a lo largo del tiempo. Como tal, la turbina eólica se convierte de este modo a partir de una fuente de energía relativamente intermitente que podría proporcionar potencia de sólo un valor relativamente bajo (por ejemplo, la potencia que se captura durante los períodos de menor actividad) en una fuente de energía distribuable que proporciona potencia de un valor relativamente más alto (por ejemplo, la potencia que se suministra durante los períodos pico). En otras palabras, la energía eólica que se captura durante los períodos de baja demanda de energía, tal como por la noche, puede almacenarse en el sistema. La energía almacenada puede liberarse (por ejemplo, a una red) durante períodos de alta demanda de potencia, cuando la potencia es mucho más valiosa.

De acuerdo con un ejemplo, un sistema tal como el sistema de la figura 17 puede estar configurado para un transporte e instalación cómodos en el mar. Las figuras 18A y 18B muestran, respectivamente, vistas superior y lateral de un sistema de acuerdo con tal ejemplo. Como se describirá con más detalle a continuación, el sistema 180 puede estar situado en su lateral (por ejemplo, en la posición ilustrada en la figura 18B), por ejemplo, para su transporte, almacenamiento o mantenimiento, en tierra y en dique seco. El sistema 180 puede estar configurado de tal manera que no se requiera que equipos pesados, tales como grúas, muevan el sistema.

Con referencia a la figura 18, el sistema 180 incluye una plataforma spar 1850, dispositivos de flotación 1830, una turbina eólica 1890 que incluye la torre 1810, soportes de torre 1800, un pistón deslizable 1880 y tanque de lastre 1840. De acuerdo con un ejemplo, la plataforma spar 1850 tiene un cilindro 1860 dimensionado para recibir la torre 1810. De acuerdo con un ejemplo adicional, la plataforma spar 1850 es similar en estructura a la plataforma spar 1210, que se describió con referencia a la figura 12. Por ejemplo, la plataforma spar 1850 puede incluir uno o más elementos de flotación cilíndricos que pueden ser similares a los elementos 1211, que también se describieron con referencia a la figura 12. Los dispositivos de flotación 1830 también pueden ser similares a los elementos 1211. La turbina eólica 1890 incluye palas y la torre 1810 que soporta las palas de la turbina. De acuerdo con una realización, los dispositivos de flotación 1880 son similares en estructura a los elementos 1211. Los soportes de torre pueden incluir una estructura maleable que puede configurarse para tener una forma que se adapte a un objeto adyacente (por ejemplo, la torre 1810).

De acuerdo con un ejemplo, el sistema 180 está configurado de tal manera que la torre de turbina eólica 1810 se retrae dentro de un cilindro (por ejemplo, un cilindro central) 1860 de la plataforma spar 1850. Un extremo de la torre 1810 está acoplado con un pistón deslizable 1880. En un ejemplo, los soportes de torre 1800 pueden proporcionarse de forma desmontable en la entrada al cilindro 1860 para soportar la torre 1810 (por ejemplo, para minimizar la oscilación durante el transporte). En un ejemplo, un tanque de lastre 1830 está situado en el extremo opuesto de la plataforma spar 1850. En un ejemplo adicional, los flotadores de estabilización 1830 se fijan de forma desmontable a cada lado de la plataforma spar 1850 para estabilizar la plataforma durante el transporte. Con referencia continua a la figura 18A, el sistema ilustrado está listo para ser transportado (por ejemplo, remolcado) a un sitio de instalación (por ejemplo, un sitio de instalación localizado en alta mar).

Con referencia a la figura 18B, el sistema ilustrado está en el sitio de instalación acuático y listo para ser instalado en el sitio.

A continuación se describirá un procedimiento para instalar la plataforma para su funcionamiento con referencia a las figuras 19A, 19B y 19C. Con referencia a la figura 19A, el tanque de lastre 1840 puede estar configurado para recibir el agua 1900. A medida que el tanque de lastre 1840 continúa recibiendo agua, el centro de gravedad de la plataforma spar 1850 cambia en consecuencia. El cambio en el centro de gravedad hace que el extremo lastrado de la plataforma spar 1850 se hunda más profundamente en el agua (véanse, por ejemplo, las figuras 19A y 19B). El tanque de lastre 1840 está configurado para recibir una cantidad suficiente de agua de tal manera que la posición de equilibrio de la plataforma spar es una posición de pie (véase, por ejemplo, la figura 19C). Cuando la plataforma spar 1850 está erguida, como se muestra en la figura 19C, puede colocarse entonces en el lugar deseado y luego amarrarse al suelo del cuerpo de agua de manera que se fije su posición. Se pueden acoplar uno o más pesos de almacenamiento para que funcionen con el sistema de tal manera que la energía potencial gravitatoria pueda almacenarse en el sistema. Por ejemplo, se pueden acoplar uno o más pesos de almacenamiento de acuerdo con una configuración similar a la ilustrada en la figura 17.

El procedimiento para instalar la plataforma para su funcionamiento se describirá ahora con más detalle con referencia a las figuras 20A, 20B y 20C. Como se ha descrito previamente, la torre 1810 está situada en un cilindro 1860 en el centro de la plataforma spar 1850, y el extremo inferior de la torre 1810 está acoplado con un pistón deslizable 1880. El pistón 1880 se hace deslizar hacia arriba, empujando de este modo la torre 1810 en una dirección ascendente (véanse, por ejemplo, las figuras 20B y 20C). De acuerdo con un ejemplo, se hace que el pistón 1880 se deslice hacia arriba cuando se bombea aire al cilindro

- 1860, en el lugar por debajo del pistón 1880 (entre el pistón 1880 y el tanque de lastre 1840). Se puede proporcionar un puerto de entrada de aire adecuado (no mostrado) en la plataforma spar para su conexión a una fuente de aire presurizado (no mostrada). El deslizamiento del pistón 1880 puede continuar hasta después de que el pistón 1880 se deslice hacia su posición extendida. De acuerdo con un ejemplo, la torre 1810 alcanza su posición totalmente extendida cuando el pistón 1880 alcanza el extremo de la plataforma spar 1850 (véase, por ejemplo, la figura 20C). La torre 1810 puede ser atornillada o fijarse de otra manera adecuadamente en su lugar.
- Bajo técnicas conocidas, una torre de turbina eólica, que puede tener más de 100 metros de altura, requiere grúas extremadamente altas y costosas para elevar la torre e izar la góndola y las palas de la turbina de la torre. Esto sería especialmente difícil y caro en aguas profundas del océano, donde las olas pueden ser grandes y los vientos pueden ser fuertes. Por el contrario, el procedimiento descrito con referencia a las figuras 19A, 19B, 19C, 20A, 20B y 20C puede no requerir dicho equipo, ahorrando tanto tiempo como gasto. Además, ciertas etapas del procedimiento pueden ser reversibles. Por ejemplo, la torre 1810 puede bajarse (por ejemplo, retraerse) de nuevo al cilindro 1860, por ejemplo, para colocar la góndola más cerca del agua, donde el reemplazo de componentes defectuosos puede realizarse más fácilmente.
- Como se ha descrito anteriormente, las turbinas eólicas con sistemas de almacenamiento de energía, tales como las desveladas en el presente documento con referencia a ciertos ejemplos, pueden proporcionar ahorros de costes significativos. La energía eólica se puede utilizar para girar un rotor en un motor/generador para generar energía eléctrica que se utilizará para elevar uno o más pesos. Como alternativa, con referencia a la figura 21, una turbina eólica 2110 está acoplada mecánicamente de forma directa con un sistema de almacenamiento de pozo (por ejemplo, un sistema similar al sistema de almacenamiento de la figura 13), permitiendo el uso directo de energía eólica para elevar el peso de almacenamiento 2130 mediante un polipasto 2120. Es decir, la rotación del rotor de la turbina 2110 hace que uno o más engranajes de la caja de engranajes 2140 giren. La rotación de los engranajes hace que el tambor del polipasto 2120 gire, elevando así el peso 2130. El acoplamiento de un generador entre la turbina 2110 y el polipasto 2120 puede no ser necesario, ahorrando así costes y haciendo más simple el diseño del sistema 210 y menos complejo. Como se ha descrito previamente, tal sistema facilita la liberación de la energía eólica capturada (por ejemplo, a una red eléctrica) según sea necesario, en lugar de sólo cuando sopla el viento. Como resultado, el valor de la energía eólica puede aumentarse sustancialmente.
- Una representación esquemática de un sistema combinado 220 de acuerdo con otro ejemplo se muestra en la figura 22. En el sistema 220, la turbina eólica 2200 acciona una bomba hidráulica 2210, que bombea fluido hidráulico (por ejemplo, fluido hidráulico de alta presión) a través de una manguera de presión 2220 a un motor hidráulico 2230. El motor hidráulico 2230 acciona el polipasto 2240 para elevar el peso de almacenamiento 2250. De acuerdo con una realización, cuando se baja el peso de almacenamiento 2250, el polipasto 2240 se hace girar para girar uno o más engranajes de la caja de engranajes 2270. La rotación de los engranajes se convierte en energía eléctrica mediante el generador 2260. De acuerdo con un ejemplo adicional, dos o más líneas hidráulicas tales como una manguera de presión 2220 pueden acoplarse entre sí para accionar el motor hidráulico 2230, facilitando de este modo la conducción del polipasto 2240 usando la salida de más de una turbina eólica.
- Ahora se describirá una realización de la invención con referencia a las figuras 23A y 23B. El sistema 230 de las figuras 23A y 23B incluye una estructura de pozo 2320 que incluye, por ejemplo, pero sin limitación, una tubería generalmente cilíndrico hecho de un material adecuadamente rígido, tal como, pero sin limitación, metal, plástico, material compuesto o similares. La tubería tiene un canal central en el que un peso 2310 está soportado para el movimiento entre una primera posición (mostrada en la figura 23B) y una segunda posición (mostrada en la figura 23A). El sistema 230 incluye también una bomba 2340, una tubería 2360 y un motor/generador 2350. De acuerdo con una realización, la tubería incluye, pero sin limitación, una estructura en forma de tubo hecha de un material adecuadamente rígido, tal como, pero sin limitación, metal, plástico, un material compuesto o similares. El peso 2310 está dimensionado para moverse dentro del canal de la estructura de pozo 2320. En una realización, el peso está hecho de un material adecuadamente denso tal como, pero sin limitación, hormigón, acero o similar. Los sellos de presión 2320 están dimensionados para al menos abarcar un espacio entre el peso 2310 y la periferia interna de la estructura de pozo 2320 para formar un sello hermético entre los mismos. De acuerdo con una realización, los sellos de presión están formados de un material duradero y flexible tal como, pero sin limitación, plástico, caucho o similar.
- El funcionamiento del sistema 2300 es similar al del sistema de la figura 2 ya que el sistema 2300 también almacena la energía potencial gravitatoria utilizando un peso de almacenamiento que se hace subir y bajar. Con respecto a la realización de la figura 23A, el peso 2310 está situado en el canal de la estructura de pozo 2320 que facilita el flujo de entrada y salida de un fluido hidráulico. Para facilitar la descripción, la

estructura de pozo 2320 se denominará tubería de almacenamiento. De acuerdo con una realización, el fluido hidráulico es agua.

5 Con referencia continua a la figura 23A, el peso 2310 está dimensionado para posicionarse de manera deslizable dentro de la tubería 2320. De acuerdo con una realización, el peso 2310 está dimensionado para ajustarse estrechamente pero de forma deslizable dentro de los confines de la tubería 2320. Como tal, el tamaño del peso se puede maximizar para aumentar la cantidad de energía potencial gravitatoria que puede ser capturada por el peso, sin afectar significativamente a la libertad del peso para moverse dentro de la tubería 2320. De acuerdo con una realización adicional, se puede proporcionar un sello de presión 2330 en el peso 2310 para impedir que el fluido hidráulico escape por el sello 2330. Como se muestra en la figura 23A, el cierre hermético 2330 está dispuesto en el extremo inferior 2310a del peso 2310. En otras realizaciones, el sello 2330 puede disponerse en el extremo superior 2310b del peso 2310, o entre el extremo inferior 2310a y el extremo superior 2310b.

15 Con referencia continua a la figura 23A, una bomba (o turbina de bombeo) 2340 está conectada por la tubería 2360 a la parte superior e inferior de la tubería 2320 y está conectada a través de un eje de transmisión a un motor eléctrico/generador 2350. Como se muestra en la figura 23A, la bomba 2340 está situada cerca del extremo superior de la tubería 2320. En otras realizaciones, la bomba 2340 está situada cerca del extremo inferior de la tubería 2320, o entre los extremos superior e inferior. El motor/generador 2350 también está conectado a una fuente externa de energía eléctrica, tal como la red eléctrica 2380, por ejemplo, a través de la subestación 2370.

25 Durante el funcionamiento, cuando la fuente externa 2380 suministra energía eléctrica al motor/generador 2350, el motor/generador 2350 acciona la bomba 2340 para aumentar la presión del fluido hidráulico a lo largo de la dirección indicada en las flechas de la figura 23A en la tubería 2360. Como resultado, se aumenta la presión en el fluido por debajo del peso 2310, obligando al peso 2310 a elevarse hacia el extremo superior del pozo 2320. Como tal, la energía potencial gravitatoria se almacena en el sistema 230 (véase, por ejemplo, la configuración de la figura 23B). De acuerdo con una realización, cuando el peso 2310 alcanza una posición elevada (tal como, pero sin limitación, la posición de la figura 23B), los cierres, como se ha descrito anteriormente, las válvulas en la tubería 2360 o en la tubería 2360, un bloqueo en la turbina de bomba u otra estructura adecuada se operan para mantener la presión del fluido hidráulico que soporta el peso 2310. Por ejemplo, similar a los cierres descritos previamente, dichas estructuras pueden ser operadas manualmente y/o electrónicamente.

35 De acuerdo con otras realizaciones, se puede usar aire o un material gaseoso en lugar de (o en combinación con) un líquido en el pozo 2320 para empujar el peso 2310 en una dirección ascendente. De acuerdo con estas realizaciones, se puede usar un compresor de aire en lugar de (o además de) la bomba 2340 para aumentar la presión del aire, elevando así el peso 2310.

40 La liberación de energía almacenada en el sistema 230 se describirá ahora con más detalle con referencia a la figura 23B. En una realización, las estructuras de mantenimiento (por ejemplo, cierres, válvulas o bloqueos) se accionan para liberar la presión del fluido hidráulico que soporta el peso 2310. Cuando el peso 2310 se deja caer hacia el extremo inferior del pozo 2320, la masa del peso obliga al líquido a fluir a través de la tubería 2320 y a través de la tubería 2360 en la dirección de las flechas indicadas en la figura 23B en la tubería 2360. El flujo del líquido impulsa la bomba 2340, lo que hace que el generador 2350 produzca energía eléctrica para ser transmitida, por ejemplo, a la red eléctrica 2380. En las realizaciones que emplean una sustancia gaseosa (tal como, pero sin limitación, aire) en lugar de un líquido, el peso descendente 2310 hace que el aire por debajo del peso 2310 y en la tubería 2360 se presurice. El aire presurizado acciona la bomba/turbina 2340, lo que hace que el generador 2350 produzca energía eléctrica.

55 De acuerdo con una realización que emplea un líquido como material presurizado, el líquido se selecciona/configura para reducir las pérdidas de energía operativas que se pueden producir en el sistema. Por ejemplo, en una realización, la composición del líquido se modifica añadiendo óxido de polietileno o una sustancia similar al líquido (por ejemplo, agua) para disminuir la turbulencia que puede experimentar el peso móvil 2310 y para disminuir la cantidad de fricción causada por el deslizamiento del sello de presión 2330 contra la tubería 2320. De acuerdo con otra realización más, puede usarse un líquido distinto del agua. Por ejemplo, se puede usar petróleo porque tiene una densidad más baja que el agua. Por lo tanto, el uso de petróleo puede aumentar la flotabilidad negativa y la capacidad de almacenamiento efectiva proporcionada por el peso 2310 en una base de metro cúbico. Además, el reemplazo de agua por petróleo disminuirá la fricción causada por el deslizamiento del sello de presión 2330 contra la tubería 2320.

65 Como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 2, se puede bajar (o elevar) un peso de un sistema a dos o más velocidades diferentes. Con referencia a la figura 23A, en una realización, se controla electrónicamente una velocidad a la que el peso 2310 es elevado por el fluido. Por ejemplo, de acuerdo con una realización, el motor/generador 2350 para accionar la bomba-turbina 2340 se controla

por un circuito de control acoplado con el motor/generador para controlar el nivel de presión de fluido que se produce. De acuerdo con otra realización, tal circuito de control puede estar acoplado con la bomba-turbina 2340 para controlar dicha velocidad.

5 Con referencia continua a la figura 23A, en una realización, se controla una velocidad a la cual se baja el peso 2310 a lo largo de la tubería 2320 configurando una frecuencia de funcionamiento del generador 2350. La configuración de la frecuencia de funcionamiento para que sea de un cierto valor ajusta de forma correspondiente la velocidad a la que se baja el peso 2310. Como alternativa, si el generador 2350 es sincrónico con la red eléctrica 2380, la relación de transmisión de una caja de engranajes puede estar
10 configurada para controlar la velocidad a la que se baja el peso 2310. Por ejemplo, de acuerdo con una realización, se puede acoplar una caja de engranajes entre la bomba-turbina 2340 y el generador 2350 (similar a la configuración ilustrada en la figura 21). La configuración de la relación del engranaje de tal caja de engranajes para que sea de un cierto valor determina correspondientemente la velocidad a la que se baja el peso 2310.

15 Con referencia continua a la figura 23A, en una realización alternativa, una velocidad a la que se baja el peso 2310 a lo largo del tubo 2320 se controla mediante o utiliza una estructura mecánica. Por ejemplo, de acuerdo con una realización, se proporciona una estructura de amortiguación (que proporciona, por ejemplo, uno o más niveles de amortiguación) para controlar la velocidad a la que el fluido es expulsado de la tubería 2320 y hacia la tubería 2360. Tal estructura de amortiguación puede incluir, pero sin limitación, una válvula que controla dicha entrada en la tubería 2360. De acuerdo con otra realización, la bomba-turbina incluye una estructura para ajustar una velocidad de entrada desde la tubería 2360 y hacia la bomba-turbina. La estructura de amortiguación descrita anteriormente puede ser operable manualmente (por ejemplo, desde un lugar accesible a un operador humano) o por un dispositivo controlable
20 electrónicamente tal como, pero sin limitación, un accionador de válvula.

De acuerdo con otra realización (similar a las realizaciones respectivas de las figuras 7 y 13), se utilizan pesos múltiples. En algunos casos, las bombas (o bombas-turbinas) tales como la bomba 2340 de la figura 23A pueden alojar solamente hasta un cierto nivel de presión de agua o "cabeza". Debido a que el nivel de presión de agua producido por un peso (por ejemplo, el peso 2310 de la figura 23A) está determinado por la densidad y altura del peso, un peso suficientemente grande y denso puede producir potencialmente más presión de agua que la bomba puede manejar cómodamente. Mediante el uso de pesos múltiples, cada uno de los cuales está dimensionado para producir un nivel de presión de agua que puede ser alojado por la bomba, pueden mantenerse aumentos crecientes en la presión del agua pueden
25 dentro de niveles cómodos.

En la realización ilustrada en las figuras 23A y 23B, se muestran una tubería 2320 y una tubería 2360. En otras realizaciones, se puede acoplar una configuración paralela de dos o más tuberías similares a la tubería 2320 (cada una de las cuales tiene un peso similar al peso 2310 contenido en las mismas) entre la bomba-turbina 2340 y la tubería 2360. En otras realizaciones, una configuración paralela de dos o más tuberías similares a la tubería 2360 puede estar acopladas entre la tubería 2320 y la bomba-turbina 2340. En aún otras realizaciones, se puede acoplar una configuración paralela de dos o más tuberías similares a la tubería 2320 (cada una de las cuales tiene un peso similar al peso 2310 contenido en las mismas) entre la bomba-turbina 2340 y una configuración paralela de dos o más tuberías similares a la tubería 2360. El funcionamiento de las realizaciones descritas en este párrafo puede ser similar al funcionamiento descrito previamente con referencia a las figuras 23A y 23B.

Con referencia a la figura 24, se muestra un sistema que emplea pesos múltiples. El sistema 240 incluye motor/generador 2450, bomba-turbina 2440, tubería 2420, tubería de retorno 2460 y sellos de presión 2330. En una realización, una o más de estas estructuras es similar a la estructura o estructuras correspondientes en el sistema de la figura 23. El sistema 240 también incluye una pluralidad de pesos 2410a, 2410b, 2410c, 2410d y 2410e. Como se describe con otros pesos en esta divulgación, los pesos 2410a-e pueden estar formados por un material adecuadamente denso (por ejemplo, acero, hormigón o similares). En una realización, cada uno de los pesos incluye una válvula 2412. Cada uno de los pesos 2410a, 2410b, 2410c, 2410d y 2410e define un canal interior 2411 a través del cual puede pasar una sustancia líquida tal como, pero sin limitación, agua. De acuerdo con una realización, los pesos 2410a-2410e pueden estar soportados por un bastidor de almacenamiento (no mostrado) situado en la parte superior de la tubería 2420 y similar al bastidor 900 descrito con referencia a la figura 9. Además, tal bastidor puede incluir cierres (por ejemplo, cierres similares a los cierres 902, que se describieron con referencia a la figura 9) que son configurables para mantener los pesos en su sitio en el bastidor.

En combinación con cierres similares a los cierres 902 de la figura 9, las válvulas 2412 son configurables para posicionar los pesos, según se desee. Las válvulas 2412 de los pesos 2410a-2410d se muestran en un estado abierto. De acuerdo con una realización, en estado abierto, las válvulas han sido configuradas para retraer (o pivotar) para abrir el canal interior 2411 en un extremo (por ejemplo, el extremo inferior del canal) de tal forma que el líquido pueda entrar en el canal en ese extremo. Como tal, los pesos correspondientes no están configurados para el movimiento controlado a lo largo de la tubería 2420. La

válvula 2412 del peso 2410e se muestra en un estado cerrado. De acuerdo con una realización, en el estado cerrado, la válvula ha sido configurada para extenderse (o pivotar) para cerrar el canal interior 2411 en un extremo (por ejemplo, el extremo inferior del canal) de tal forma que el líquido no puede entrar en el canal en ese extremo. Similar al control de los elementos sobresalientes de la mordaza 1000, como se describe con referencia a la figura 10, las válvulas 2412 son controlables para colocarse en el estado abierto o cerrado. De acuerdo con una realización, las válvulas tienen accionadores que, en una realización adicional, son controlables manualmente o electrónicamente controlables.

Como se ha descrito anteriormente, cada uno de los pesos puede incluir una válvula operable 2412 que (en su estado abierto) proporciona la entrada del líquido al volumen interior 2411. Cuando la válvula 2412 está cerrada, la válvula 2412 impide la entrada del líquido al volumen interior. El almacenamiento de energía y la liberación adjunta de energía almacenada en el sistema de la figura 24 pueden realizarse de una manera similar a la descrita con referencia a las figuras 23A y 23B.

Con referencia a la figura 24, tanto durante las fases operativas de almacenamiento de energía como de liberación de energía, la válvula 2412 en el peso (o pesos) que se selecciona para subir (o bajar) en el pozo 2420 se coloca en su estado cerrado (véase, por ejemplo, la válvula 2412 del peso 2410e en la figura 24, que está en un estado cerrado. Como resultado, el peso 2410e se mueve en una dirección descendente a lo largo de la tubería 2420, aumentando de forma creciente de este modo la presión del líquido suministrado a la bomba-turbina 2440.

Además, durante las fases operativas tanto de almacenamiento de energía como de liberación de energía, la válvula 2412 en el peso (o pesos) que se selecciona para permanecer estacionaria se coloca en su estado abierto (véase, por ejemplo, la válvula 2412 del peso 2410a en la figura 24). Como resultado, la posición del peso 2410a en la tubería 2420 permanece generalmente estable.

En las realizaciones descritas anteriormente, se produce presión de líquido por debajo de un cuerpo (por ejemplo, el peso 2310 de la figura 23A) que está formado por un material que tiene una densidad mayor que la del líquido que fluye en la tubería. Además, se puede producir presión de líquido por encima de un cuerpo, por ejemplo, un cuerpo formado por un material que tiene una densidad que es menor que la del líquido que fluye en la tubería. Dicha presión puede formarse en el sistema 250, que se describirá ahora con referencia a la figura 25. El sistema incluye un motor/generador 2550, una bomba-turbina 2540, un peso 2510, sellos de presión 2530 y una tubería 2520. En una realización, una o más de estas estructuras son similares a la estructura o estructuras correspondientes en el sistema de la figura 23. El sistema también incluye la estructura de pozo 2560. El pozo 2560 incluye, por ejemplo, pero sin limitación, un tubo generalmente cilíndrico de material rígido, tales como, pero sin limitación, metal, plástico, un material compuesto o similares. El pozo 2560 tiene un canal central en el que un recipiente 2570 está soportado para moverse entre una primera posición (mostrada en la figura 25) y una segunda posición en un extremo superior de la tubería 2560 (no mostrada). El recipiente 2570 puede tener una forma de cápsula, cilindro, esfera, caja u otras formas.

De acuerdo con una realización, el recipiente 2570 es un recipiente generalmente hueco, hermético y cerrado que contiene un material menos denso que el líquido de presurización (por ejemplo, aire). De acuerdo con una realización, el recipiente 2570 es un recipiente de aire, y la presión de aire dentro del recipiente 2570 puede configurarse para compensar la presión externa del líquido para evitar que el recipiente 2570 se colapse. Los sellos de presión 2580 se sitúan en el recipiente 2570. De forma similar a los sellos 2330 de la figura 23, los sellos de presión 2580 de una realización están dimensionados para cubrir al menos un espacio entre el recipiente 2570 y la periferia interior de la tubería 2560 para formar un sello hermético entre los mismos.

Con referencia a la figura 25, para liberar la energía almacenada, un sistema facilita el movimiento descendente del peso 2510, que, de forma similar al peso 2310 de la figura 23A, está compuesto de un material que es más denso que el líquido por debajo del peso 2510. La fuerza de presurización causada por el movimiento descendente del peso 2510 a lo largo del pozo 2520 puede aumentarse por la fuerza de presurización causada por el movimiento ascendente del recipiente flotante 2570 a lo largo del pozo 2560. El recipiente 2570 contiene un material que es menos denso que el líquido que fluye en los pozos 2520 y 2560.

En una realización alternativa, el sistema emplea el recipiente flotante 2570 pero no el peso 2510 en el almacenamiento de energía y la liberación de la energía almacenada. De forma similar a las realizaciones descritas previamente, el recipiente 2570 de esta realización alternativa contiene un material que tiene una densidad más baja que el líquido circundante. La energía se almacena cuando la turbina aumenta la presión del fluido a lo largo de una dirección opuesta a las flechas indicadas en la figura 23A en el pozo 2540. Como resultado, se aumenta la presión en el fluido por encima del recipiente 2530, empujando el recipiente 2530 hacia el extremo inferior del pozo 2540. Como tal, se almacena energía en el sistema 250 (véase, por ejemplo, la configuración de la figura 25).

Con referencia a la figura 26, se muestra otra realización. Las características de esta realización incluyen una estructura integrada que puede configurarse de manera relativamente compacta. En esta realización, un sistema 260 incluye un motor/generador 2650, una bomba-turbina 2640, una tubería de retorno 2660 y sellos de presión 2630. En una realización, una o más de estas estructuras son similares a la estructura o estructuras correspondientes en el sistema de la figura 23. El sistema 260 incluye también una tubería 2620. La tubería de almacenamiento 2620 incluye, sin limitación, una tubería generalmente cilíndrica hecha de un material adecuadamente rígido tal como, pero sin limitación, metal, plástico, un material compuesto o similares. La tubería cilíndrica de la tubería de almacenamiento 2620 define un canal interior a través del cual se extiende al menos una porción de la tubería de retorno 2660. En una realización, el peso 2610 está dimensionado para moverse dentro de la tubería 2620 y, como tal, tiene una forma que se ajusta generalmente a un volumen interno de la tubería 2620. De acuerdo con una realización, los sellos de presión deslizante 2630 están posicionados sobre el peso 2610 para incluir al menos un espacio entre el peso 2610 y la tubería de almacenamiento 2620. Los sellos 2630 evitan que el fluido presurizado fluya más allá del sello.

En la configuración ilustrada en la figura 26, se libera energía cuando el peso 2610 se mueve en una dirección descendente a lo largo de la tubería 2620. La masa del peso 2610 obliga al líquido a fluir a través de la tubería 2620 y a través de la tubería 2660 en la dirección de las flechas indicadas en la figura 26 en la tubería 2660. El flujo del líquido impulsa la bomba 2640, lo que hace que el motor/generador 2650 produzca energía eléctrica para ser transmitida, por ejemplo, a una red eléctrica.

De acuerdo con una realización adicional, el tanque de presión 2670 se proporciona en un extremo de la tubería de almacenamiento 2620. El tanque de presión 2670 puede contener aire comprimido o un gas adecuado. Como tal, el tanque de presión 2670 permite aumentar la presión absoluta sobre la salida de la turbina, evitando así la cavitación y el daño resultante a los componentes de la turbina.

De acuerdo con una realización, puede utilizarse la energía eólica para accionar sistemas que incluyen sistemas tales como el sistema 260 de la figura 26. Con referencia a la figura 27, se muestra una representación esquemática de una realización de un sistema accionado por el viento 270. De acuerdo con esta realización, la turbina eólica 2700 acciona una bomba hidráulica 2770 para bombear el fluido hidráulico (por ejemplo, agua) a través de una manguera de presión 2780 y a la tubería de retorno 2760. La presión del agua obliga al peso 2710 a moverse hacia arriba a lo largo de la tubería de almacenamiento 2720. El uso de la bomba hidráulica 2770 puede ayudar a eliminar las pérdidas de eficiencia asociadas con el uso de una bomba eléctrica (por ejemplo, las pérdidas de eficiencia provocadas por la conversión de la energía eólica en electricidad (para el funcionamiento de la bomba eléctrica) y después por la conversión de la electricidad de nuevo en energía mecánica (en la bomba eléctrica)). Además, la presión de fluido proporcionada por la turbina eólica 2700 a la bomba-turbina 2740 (a través de la manguera de presión 2780) se puede combinar con la presión de fluido proporcionada desde el peso de almacenamiento en movimiento descendente 2710 hasta la bomba-turbina 2740 (a través de la tubería de retorno 2760) para accionar la bomba-turbina, haciendo girar así el motor/generador 2750 y suministrando electricidad, por ejemplo, a una red eléctrica. Esto ayuda a eliminar la necesidad de un generador acoplado directamente a la torre de la turbina eólica. Debido a que tal generador puede ser pesado y/o costoso, la eliminación de la necesidad de dicho generador disminuye los requisitos estructurales y/o los costes del sistema.

De acuerdo con otra realización, con referencia a la figura 28, puede configurarse un sistema 280 similar al sistema 260 de la figura 26 para su instalación en un sitio acuático. De acuerdo con una realización, la tubería de almacenamiento 2820 puede estar configurada para descansar sobre el suelo del cuerpo acuático (por ejemplo, un océano). Las cuerdas tensoras 2890 (que, de acuerdo con una realización, son similares a las líneas de amarre 1250 de la figura 12) sirven para anclar el sistema al suelo y ayudan a mantener el sistema en una orientación generalmente vertical. De acuerdo con una realización adicional, se proporcionan una o más cámaras de flotación 2892 en (o cerca) del extremo superior del sistema para ayudar a mantener la orientación generalmente vertical del sistema. De acuerdo con una realización, las cámaras de flotación 2892 son elementos flotantes que son generalmente huecos y que contienen un material que tiene una densidad menor que la del agua. De acuerdo con una realización, la cámara de flotación 2892 está formada de un material rígido y duradero tal como, pero sin limitación, metal, plástico, un material compuesto o similares. De acuerdo con una realización, con referencia a la figura 28, la parte superior del sistema está situada por encima de la superficie del océano, por ejemplo, para proporcionar una plataforma sobre la cual se puede soportar una turbina eólica. De acuerdo con otras realizaciones, el sistema puede estar completamente sumergido en el cuerpo acuático, para reducir la susceptibilidad del sistema a las fuerzas del viento y de las mareas.

Con referencia a la figura 29, se describirá ahora un método para almacenar energía de acuerdo con una realización. Como se muestra en la etapa 291, un peso de almacenamiento se eleva contra la gravedad desde una primera elevación a una segunda elevación durante un periodo valle, cuando la demanda de energía es menor con respecto a un periodo pico. Como tal, la energía potencial gravitatoria del peso de almacenamiento se aumenta. Como se muestra en la etapa 292, la energía potencial gravitatoria del peso

de almacenamiento se mantiene para su liberación durante un período pico. De acuerdo con una realización adicional, como se muestra en la etapa 293, la energía potencial gravitatoria del peso de almacenamiento se libera durante el período pico. El peso de almacenamiento se puede bajar con gravedad de manera que se libere su energía potencial gravitatoria.

5

Las realizaciones de la presente invención están dirigidas a sistemas de almacenamiento de energía que pueden servir como suministros de energía fiables y distribuibles de carga de base, así como suministros de energía intermitentes. En realizaciones particulares, los sistemas pueden aprovechar la energía producida por fuentes renovables, tal como la recogida por colectores solares y turbinas eólicas. De acuerdo con realizaciones de la presente divulgación, una fracción significativa de la salida de fuentes solares y/o eólicas se dirige a unidades de almacenamiento de energía a gran escala, las cuales pueden liberar entonces dicha energía en un momento posterior (por ejemplo, según sea necesario).

10

Aunque ciertas realizaciones que se han descrito anteriormente están dirigidas a sistemas mediante los cuales se almacena la energía "valle" para un uso "pico" posterior, las realizaciones de la invención también se dirigen a sistemas para la regulación de la frecuencia, o la regulación, de la generación de energía. En dichos sistemas, las diferencias entre los niveles de la energía generados y los niveles de energía demandados se equilibran para reducir o minimizar dichas diferencias. De acuerdo con dichas realizaciones, la trayectoria a lo largo de la cual puede viajar un peso de almacenamiento (por ejemplo, un peso similar al peso de almacenamiento 202 de la figura 2) puede tener una longitud vertical adecuada tal como, pero sin limitación, una longitud de aproximadamente 200 metros o más. En una realización particular, la longitud vertical de la trayectoria está entre aproximadamente 200 metros y 400 metros.

15

20

REIVINDICACIONES

1.Un sistema (230; 240; 250; 260) para almacenar energía, comprendiendo el sistema (230; 240; 250; 260):

- 5
- al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610);
 una estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) que tiene un volumen interior que contiene un fluido, estando dispuesto el al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) dentro del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) para moverse con gravedad desde una
- 10 primera posición de elevación a una segunda posición de elevación dentro del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620), para forzar el fluido a salir de una primera porción del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) por el movimiento de al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) desde la primera posición de elevación a la
- 15 segunda posición de elevación, estando la primera porción del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) situada en vertical por debajo del al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610);
 una tubería (2360; 2460; 2560; 2660) acoplada en comunicación de flujo de fluido con la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620), para recibir el fluido forzado fuera de la primera
- 20 porción del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) cuando el al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) se mueve desde la primera posición de elevación a la segunda posición de elevación dentro del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620);
 un generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650) acoplado operativamente con la
- 25 tubería (2360; 2460; 2560; 2660) para recibir una fuerza motriz procedente del fluido recibido por la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) desde la primera porción del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620), para accionar el generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650) para generar electricidad tras el movimiento de al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) desde la primera posición de elevación a la segunda posición de elevación; y
 en el que la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) se conecta a una segunda porción del volumen
- 30 interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620), estando la segunda porción del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) situada en vertical por encima del al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610);
 en el que el sistema comprende además:
 (a) una bomba o turbina hidráulica (2340; 2440; 2540; 2640) acoplada en comunicación de fluido
- 35 con la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) y conectada mecánicamente con el generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650), para recibir la presión de fluido desde la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) y accionar el generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650) para generar electricidad tras el movimiento de al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) por gravedad desde la primera posición de elevación a la segunda posición de elevación; o
 (b) una bomba o turbina hidráulica (2340; 2440; 2540; 2640) acoplada en comunicación de fluido
- 40 con la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) y conectada mecánicamente con el generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650), en el que el generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650) tiene un modo de motor eléctrico para impulsar la bomba o turbina hidráulica (2340; 2440; 2540; 2640) para forzar el fluido hasta la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) y aumentar la presión de fluido en la primera porción del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) en una cantidad suficiente para mover el al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) de la segunda posición de elevación hacia la primera posición de elevación; y
 en el que la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) está acoplada en un extremo a la primera porción
- 45 de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) y en un segundo extremo a una bomba o turbina hidráulica (2340; 2440; 2540; 2640).
- 50

2.El sistema (230; 240; 250; 260) de la reivindicación 1, que comprende además una bomba o turbina hidráulica (2340; 2440; 2540; 2640) acoplada en comunicación fluida con la tubería y conectada mecánicamente con el generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650), en el que la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) está acoplada en un extremo a la primera porción de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) y en un segundo extremo a la bomba o turbina hidráulica (2340; 2440; 2540; 2640), para transportar la presión de fluido entre la primera porción de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) y la bomba o turbina hidráulica (2340; 2440; 2540; 2640); o

que comprende además al menos un sello (2330; 2530; 2630) dispuesto para inhibir el flujo fluido a través del al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610), entre la primera porción del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) y una segunda porción del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) que se sitúa en vertical por encima del al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610).

3.El sistema (230; 240; 250; 260) de la reivindicación 1, en el que el al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) comprende un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) que tiene un paso de flujo de fluido que se

- extiende a través del cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) y una válvula de fluido (2412) situada dentro del paso para permitir o inhibir selectivamente el flujo de fluido a través del paso; preferiblemente, en el que la válvula de fluido (2412) está controlada para que se cierre con el fin de inhibir el flujo de fluido a través del paso cuando el cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) se mueve con la gravedad desde la segunda posición de elevación a la primera posición; más preferiblemente,
- 5 en el que la válvula de fluido (2412) está controlada para que se abra con el fin de permitir que el flujo de fluido a través del paso cuando el cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) se mantiene en la segunda posición de elevación; o,
- 10 en el que la válvula de fluido (2412) está controlada para que se abra con el fin de permitir que el flujo de fluido a través del paso cuando el cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) se mantiene en la segunda posición de elevación.
- 4.Un sistema (230; 240; 250; 260) como se indica en la reivindicación 1, en el que el generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650) se dispone en una tercera posición de elevación que es más elevada que la segunda posición de elevación; o,
- 15 en el que el generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650) se dispone en una tercera posición de elevación que es más elevada que la primera posición de elevación.
- 5.Un sistema (230; 240; 250; 260) para almacenar la energía de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) comprende una pluralidad de cuerpos, y en el que el sistema comprende además una estructura para suspender cada uno de los cuerpos y liberar selectivamente los cuerpos para un movimiento individual con gravedad desde la primera posición de elevación a la segunda posición de elevación.
- 20
- 6.El sistema (230; 240; 250; 260) de la reivindicación 5, en el que la estructura de suspensión comprende una pluralidad de cierres (902), siendo cada uno de los cierres (902) configurable selectivamente para acoplarse con uno de los cuerpos (2310; 2410; 2510; 2610); o
- 25 en el que la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) está acoplada en un extremo a la primera porción de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) y en un segundo extremo a una bomba o turbina hidráulica (2340; 2440; 2540; 2640).
- 30
- 7.El sistema (230; 240; 250; 260) de la reivindicación 5, que comprende además una bomba o turbina hidráulica (2340; 2440; 2540; 2640) acoplada en comunicación fluida con la tubería y conectada mecánicamente con el generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650), en el que la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) está acoplada en un extremo a la primera porción de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) y en un segundo extremo a la bomba o turbina hidráulica (2340; 2440; 2540; 2640), para transportar la presión de fluido entre la primera porción de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) y la bomba o turbina hidráulica (2340; 2440; 2540; 2640).
- 35
- 8.El sistema (230; 240; 250; 260) de la reivindicación 5 que comprende además al menos un sello (2330; 2530; 2630) dispuesto para inhibir el flujo fluido a través del al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610), entre la primera porción del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) y una segunda porción del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) que se sitúa en vertical por encima del al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610).
- 40
- 9.El sistema (230; 240; 250; 260) de la reivindicación 5, en el que la segunda porción de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) que está situada en vertical por encima del al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610), está en comunicación de flujo de fluido con la tubería (2360; 2460; 2560; 2660); preferiblemente,
- 45 que comprende además una turbina de bombeo (2340; 2440; 2540; 2640) dispuesta en comunicación de flujo de fluido entre la segunda porción de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) y la tubería (2360; 2460; 2560; 2660); más preferiblemente,
- 50 en el que el generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650) está acoplado operativamente a la turbina de bombeo (2340; 2440; 2540; 2640) para accionar selectivamente la turbina de bombeo (2340; 2440; 2540; 2640).
- 55
- 10.Un sistema (230; 240; 250; 260) de la reivindicación 5, en el que cada cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) incluye un paso de flujo de fluido a través del cual fluye el fluido cuando el cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) está suspendido, incluyendo el sistema además una válvula (2412) asociada con el paso de flujo de fluido de cada cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) para abrir y cerrar selectivamente el paso de flujo de fluido; preferiblemente,
- 60 en el que la válvula (2412) se opera para abrir selectivamente el paso de flujo de fluido de uno de los cuerpos (2310; 2410; 2510; 2610) cuando el cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) está suspendido estacionario y para cerrar selectivamente el paso de flujo de fluido del cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) cuando el cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) se libera para moverse de la primera posición de elevación a la segunda posición de elevación.
- 65

11.Un método para almacenar energía, comprendiendo el método:

5 disponer al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) dentro de un volumen interior de un recipiente de fluido (2320; 2420; 2520; 2620) para el movimiento con gravedad dentro del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) de una primera posición de elevación a una segunda posición de elevación, para forzar al fluido a salir de una primera porción del volumen interior del recipiente de fluido (2320; 2420; 2520; 2620) por el movimiento del al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) de la primera posición de elevación a la segunda posición de elevación, estando la primera porción del volumen interior del recipiente de fluido (2320; 2420; 2520; 2620) situada en vertical por debajo del al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610);

10 acoplar una tubería (2360; 2460; 2560; 2660) en comunicación de flujo de fluido con la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620), para recibir el fluido forzado fuera de la primera porción del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) cuando el al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) se mueve desde la primera posición de elevación a la segunda posición de elevación dentro del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620);

15 acoplar un generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650) con la tubería para recibir una fuerza motriz procedente del fluido recibido por la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) desde la primera porción del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620), para accionar el generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650) para generar electricidad tras el movimiento de al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) desde la primera posición de elevación a la segunda posición de elevación; y

20 acoplar una bomba (2340; 2440; 2540; 2640) en comunicación de flujo de fluido con la tubería (2360; 2460; 2560; 2660), para mover de forma controlable el al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) contra la gravedad de la segunda posición de elevación a la primera posición de elevación para aumentar la energía potencial gravitatoria del al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610);

25 comprendiendo el método además:

30 (a) acoplar una bomba o turbina hidráulica (2340; 2440; 2540; 2640) en comunicación de fluido con la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) y con el generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650), para recibir la presión de fluido desde la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) y accionar el generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650) para generar electricidad tras el movimiento de al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) por gravedad desde la primera posición de elevación a la segunda posición de elevación; o

35 (b) acoplar una bomba o turbina hidráulica (2340; 2440; 2540; 2640) en comunicación de fluido con la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) y con el generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650); y dotar al generador de energía eléctrica (2350; 2450; 2550; 2650) de un modo de motor eléctrico para impulsar la bomba o turbina hidráulica (2340; 2440; 2540; 2640) para forzar el fluido hasta la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) y aumentar la presión de fluido en la primera porción del volumen interior de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) en una cantidad suficiente para mover el al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) de la segunda posición de elevación hacia la primera posición de elevación;

40 en el que la tubería (2360; 2460; 2560; 2660) está acoplada en un extremo a la primera porción de la estructura de pozo (2320; 2420; 2520; 2620) y en un segundo extremo a una bomba o turbina hidráulica (2340; 2440; 2540; 2640).

45

12.El método de la reivindicación 11,

50 en el que el al menos un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) comprende un cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) que tiene un paso de flujo de fluido que se extiende a través del cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) y una válvula de fluido (2412) situada dentro del paso para permitir o inhibir selectivamente el flujo de fluido a través del paso; preferiblemente,

55 que comprende además configurar la válvula de fluido (2412) para que se cierre con el fin de inhibir el flujo de fluido a través del paso cuando el cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) se mueve con la gravedad de la segunda posición de elevación a la primera posición de elevación, para que se abra con el fin de permitir el flujo de fluido a través del paso cuando el cuerpo (2310; 2410; 2510; 2610) se mantiene en la segunda posición de elevación.

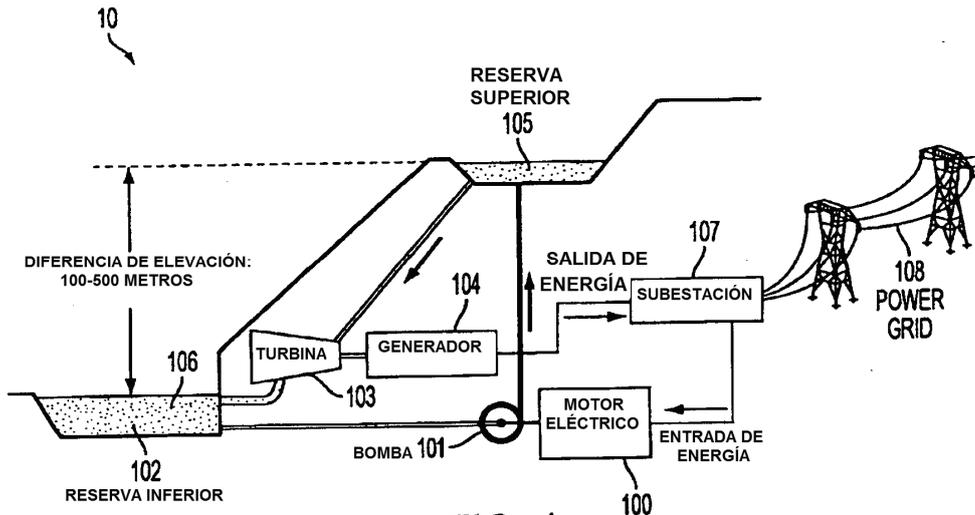


FIG. 1

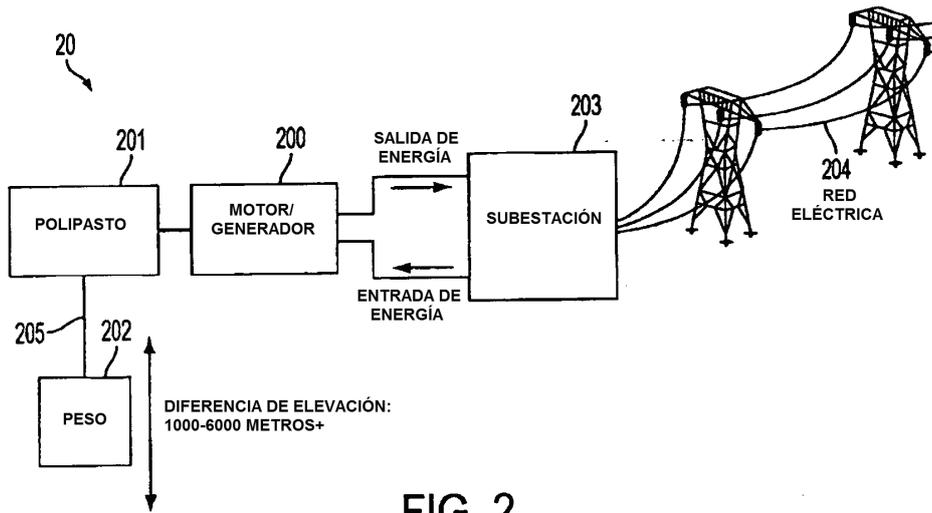


FIG. 2

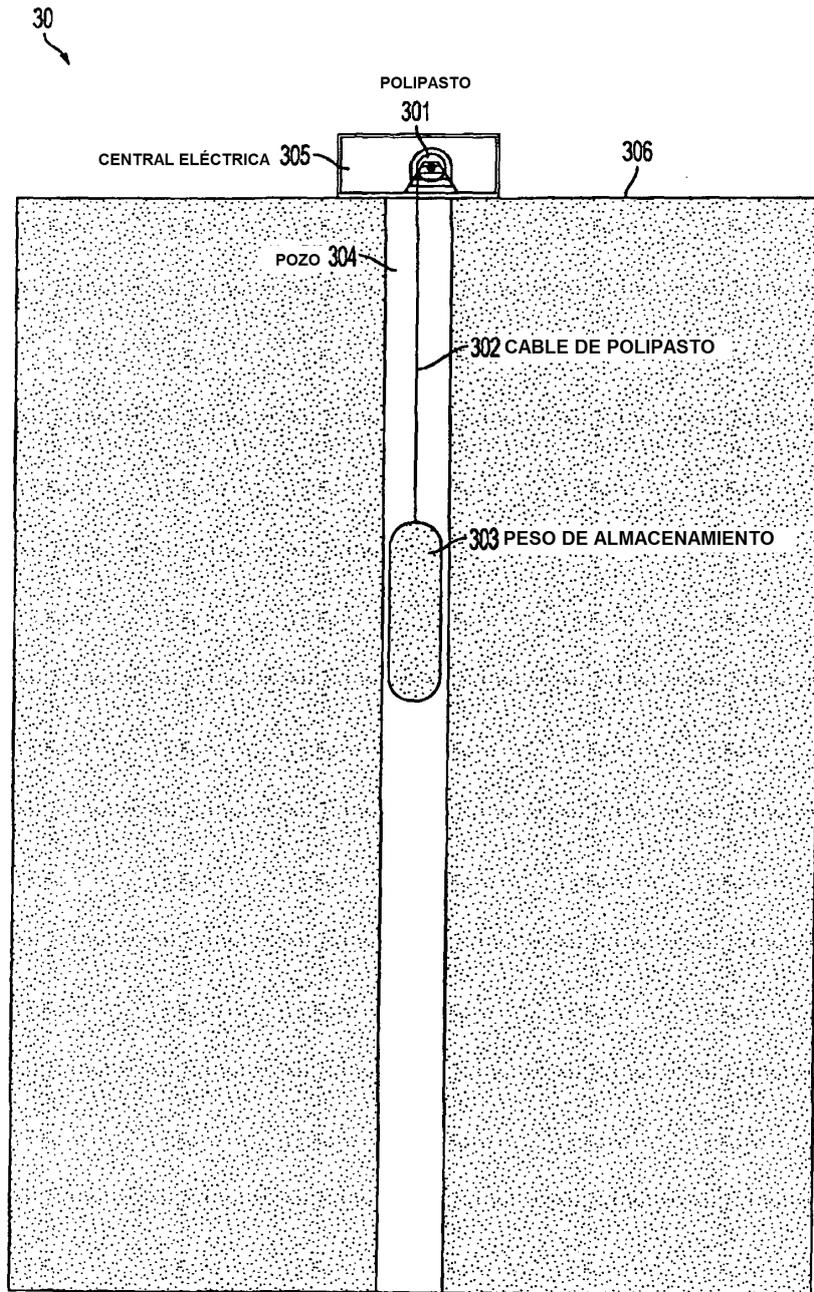


FIG. 3

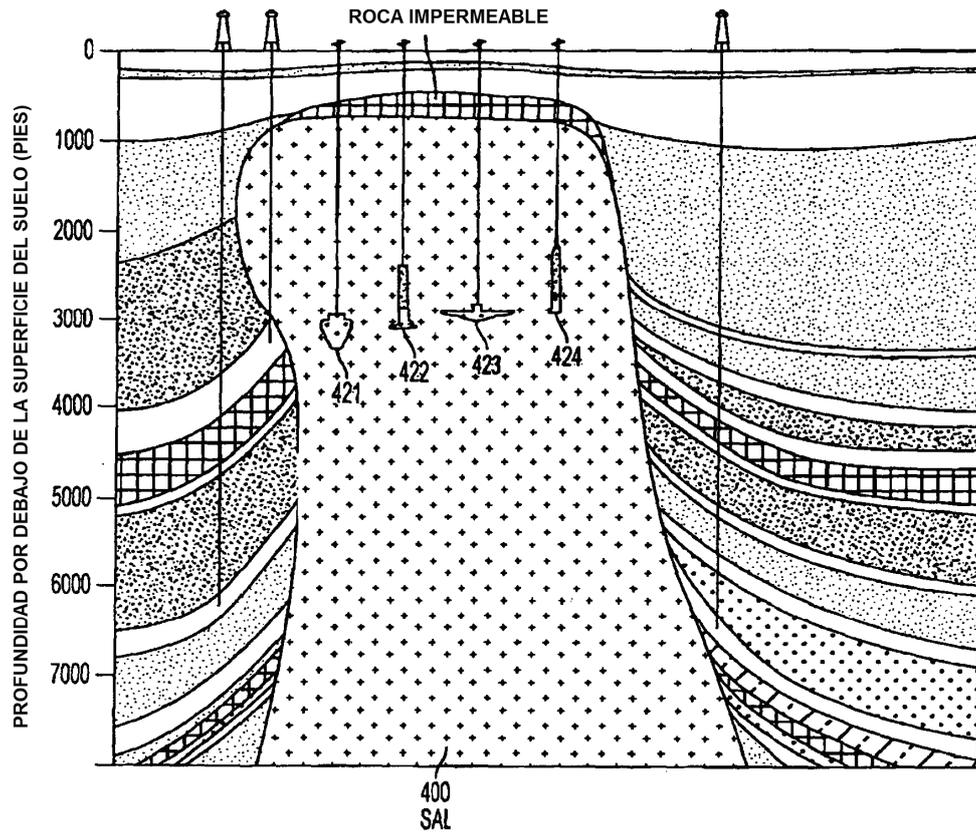


FIG. 4

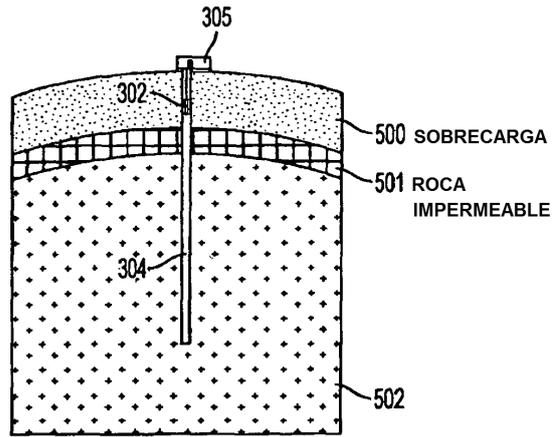


FIG. 5

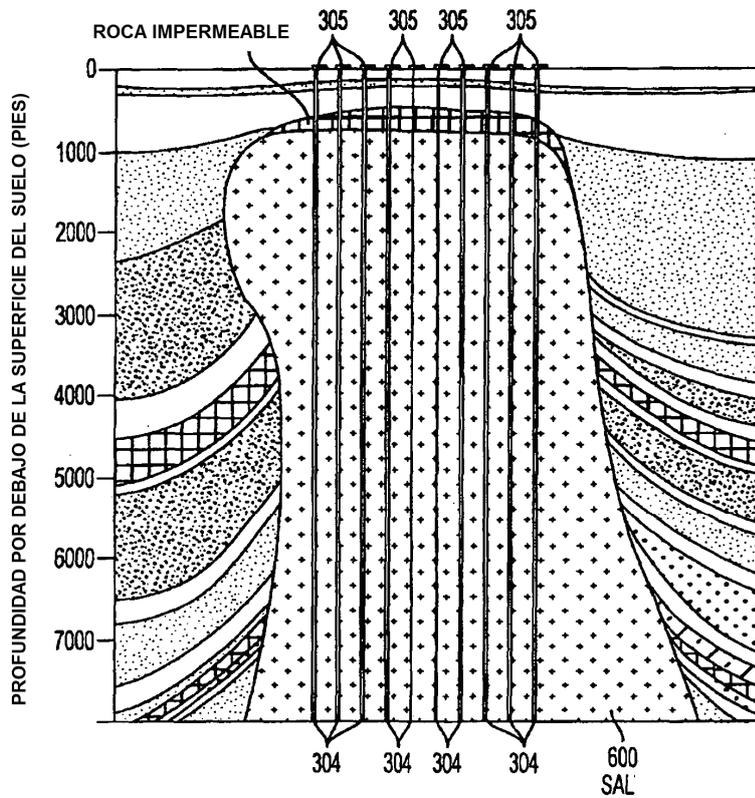


FIG. 6

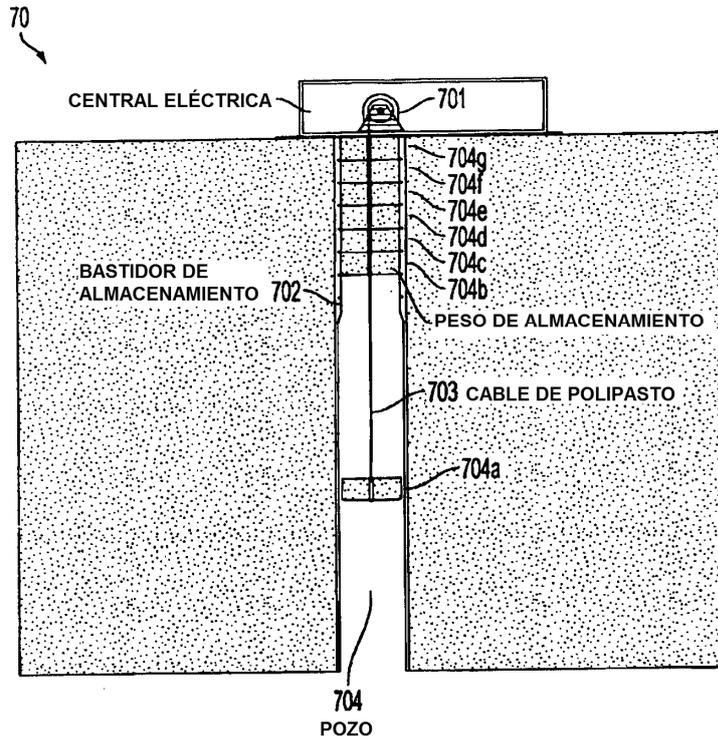


FIG. 7

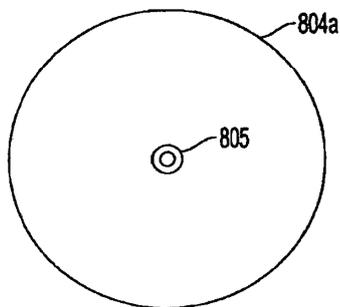


FIG. 8A

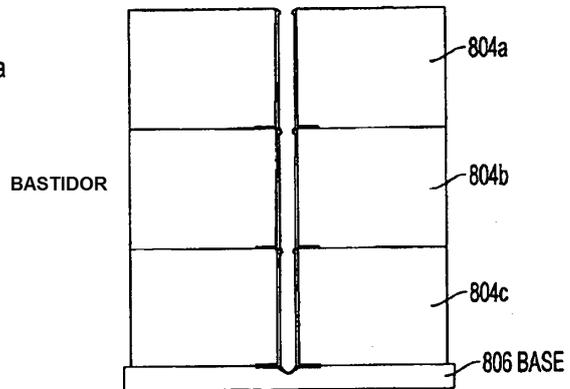


FIG. 8B

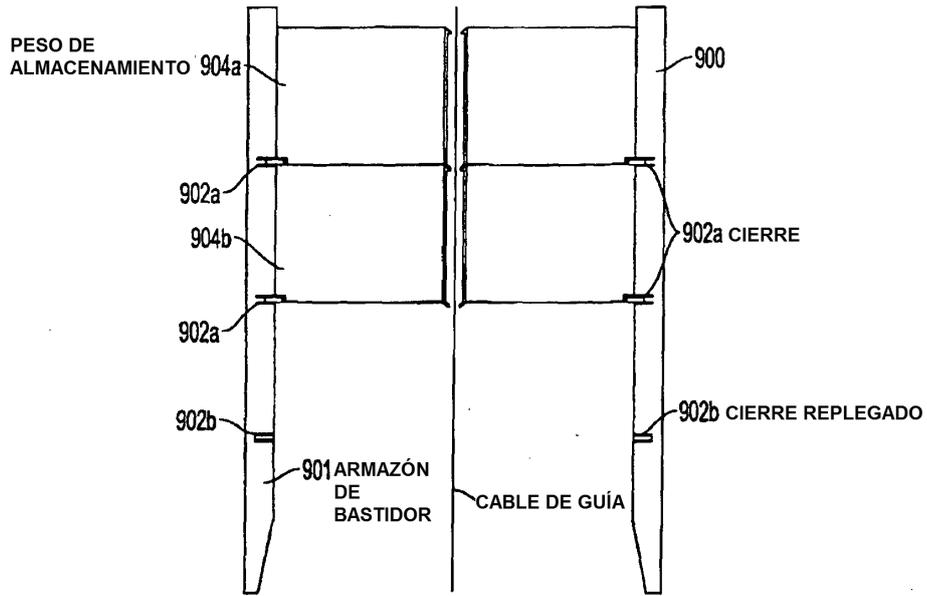


FIG. 9

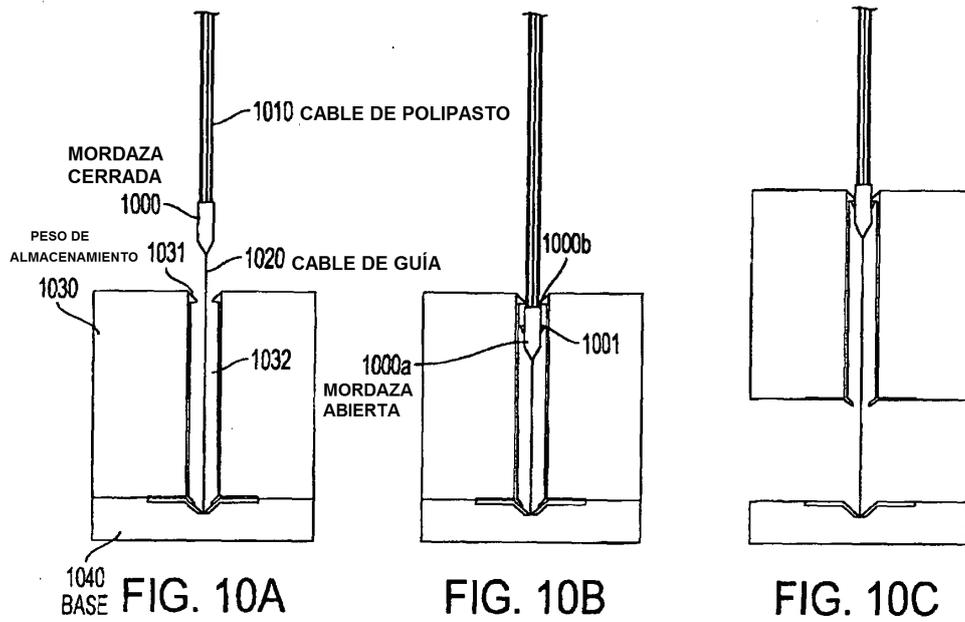


FIG. 10A

FIG. 10B

FIG. 10C

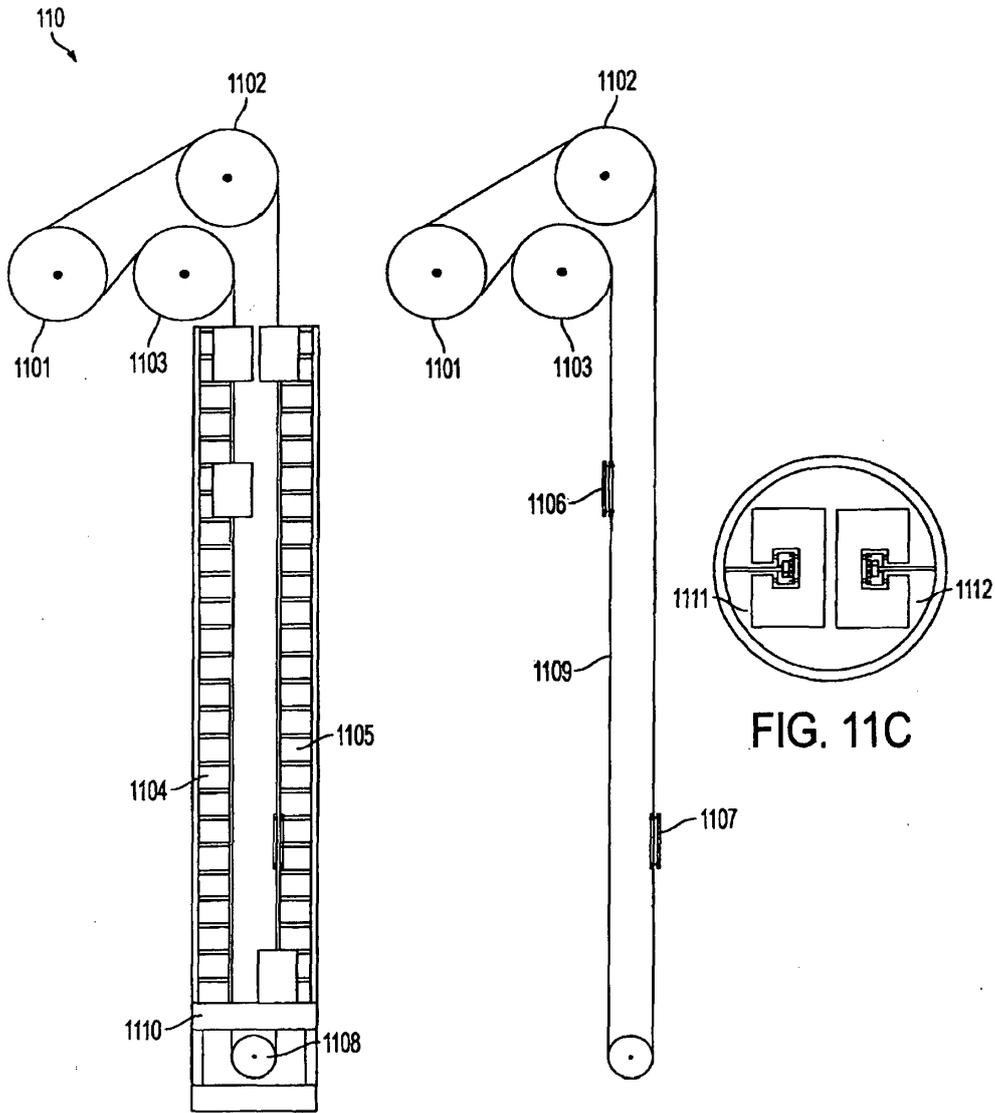


FIG. 11A

FIG. 11B

FIG. 11C

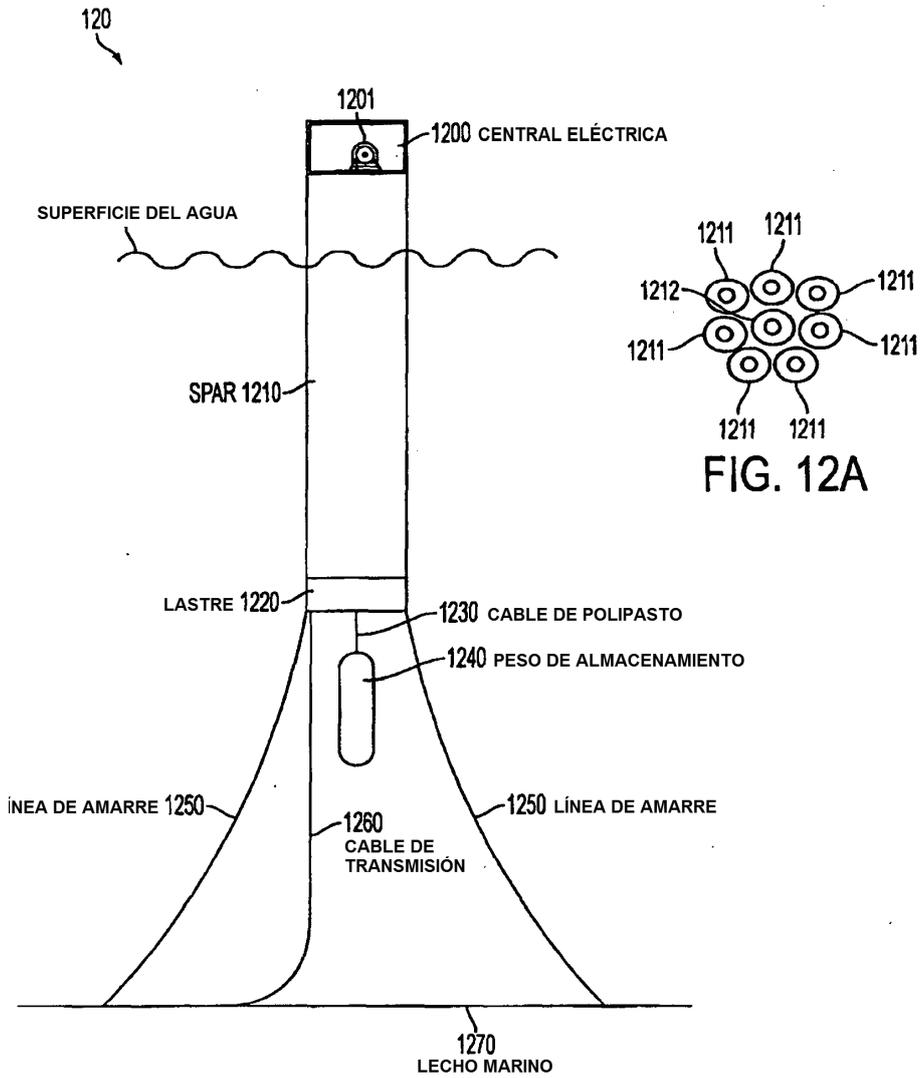


FIG. 12

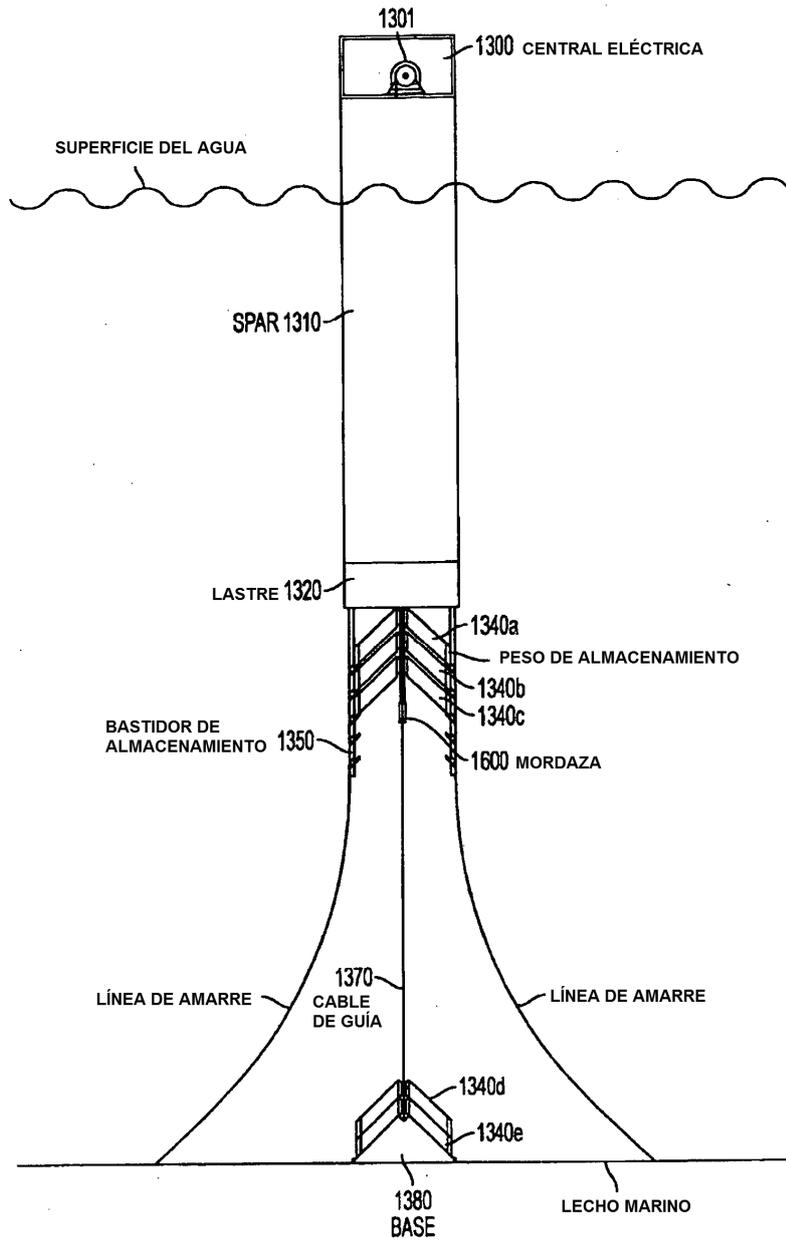


FIG. 13

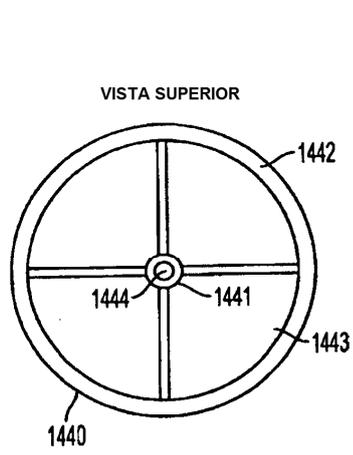


FIG. 14A

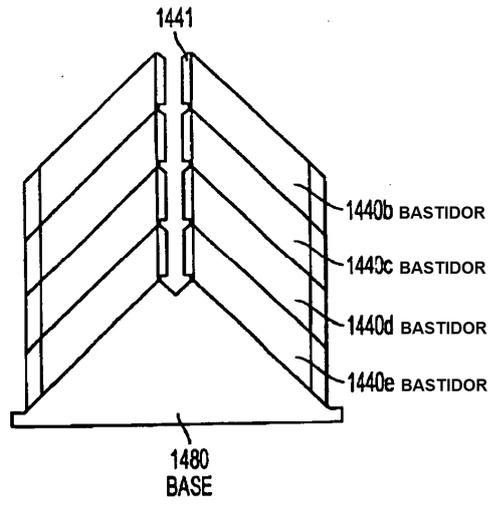


FIG. 14B

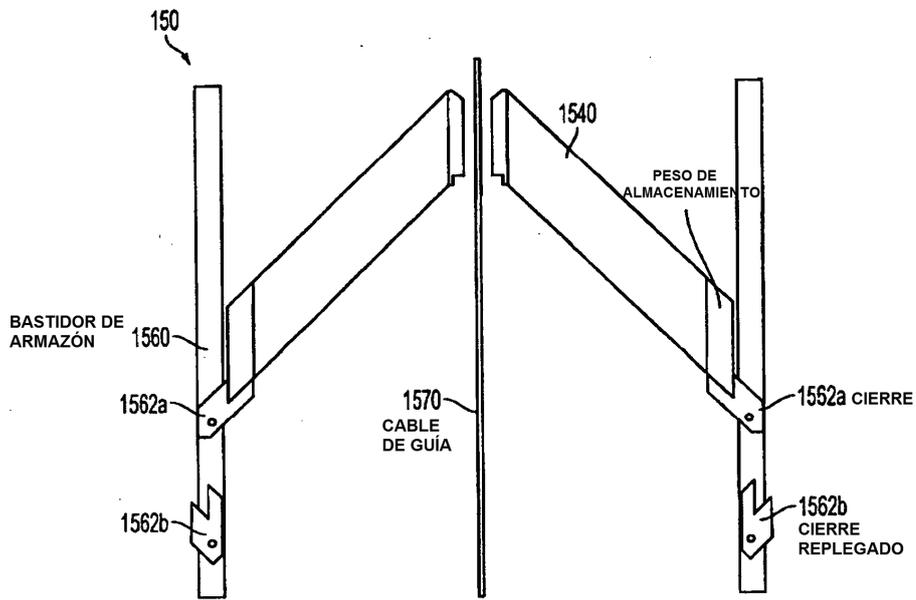


FIG. 15

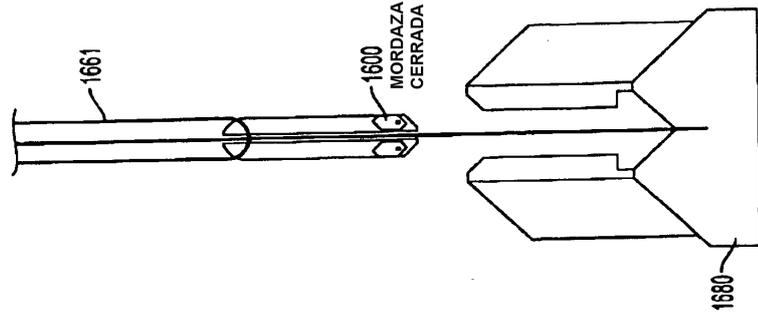


FIG. 16C

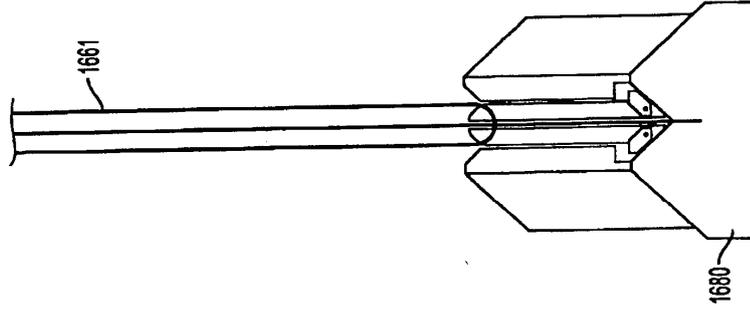


FIG. 16B

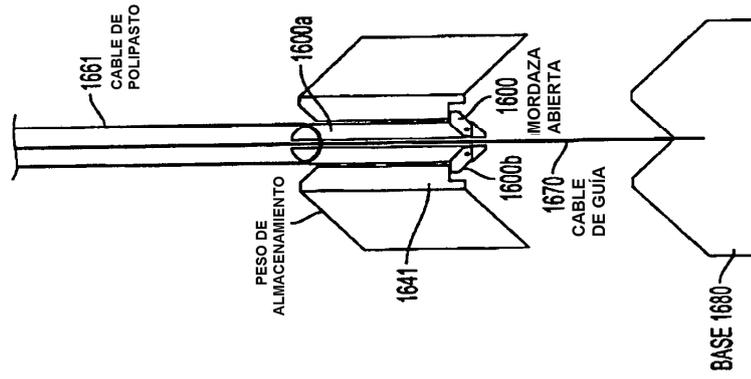


FIG. 16A

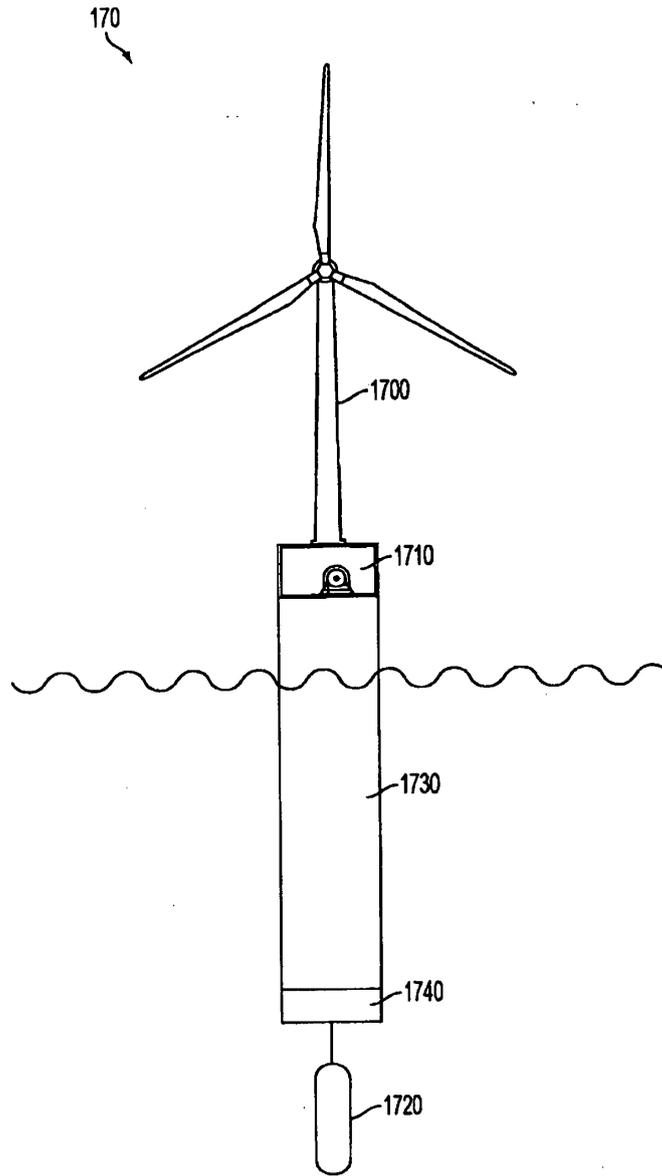
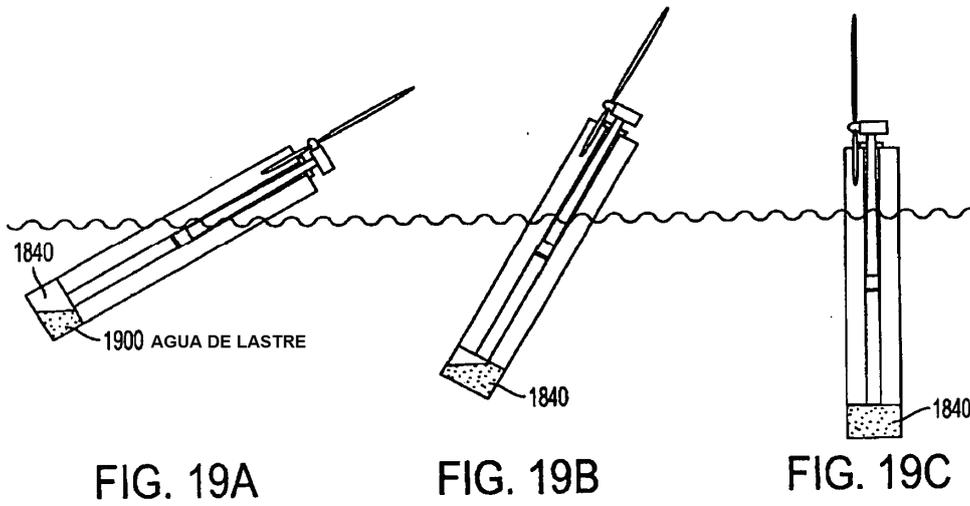
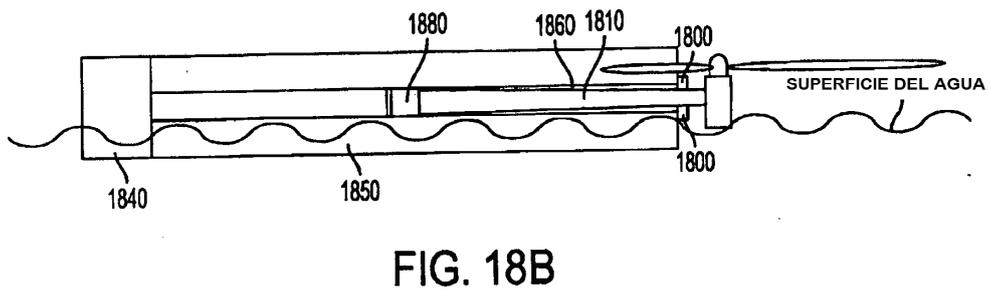
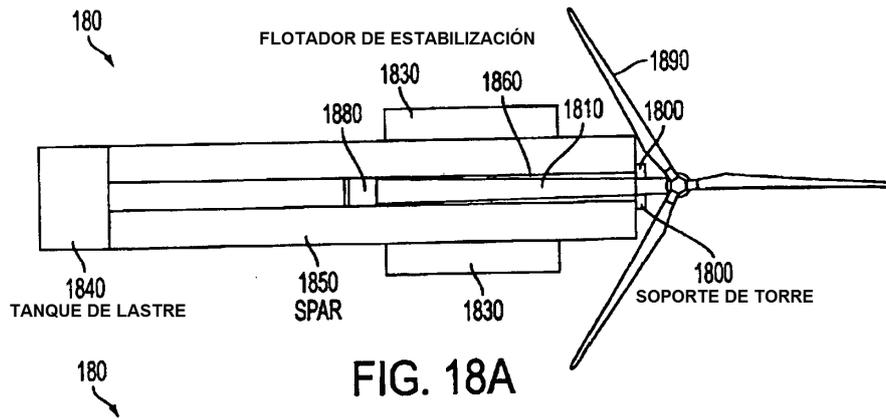


FIG. 17



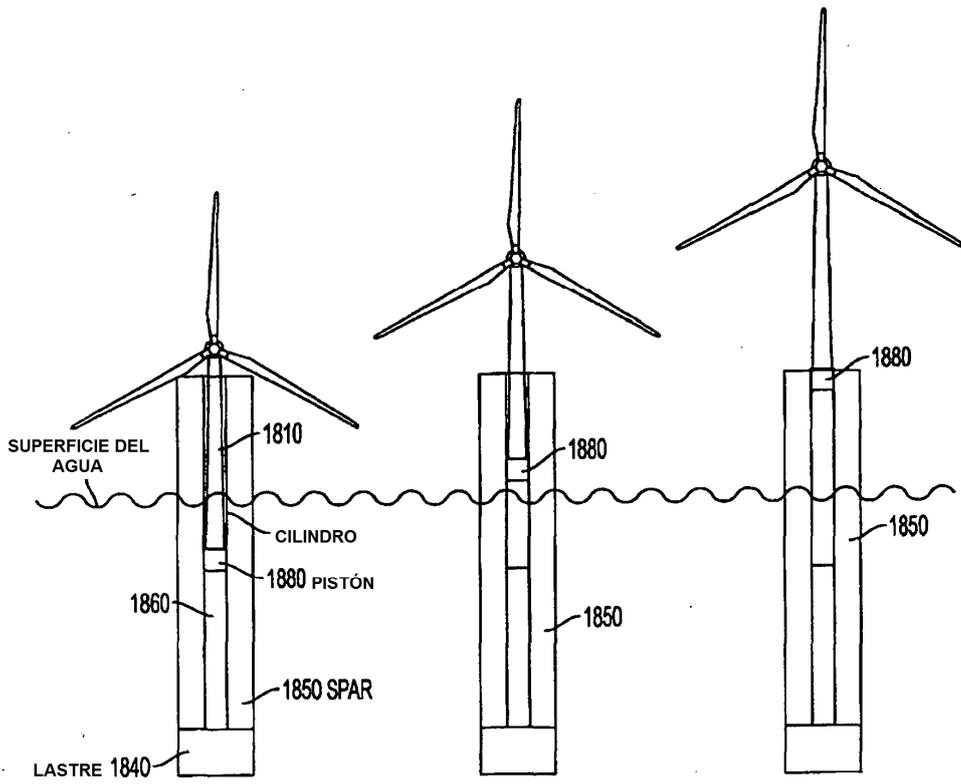


FIG. 20A

FIG. 20B

FIG. 20C

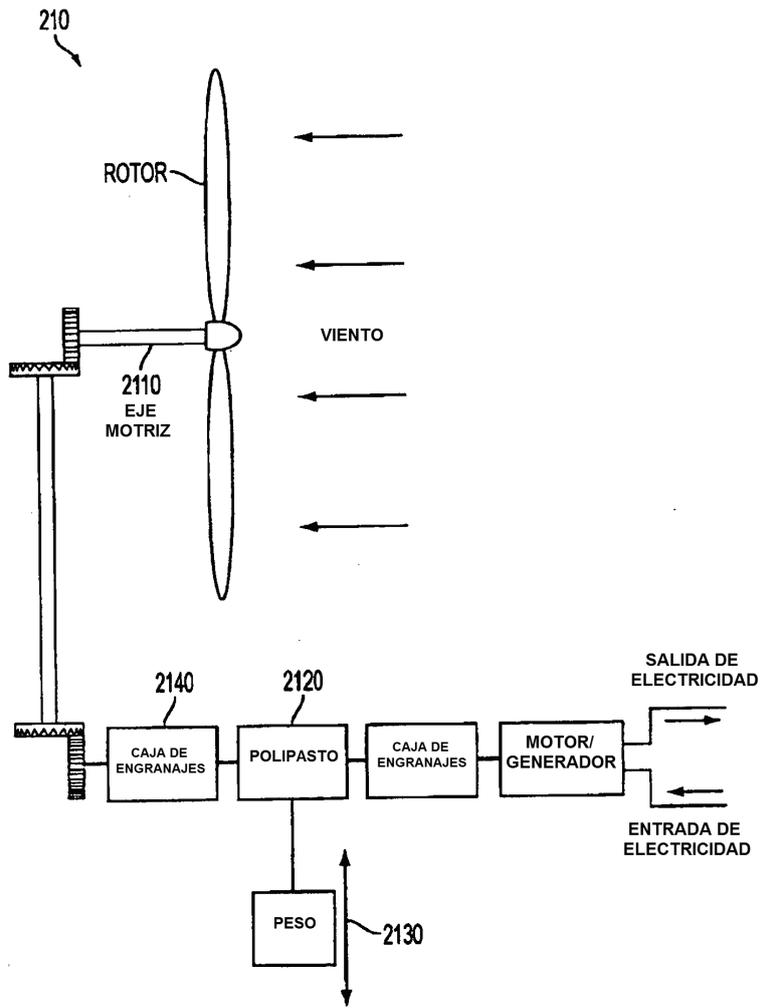


FIG. 21

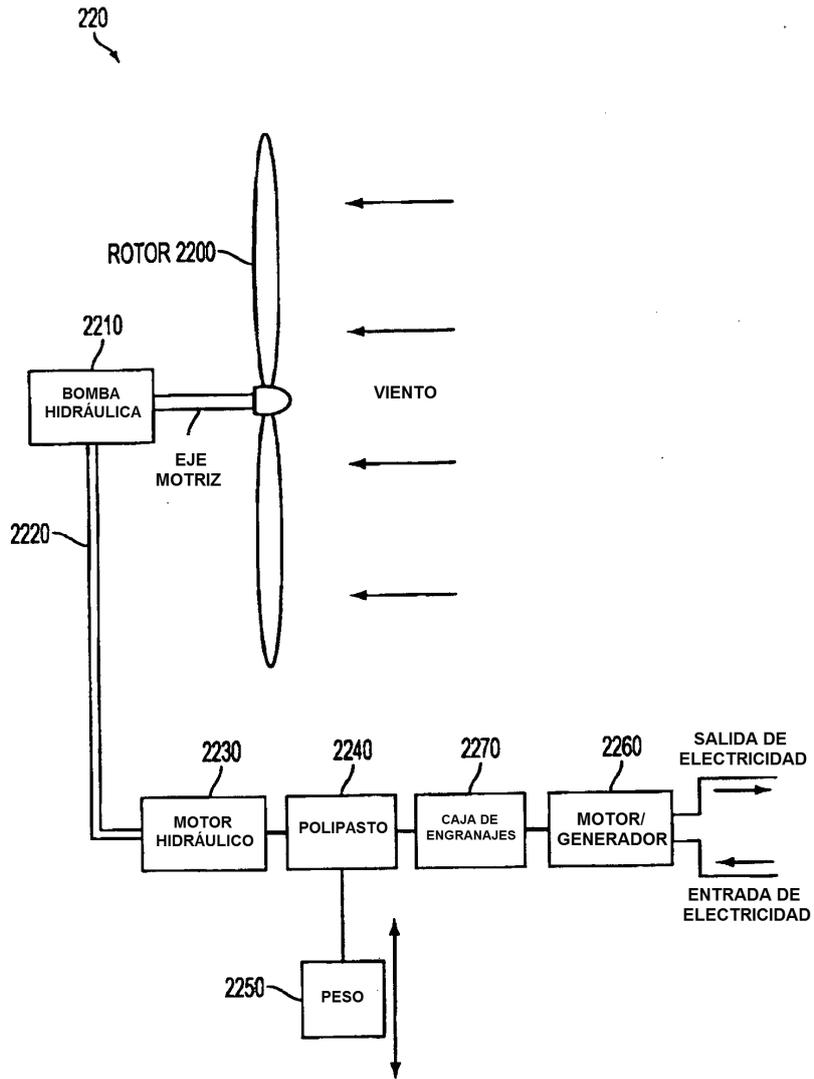
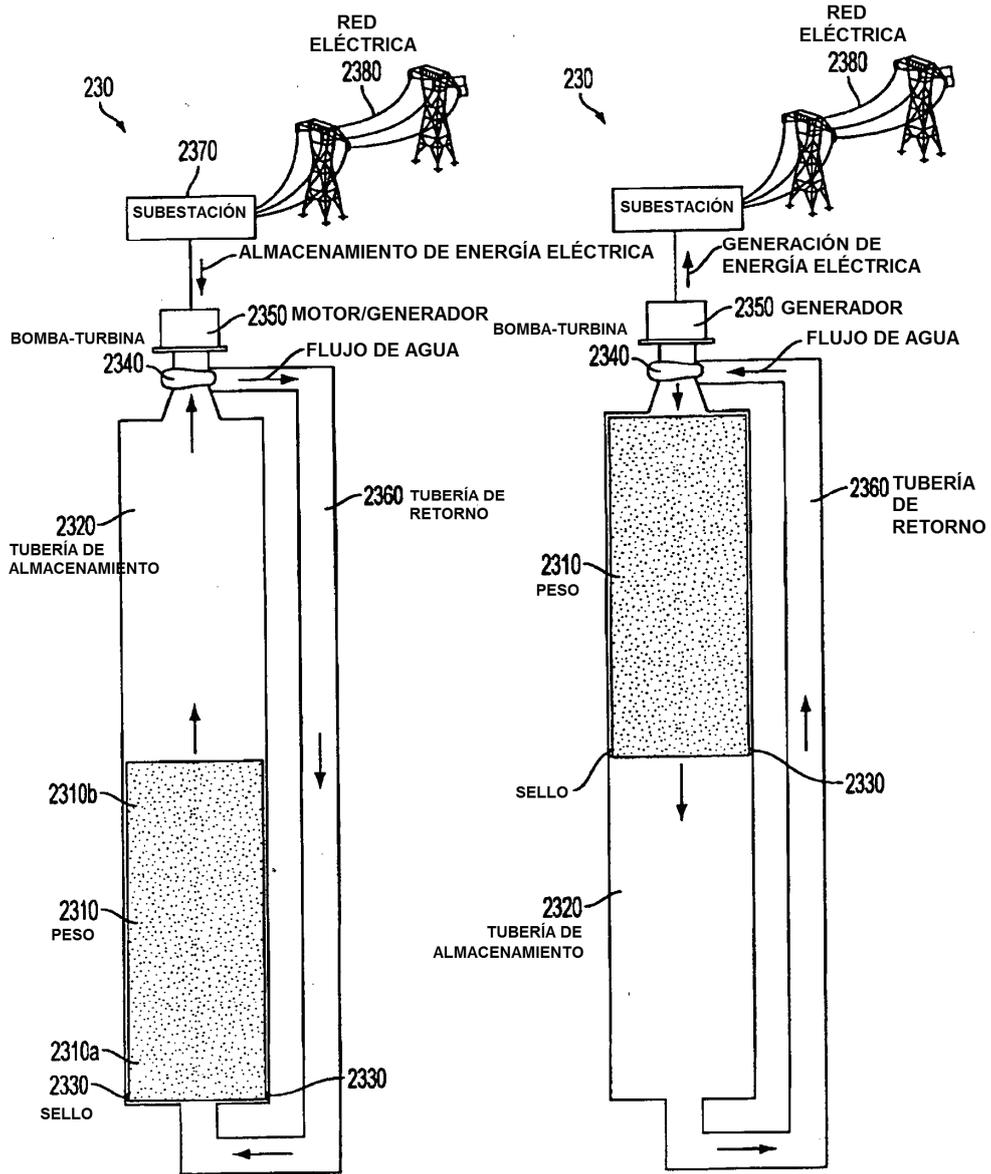


FIG. 22



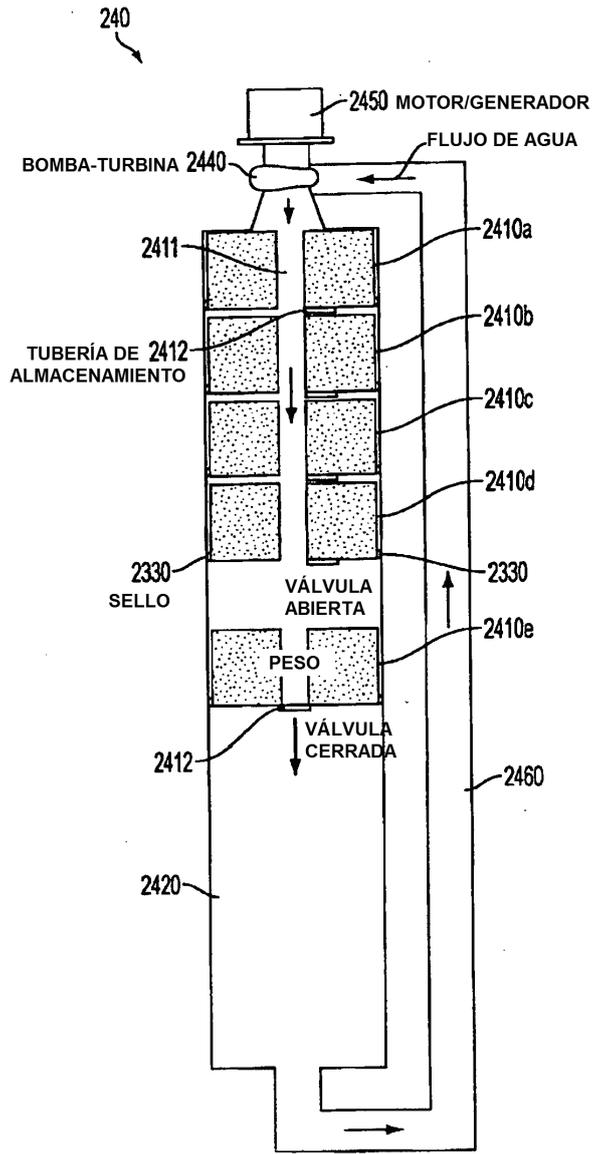


FIG. 24

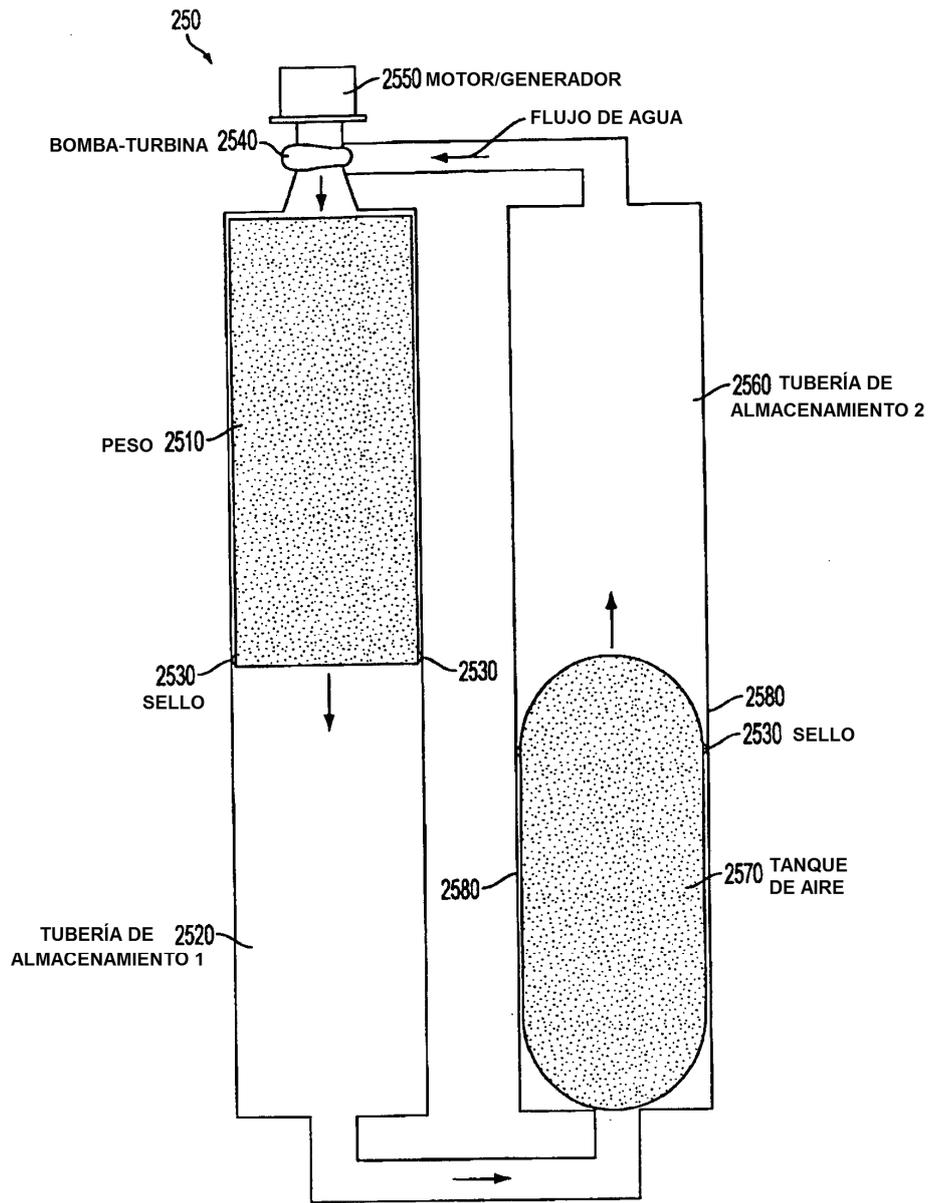


FIG. 25

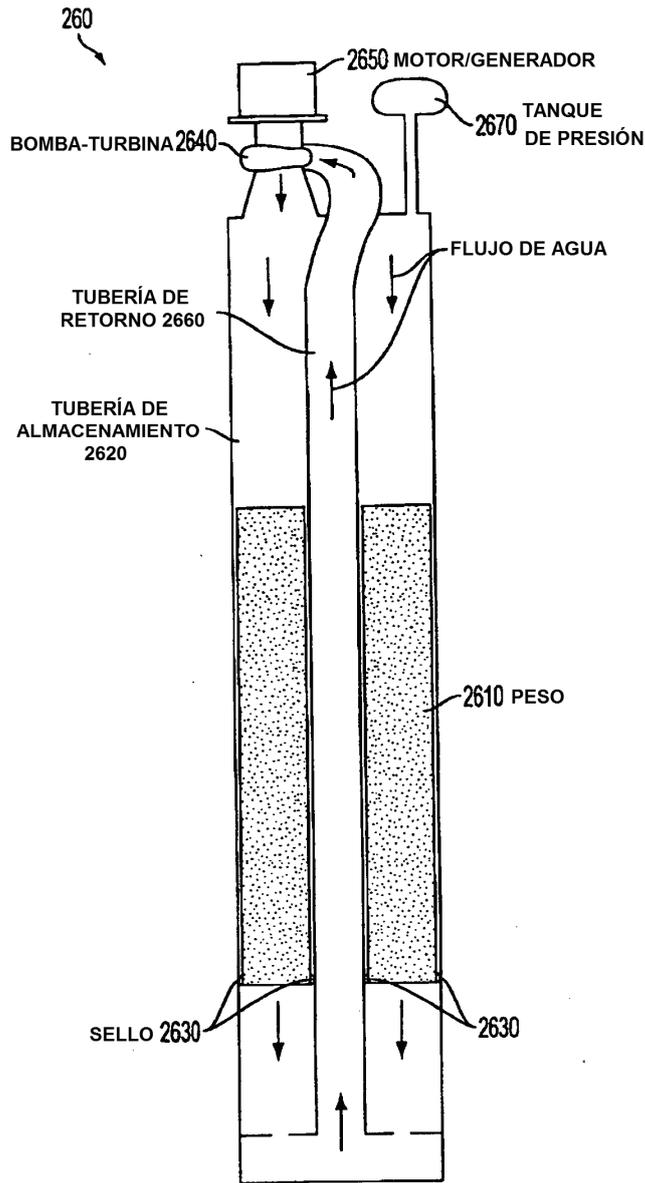


FIG. 26

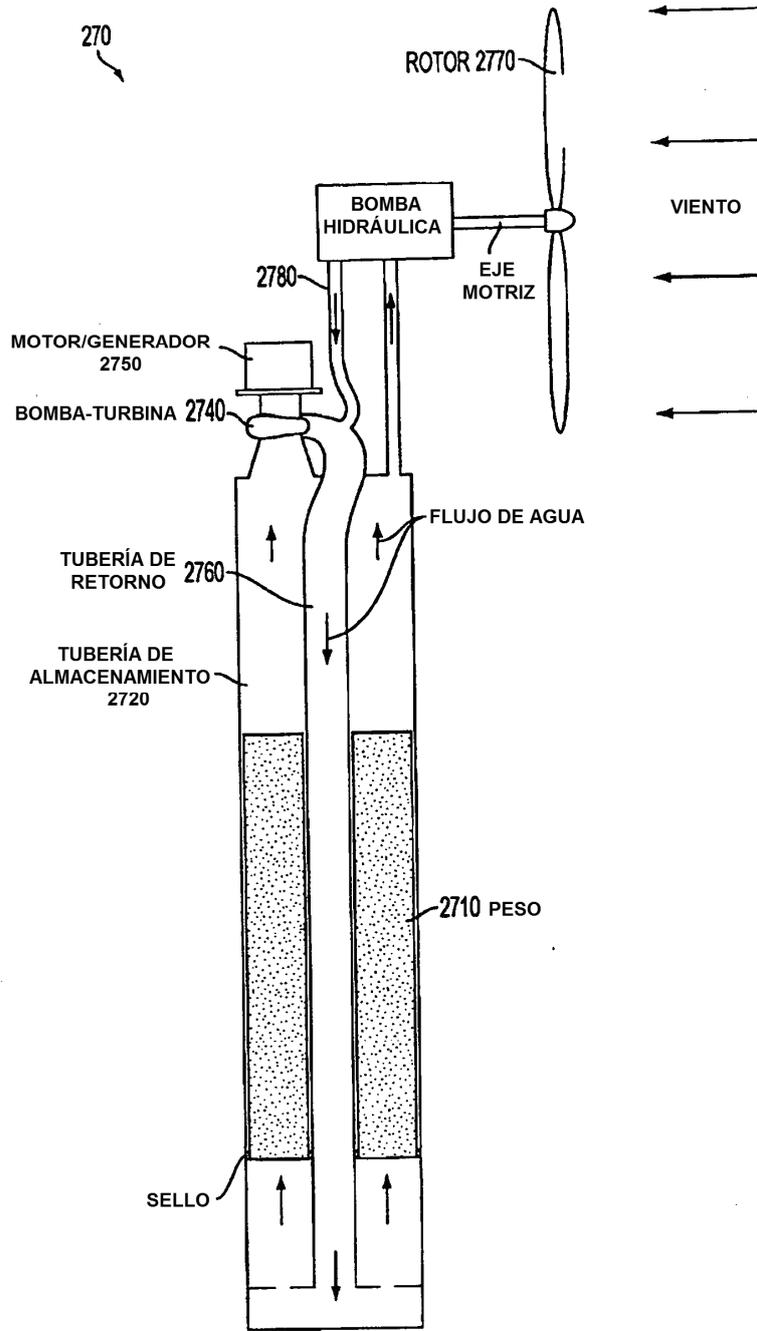


FIG. 27

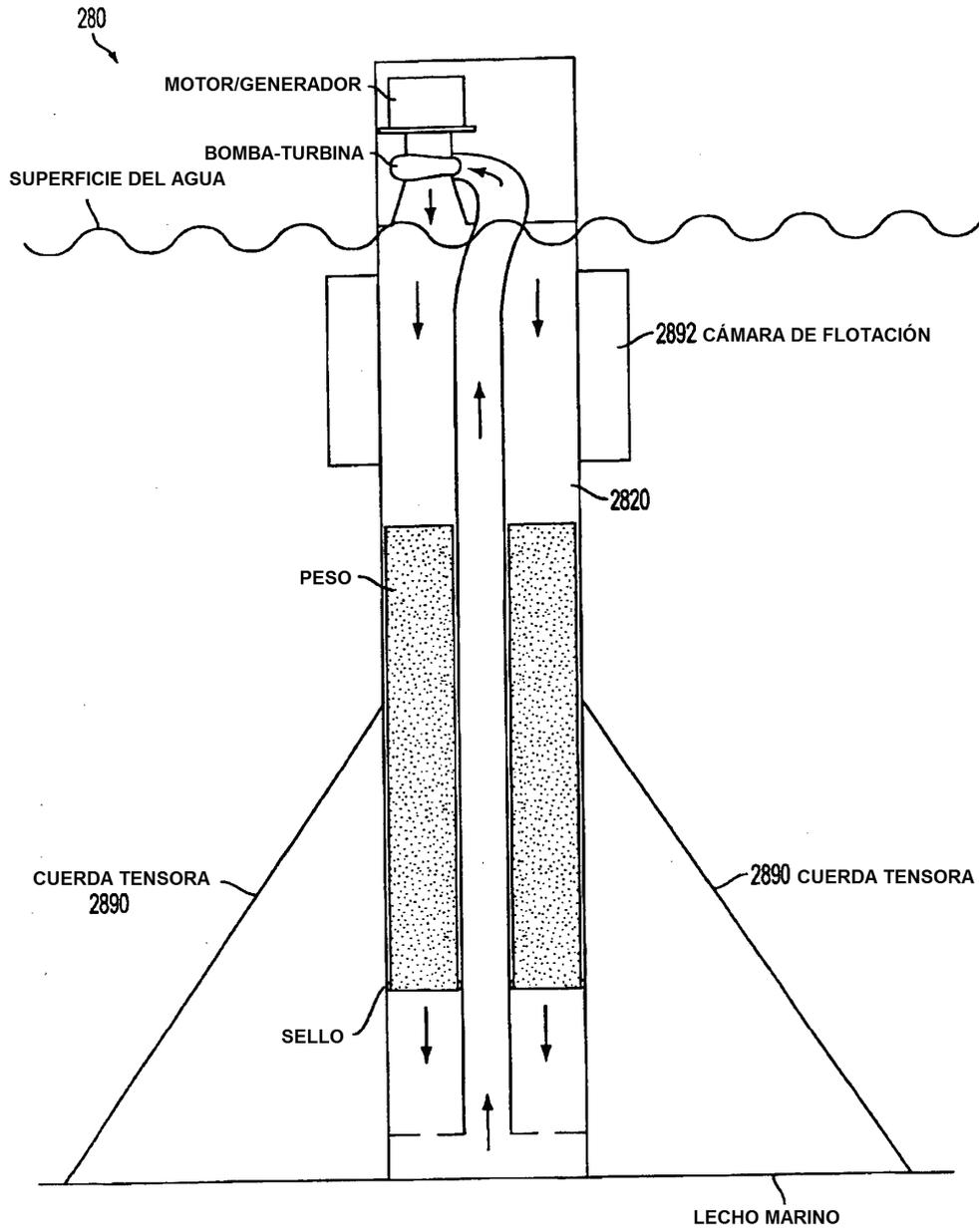


FIG. 28

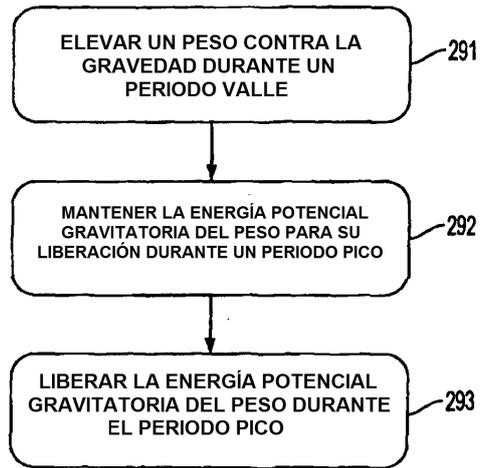


FIG. 29