



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112015012137-3 B1



(22) Data do Depósito: 26/11/2013

(45) Data de Concessão: 21/09/2021

(54) Título: TURBINA DE EIXO VERTICAL

(51) Int.Cl.: F03D 7/06; F03D 3/06.

(30) Prioridade Unionista: 26/11/2012 GB 1221260.1.

(73) Titular(es): SUPERVAWT LIMITED.

(72) Inventor(es): JAMES FREDERICK CARNAC WHINNEY.

(86) Pedido PCT: PCT EP2013074704 de 26/11/2013

(87) Publicação PCT: WO 2014/080030 de 30/05/2014

(85) Data do Início da Fase Nacional: 26/05/2015

(57) Resumo: TURBINA DE EIXO VERTICAL. A presente invenção refere-se a uma turbina eólica de eixo vertical (1) compreendendo um rotor de turbina tendo um eixo de rotação e ao menos uma hélice (2) espaçada e montada para rotação em torno do eixo de rotação da turbina. A hélice tem ao menos uma superfície longitudinal substancialmente paralela ao eixo de rotação e para engate, em uso, com a incidência do vento no rotor da turbina. A hélice é uma hélice de duas partes com uma primeira parte de hélice dianteira (7) articuladamente conectada a uma segunda parte de hélice traseira (8). A turbina inclui dispositivo de controle de passo e dispositivo de controle de inclinação para controlar o passo e a inclinação da hélice. O dispositivo de controle de passo é um pivô na primeira parte de hélice dianteira, pivô de passo (24) sendo guiável ao longo de um caminho de passo definido por um primeiro componente de caminho físico (10), e o dispositivo de controle de inclinação é um pivô de inclinação (27) na se-gunda parte de hélice traseira, o pivô de inclinação é guiável em torno de um caminho de inclinação por um segundo componente de caminho físico (11).

"TURBINA DE EIXO VERTICAL"

CAMPO DA TÉCNICA

[001]A presente invenção refere-se a uma turbina para uso como uma turbina eólica. A invenção refere-se a turbinas tendo um rotor de turbina com um eixo de rotação e incluindo uma hélice espaçada do eixo de rotação da turbina e no qual o eixo longitudinal da hélice é substancialmente paralelo ao eixo de rotação do rotor. As modalidades da invenção são particularmente vantajosas quando usadas como parte de uma turbina eólica de eixo vertical embora a invenção seja também aplicável a turbinas acionadas a água tal como turbinas movidas pela maré.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[002]Turbinas eólicas e hidráulicas de eixo vertical do tipo Darrieus são bem conhecidas (ver, por exemplo, US 2011/0006526). Tais turbinas têm um número de desvantagens conhecidas que incluem baixa eficiência, uma ausência de torque de partida e vibração excessiva. De modo a superar algumas dessas desvantagens, um número de arranjos de turbina que foi proposto tem mecanismos para ajustar o passo das hélices da turbina. As turbinas Darrieus não foram eficientes ou eficazes como esperado. Isso ocorre devido aos estresses físicos e limitações impostas por um projeto prático e condições de vento reais (que são provavelmente consistentes). Ademais, é difícil fazer uma turbina Darrieus de autopartida.

[003]Um número de arranjos foi proposto para melhorar o desempenho de turbinas eólicas de eixo vertical ou Darrieus.

[004]O ângulo de ataque é o ângulo entre a direção de um fluido de entrada e uma linha de referência em um aerofólio tal como uma hélice de turbina. O ângulo de passo ou o passo de um aerofólio tal como uma hélice de turbina eólica é o ângulo que o aerofólio assume em relação a uma referência fixa, tal como a base da turbina eólica, ou o horizonte. Para uma turbina eólica cuja direção não está mudando, o passo é uma medida de ângulo de ataque. O passo pode também ser definido

como uma rotação angular aplicada à raiz de uma hélice. Reconhece-se que o passo de um aerofólio tem um impacto sobre o torque exercido no aerofólio por um fluido de entrada (por exemplo, vento em uma turbina eólica) e, portanto, na saída de uma turbina incluindo hélices de aerofólio. Vários arranjos para o controlar o passo das hélices de uma turbina eólica de eixo vertical são conhecidos. Arranjos tais como os descritos em US 2011/0006526 A1, WO 2011/130797 A1, WO 2011/144830 A1, FR 2 924 182 A1, US 3.382.931 A1 e WO 201/0305569 A1 visam controlar o passo das hélices de uma turbina eólica de eixo vertical usando um arranjo de came onde um came localizado centralmente é fornecido e um seguidor de came acoplado às hélices segue o came e gira assim a hélice à medida que se move em torno do eixo de rotação da turbina.

[005]WO 2011/130797 descreve uma turbina eólica com dispositivo de controle de passo na forma de um anel ou guia localizado em torno do eixo e acoplado via ligações ou linhas à extremidade traseira de cada hélice para controlar o passo de cada hélice durante a rotação do rotor de turbina. O anel ou guia é montado de modo que pode se mover à medida que a turbina rotaciona. O mecanismo para permitir que o anel ou guia se mova cria um sistema de controle passivo de modo a que a posição das hélices é parcialmente determinada pela intensidade e direção do vento e, assim, ao menos parcialmente autoajustável. Esse arranjo é complicado de fazer e propenso a falhas. Sistemas de controle passivos, tais como de WO 2011/130797, também não podem fornecer um controle da inclinação da hélice.

[006]FR 2 924 182 descreve uma turbina eólica com um arranjo de came para controlar o passo. A pista de came irregular central é fornecida em torno do eixo de rotação do rotor de turbina e seguidores de came são conectados por braços ou ligações às hélices. O arranjo de uma única pista de came irregular central com uma série de ligações em seguidores de came resulta em um arranjo complicado que vibra e agita, e é muito difícil ajustar diferentes condições de vento. As hastes ou liga-

ções de controle conectando os seguidores de came centrais às respectivas hélices são mostradas como paralelas aos respectivos braços de suporte. No entanto, essas hastes ou ligações seriam necessárias, em uso, para puxar as hélices em ângulos não paralelos ao braço. Isso leva provavelmente a altas forças de atrito e vibração e agitação.

[007]US 3.382.931, US 2011/0006526, WO 2011/144830 e US 2011/0305569 descrevem todas os arranjos similares ao arranjo original proposto por Darrieus no qual o controle de passo é conseguido por meio de fornecer ligações ou hastes conectadas a uma unidade de controle de passo central de tal forma que elas rotacionem em torno de um ponto localizado excentricamente em relação ao eixo de rotação do rotor de turbina. Esses arranjos também sofrem de vibração excessiva e, portanto, perdas.

[008]O inventor do presente pedido deixa claro que os arranjos com hastes ou ligações rígidas conectadas a um conector central compartilhado ou pivô resultam em tensões e vibrações resultantes do fato de que os lados opostos da turbina estão sujeitos a condições eólicas muito diferentes e ligações ou hastes opostas, exercem então forças diferentes e dão origem a desequilíbrios. Dispositivos de controle de passo para turbinas eólicas de eixo vertical não tiveram sucesso comercial. Houve muitos projetos e, dos dados de teste disponíveis, nenhum foi promissor. Houve problemas com vibração, atrito e mau desempenho, que os arranjos existentes e conhecidos não foram suficientemente resolvidos.

[009]Embora o passo variável pareça ser uma resposta às grandes variações no ângulo de ataque de uma turbina eólica de eixo vertical durante cada revolução da turbina (e as flutuações significativas resultantes em carregamento dinâmico que causam fadiga e reduzem o desempenho da turbina), nenhum projeto bem-sucedido foi encontrado. As turbinas de eixo vertical conhecidas não são então tão poderosas quanto poderiam ser e há implicações de fadiga nos projetos de eixo ver-

tical atuais que não têm controle de passo.

[010]US 3.382.931, US 2011/0.006.526, FR 2 924 182, WO 2011/130797 e US 2011/0305569 descrevem turbinas eólicas nas quais o ângulo de passo de hélice de um número de hélices é controlado por hastes conectando cada hélice a uma pista de came central ou um único rolamento central, que rotaciona em torno de um deslocamento de eixo a partir do eixo de rotação da hélice da turbina. Como discutido acima, o inventor do presente pedido é o primeiro a perceber que esse arranjo de hastes se estendendo para um número de hélices a partir de uma única pista central ou rolamento resulta em mau desempenho. As razões para o mau desempenho não são totalmente claras, mas acredita-se que como, na prática, as hélices e as hastes não são perfeitamente rígidas, há alterações inevitavelmente pequenas na distância entre as hélices à medida que as hélices rotacionam por causa de diferenças nas forças em diferentes pontos em sua rotação. Essas diferenças levam a vibrações. Quanto mais rápida a rotação e/ou a velocidade do vento ou fluido, maiores esses efeitos serão à medida que as diferenças nas forças entre diferentes pontos na rotação se tornam maiores.

[011]A inclinação de um aerofólio, tal como uma hélice de turbina, é eficazmente a forma ou curvatura do aerofólio. A inclinação de um aerofólio pode ser definida por uma linha de inclinação, que é a curva que está a meio caminho entre as superfícies superior e inferior do aerofólio. US 2010/0096854 A1 descreve uma turbina eólica de eixo vertical que pode ser ativamente controlada. Cada hélice está em duas partes e o passo e a inclinação de cada hélice são controlados por motores dispostos nas hélices ou próximos a elas, que movem de forma controlada as duas partes de cada hélice e, assim, mudam o passo e a inclinação da hélice. Esse arranjo exige o processamento de dados complexos para controlar cada motor. Ademais, os motores precisam ser poderosos e são difíceis de controlar com precisão à medida que as forças necessárias para mover as partes de hélice à medida que elas ro-

tacionam são significativas.

[012]US 2010/0054936 e DE 20 2010 002 046 U descrevem também arranjos para controlar a inclinação (e/ou o passo) de hélices de turbina eólica individuais usando atuadores controlados por computador localizados dentro ou próximo das hélices de turbina. Como discutido acima para US 2010/0096854, em uso, as hélices se movem rapidamente e estão sujeitas a forças significativas. Atuadores ou motores adequados para controlar as hélices devem então ser capazes de fornecer forças muito altas de modo a mudar o ângulo de ataque ou de passo, e a forma ou inclinação, das hélices móveis. Os atuadores ou motores necessários são então dispendiosos e propensos a falhas. Ademais, localizar os atuadores nas hélices ou próximo a elas torna a manutenção ou a substituição dos atuadores difícil, demorada e dispendiosa.

[013]WO 2004/079187 descreve uma turbina eólica com orientação de inclinação passiva. Isso não permite um controle preciso da inclinação e, portanto, otimização das propriedades de inclinação em diferentes pontos na rotação da respectiva hélice.

[014]A presente invenção fornece uma turbina, como definida na reivindicação 1, à qual referência deveria agora ser feita. As características preferenciais de modalidades da invenção são apresentadas nas reivindicações dependentes às quais referência também deveria ser feita.

[015]O inventor do presente pedido é o primeiro a perceber que uma solução para o problema do controle complexo e difícil associado com os sistemas como o de US 2010/0096854 pode ser conseguida pela etapa contraintuitiva de controlar a inclinação e o passo utilizando um controle físico ou mecânico simples e robusto, em vez de um controle eletrônico preciso e propenso à falha. O inventor é o primeiro a perceber que um arranjo de controle do tipo físico ou mecânico pode ser usado para controlar eficazmente tanto o passo quanto a inclinação de uma hélice de

turbina e que tal controle pode aumentar significativamente a eficiência de uma turbina eólica de eixo vertical.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[016]As modalidades da invenção fornecem um controle ativo tanto do passo quanto da inclinação assegurando que os pivôs de passo e inclinação seguem os caminhos definidos e configurados pelos respectivos primeiro e segundo componentes físicos. Os primeiro e segundo componentes físicos que definem os caminhos de passo e inclinação respectivamente podem ser componentes separados.

[017]Uma solução usada em modalidades preferenciais da invenção é separar o controle de cada hélice, mas manter o posicionamento preciso fornecendo um componente físico para definir um caminho pivô de passo. Os rolamentos excêntricos de deslocamento independentes são preferencialmente fornecidos para cada hélice ou o rolamento de deslocamento é substituído com um trilho guia de deslocamento. No caso em que um trilho guia de deslocamento é usado, já não é mais necessário separar os trilhos guia para cada hélice, à medida que o mecanismo de orientação para cada hélice pode ser separado durante a rotação das hélices em torno do guia.

[018]Para reduzir a vibração e melhorar o fluxo laminar, a hélice tem de ser capaz de alterar sua inclinação. Um segundo componente físico fornece um caminho pivô de inclinação definido para alcançar esse e manter o fluxo laminar em torno de uma rotação. Preferencialmente, um conjunto de rolamentos excêntricos de deslocamento ou trilhos guia fornece o segundo caminho físico.

[019]Preferencialmente, os caminhos de passo e de inclinação são substancialmente circulares. O inventor apreciou que isso simplifica consideravelmente a construção da turbina e a torna mais facilmente controlável, sem perdas significativas de eficiência e eficácia. Arranjos irregulares, tais como em FR 2 924 182, que são adaptados com precisão para eficiência máxima podem não ser facilmente ajustados.

tados para um arranjo irregular diferente. Eles também exigem um mecanismo de guinada rotativo para alinhar o arranjo irregular com a direção do vento.

[020] Preferencialmente, a posição dos rolamentos de passo e inclinação, ou os trilhos guia de passo e inclinação é controlavelmente ajustável.

[021] Preferencialmente, a posição dos rolamentos de passo ou inclinação, ou os trilhos guia de passo ou inclinação é controlada por atuadores lineares. Quando os rolamentos ou guias excêntricos de deslocamento são colocados em atuadores lineares, a inclinação e o passo da hélice podem ser facilmente alterados para combinar velocidades de rotação e de vento. Se o deslocamento é revertido, pode ser utilizado para induzir a hélice a parar e assim parar em segurança uma turbina.

[022] Se os rolamentos excêntricos de deslocamento ou trilhos guia são montados em atuadores lineares que podem se mover em dois eixos, então eles podem agir em conjunto como um mecanismo de guinada movendo o deslocamento dos rolamentos ou guias para qualquer posição útil.

DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[023] As modalidades da presente invenção serão agora descritas por meio de um exemplo não limitante com relação às figuras em anexo nas quais:

[024] A Figura 1 ilustra uma primeira modalidade da invenção, com três hélices de turbina e dois trilhos guia de deslocamento, um trilho guia para controlar o passo das hélices e um trilho guia para controlar a inclinação das hélices.

[025] A Figura 2 ilustra o eixo vertical central e os braços de suporte de hélices da modalidade da Figura 1.

[026] A Figura 3 ilustra uma construção de hélices e trilhos guia para a modalidade da Figura 1.

[027] A Figura 4 é uma vista de cima detalhada das hélices da Figura 1.

[028] A Figura 5 é uma vista que mostra a parte inferior das hélices da Figura 1.

[029]A Figura 6 é uma vista alternativa que corresponde à Figura 5, mas em uma altura maior.

[030]A Figura 7 é uma ilustração esquemática do controle de uma hélice e de seu passo e inclinação à medida que a hélice rotaciona.

[031]A Figura 8 é uma vista detalhada de uma parte da ilustração esquemática da Figura 7.

[032]A Figura 9 ilustra um mecanismo de guinada para a modalidade das Figuras 1 a 8 descritas acima.

[033]A Figura 10 é uma vista alternativa do mecanismo de guinada na Figura 9, com os trilhos guia removidos.

[034]A Figura 11 é uma vista detalhada de um trilho guia de deslocamento com atuadores lineares para permitir que os trilhos guia de passo e inclinação se movam em um eixo.

[035]A Figura 12 é uma vista aproximada alternativa dos arranjos mostrados na Figura 11.

[036]A Figura 13 é um arranjo alternativo de atuadores lineares de trilho guia nos quais não é necessário um mecanismo de aleta de guinada.

[037]A Figura 14 é uma vista planificada de cima que mostra a localização dos atuadores lineares das modalidades da Figura 13.

[038]A Figura 15 é uma vista lateral do arranjo de atuador linear da Figura 14.

[039]A Figura 16 ilustra uma segunda modalidade da invenção com três hélices ajustáveis e seis rolamentos excêntricos de deslocamento.

[040]A Figura 17 ilustra a construção da hélice, rolamentos excêntricos e hastas de acionamento da modalidade da Figura 16.

[041]A Figura 18 é uma vista aproximada de baixo da hélice, rolamentos e hastas de acionamento da Figura 16.

[042]A Figura 19 é uma vista lateral aproximada da hélice, rolamentos excêntricos e hastes de acionamento da modalidade da Figura 16.

[043]A Figura 20 é uma ilustração da fixação de um rolamento excêntrico a um mecanismo de guinada na modalidade da Figura 16.

[044]A Figura 21 é uma vista de baixo do mecanismo de guinada da Figura 20.

[045]A Figura 22 ilustra a localização dos fixadores de rolamento excêntrico da modalidade da Figura 16.

[046]A Figura 23 ilustra fixadores de rolamento excêntrico da modalidade da Figura 16, com atuadores lineares para permitir que os rolamentos excêntricos de passo e inclinação se movam em um eixo.

[047]A Figura 24 é um arranjo de fixação de rolamento excêntrico alternativo no qual não é exigido um mecanismo de aleta de guinada.

[048]A Figura 25 ilustra uma modalidade alternativa da invenção para uso como uma turbina de marés.

[049]A Figura 26 é uma vista lateral da modalidade da Figura 25.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[050]Certa terminologia será usada na descrição seguinte por conveniência e apenas como referência, e não será limitante. Por exemplo, as palavras “de cima”, “de baixo”, inferior” e “superior” referem-se às direções nos desenhos aos quais referência é feita. A dita terminologia inclui as palavras especificamente mencionadas, seus derivados, e palavras de importância similar ou entendidas pelos versados na técnica.

[051]Com relação às Figuras 1 e 2, uma turbina eólica de eixo vertical 1 comprehende três hélices de turbina 2 que rotacionam em torno de uma haste vertical central 3 definindo um eixo vertical. Essa haste vertical é acoplada às hélices de turbina pelo pares de braços 4 que se conectam às partes superior e inferior de cada

hélice de turbina 2. Os braços de suporte horizontais 4 são conectados rigidamente à haste vertical central 3 e a haste vertical central 3 pode rotacionar em torno de um suporte 5 em sua base 6. A haste vertical central 3, os braços de suporte horizontais 4 e as hélices 2 em conjunto formam o rotor da turbina eólica de eixo vertical 1.

[052]Cada hélice tem duas partes (ver Figura 5); uma parte de hélice dianteira 7 e uma parte de hélice traseira 8.

[053]A parte inferior de cada hélice 9 é acoplada a um par de trilhos guia 10, 11 que são suportados pela base 6 da turbina eólica 1, ou de outra forma, suportados e mantidos na parte inferior da turbina eólica de eixo vertical.

[054]Com relação às Figuras 4, 5 e 6, a primeira parte de hélice dianteira 7 contém uma haste 65 que se projeta a partir das extremidades superior 12 e inferior 13 da parte de hélice dianteira, que é acoplada por um arranjo de rolamento 14 aos braços de suporte de hélice horizontal. A segunda parte de hélice traseira 8 é disposta de modo que possa rotacionar em relação à parte de hélice dianteira 7 na direção “A” mostrada na Figura 4. A haste 15 passa através e é acoplada à parte frontal da parte de hélice dianteira 8 de cima 16 para baixo 17. A extremidade superior 18 dessa haste 15 é articuladamente acoplada via um rolamento 19 à parte de hélice dianteira ou frontal 7, e em sua extremidade inferior 20 é acoplada articuladamente à parte de hélice dianteira 7 de uma maneira similar à descrita acima para a extremidade superior via um rolamento 21, e via um rolamento 24 a um arranjo de seguidor de came 23 que é acoplado e segue um trilho guia de controle de passo ou pista de came 10. O seguidor de came 23 compreende o dito rolamento 24 ao qual quatro rolamentos rotativos 25 são acoplados. Os quatro rolamentos são colocados em torno do trilho guia 10, que compreende um elemento tipo placa circular. Esse arranjo significa que o passo ou o ângulo da parte de hélice dianteira 7 varia com a distância radial entre as extremidades dos braços de suporte horizontais 4 e a respectiva parte do trilho guia de controle de passo 10.

[055]Um braço em forma de U 29 é rigidamente conectado a um braço de conexão 28, que, por sua vez, está rigidamente conectado à extremidade inferior 20 da haste 15. Esse arranjo de braço 28, 29 é usado para acoplar articuladamente a extremidade inferior 20 da haste 15, via o rolamento 27, a um segundo seguidor de came 30 que engata um trilho guia de inclinação controlada ou pista de came 11. O seguidor de came de inclinação é similar ao seguidor de came de passo pelo fato de que comprehende o dito único rolamento central 27 ao qual quatro rolamentos 26 são acoplados como descrito acima para o seguidor de came de passo 23. Os quatro rolamentos 26 são colocados em torno de um trilho guia tipo placa circular 11, que define o trilho guia de inclinação ou pista de came. O seguidor de came 30 é montado na parte inferior do dispositivo de braço 28, 29 pelo dito rolamento central 27. O braço 28, 29 tem uma forma tal que haja espaço para os trilhos guia 10, 11 atravessarem e para os seguidores de came de passo e inclinação 23, 30 não interferirem um com o outro.

[056]O trilho guia de inclinação 11 e sua interação com o rolamento de seguidor de inclinação 30 resultam no controle da articulação da parte de hélice traseira 8 em relação à parte de hélice dianteira 7 e, assim, controladamente alterar a inclinação da hélice 2.

[057]Como mostrado na Figura 9, os trilhos guia 10, 11 e as hélices 2 são dispostos em um mecanismo de guinada 31 para rotacionar o mecanismo à medida que a direção do vento incidente muda. O mecanismo de guinada 31 comprehende uma placa circular 32 acoplada de forma rotativa à base da turbina. A placa 32 tem uma aleta de guinada 33, de modo a alinhar a aleta com o vento incidente. Os fixadores 34 são colocados na placa na qual os trilhos guia estão localizados como se pode ver a partir da Figura 10.

[058]Em uma modalidade alternativa da invenção, como mostrado nas Figuras 11 a 15, os fixadores de trilho guia estão localizados em atuadores lineares 35

que podem mover os trilhos guia de passo e inclinação 10, 11. Os atuadores lineares 35 podem ser usados para mover de forma controlada os trilhos de passo e inclinação e, assim, ajustar o passo e a inclinação para diferentes condições. Os atuadores lineares podem ser utilizados para otimizar a velocidade, à medida que a velocidade de rotação aumenta o vento aparente e, então, o passo precisa mudar, e a inclinação pode ser otimizada para velocidade do vento. Em condições de vento fraco, isso seria para maximizar a velocidade de rotação.

[059]A modalidade mostrada na Figura 13 inclui um aleta de direção do vento 60 e o anemômetro 61. A direção do vento e a velocidade captada por esses são usadas para controlar os atuadores lineares 35.

[060]Como as turbinas eólicas ou geradores têm também gamas de operação ótimas, pode ser que a velocidade precise ser reduzida em condições de vento forte, e isso pode ser conseguido alterando o passo e/ou a inclinação.

[061]Em condições de vento extremo, é também possível interromper ou parar a turbina movendo o deslocamento de passo e inclinação para pontos no outro lado do raio do pivô de passo.

[062]Em uma modalidade alternativa da invenção ilustrada nas Figuras 16, 17, 18 e 19, os trilhos guia de passo e inclinação circulares são substituídos por arranjos de controle de passo e inclinação separados e individuais para cada hélice 2. Cada controle compreende um rolamento excêntrico de deslocamento 36 e uma haste de acionamento 39 conectada à construção da haste pivô. O restante de sua construção é similar à construção descrita acima em conjunto com as Figuras 12 e 15. Ou um ponto pivô de passo 40 na parte de hélice dianteira 7 ou um ponto pivô de inclinação 41 na parte de hélice traseira 8 de uma hélice repetitiva. A turbina de eixo vertical 1 compreende três hélices de turbina 2 que rotacionam em torno de uma haste vertical central 3 definindo um eixo vertical. Essa haste vertical é acoplada às hélices de turbina pelo pares de braços 4 que se conectam às partes superior

e inferior de cada hélice de turbina. Os braços de suporte horizontais 4 são rigidamente conectados à haste de suporte central 3 e a haste de suporte central pode rotacionar em torno de um suporte em sua base. A haste de suporte central, os braços de suporte horizontais e as hélices, em conjunto, formam o rotor da turbina eólica de eixo vertical.

[063]Com relação às Figuras 17, 18 e 19, a parte de hélice dianteira 7 é acoplada em suas extremidades superior e inferior por arranjos de rolamentos repetitivos 42 aos braços de suporte de hélice horizontais 4. A parte de hélice traseira é disposta de modo que possa rotacionar em relação à parte de hélice dianteira 7.

[064]Uma haste 43 passa através da parte frontal da parte de hélice traseira 8 de cima para baixo. A extremidade superior dessa haste 43 é acoplada via um rolamento (não mostrado) à parte de hélice frontal ou dianteira, e em sua extremidade inferior é acoplada via um rolamento 44 à parte de hélice frontal ou dianteira 7. A parte inferior da haste 43 é acoplada via a haste 46 e um rolamento a uma haste 39 que se conecta rigidamente ao rolamento excêntrico 36 que controla o passo da hélice. Um braço em forma de L 47 se conecta rigidamente à haste 43 da parte de hélice traseira horizontalmente na direção da cauda da parte de hélice traseira, essa é acoplada via um rolamento à haste de acionamento do segundo rolamento excêntrico 37 que controla a inclinação da hélice.

[065]Com relação às Figuras 20, 21 e 22, os rolamentos excêntricos são dispostos em um mecanismo de guinada 31 para rotacionar o mecanismo à medida que a direção do vento incidente muda. O mecanismo de guinada compreende uma placa circular 32 acoplada de forma rotativa à base da turbina. A placa tem uma aleta de guinada 33, de modo a alinhar a aleta com o vento incidente. Os fixadores 34 são colocados na placa na qual os rolamentos excêntricos estão localizados.

[066]Com relação à Figura 23, em uma modalidade alternativa da invenção, os rolamentos excêntricos estão localizados em atuadores lineares 35 que podem

mover de forma controlada os rolamentos excêntricos de passo e inclinação em um eixo.

[067]Com relação à Figura 24, em uma modalidade alternativa da invenção, os rolamentos excêntricos estão localizados em atuadores lineares 48 que podem mover de forma controlada os rolamentos excêntricos de passo e inclinação em dois eixos e assim substituem a necessidade de um mecanismo de aleta de guinada rotativo.

[068]Com relação às Figuras 25 e 26, a turbina de eixo vertical foi disposta com uma boia flutuante 50 de modo a ser adequada como uma turbina hidráulica flutuante 49. A haste de conexão no topo da hélice foi estendida de modo que os braços de suporte horizontais superiores e os trilhos guia de controle e atuadores lineares não estão em contato com a água. A construção da turbina é, de outro modo, a mesma descrita para as modalidades representadas nas Figuras 1 a 23, mas invertida ou de cabeça para baixo.

[069]As modalidades da invenção são adequadas para a extração de energia de qualquer fluido em movimento. Os fluidos e ambientes adequados incluem, mas não estão limitados a ar ou vento em movimento, e a marés.

[070]As modalidades da invenção descrita acima com relação às Figuras 1 a 26 têm um eixo de rotação do rotor de turbina que é substancialmente vertical. A invenção é, no entanto, igualmente aplicável para uso em situações onde o eixo de rotação do rotor não é vertical: por exemplo, em um ciclogiro ou em um dispositivo atual de maré de águas rasas no qual o eixo de rotação seria substancialmente horizontal. O versado na técnica apreciaria prontamente que a construção de tal turbina seria similar ao descrito acima em conjunto com as Figuras 1 a 26.

REIVINDICAÇÕES

1. Turbina (1), **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende um rotor de turbina tendo um eixo de rotação e ao menos uma hélice (2) espaçada e montada para rotação em torno do eixo de rotação da turbina, a hélice tem ao menos uma superfície longitudinal substancialmente paralela ao eixo de rotação e para engate, em uso, com fluido incidente no rotor de turbina, e a hélice é uma hélice de duas partes com uma parte de hélice dianteira (7) articuladamente conectada a uma parte de hélice traseira (8), a turbina compreende adicionalmente dispositivo de controle de passo ativo e dispositivo de controle de inclinação ativo para controlar o passo e a inclinação da hélice, o dispositivo de controle de passo ativo compreende um pivô de passo (24, 41), a primeira parte de hélice dianteira é disposta para articular em torno do pivô de passo e o pivô de passo é guiável ao longo de um caminho de passo definido por um primeiro componente de caminho físico (10), e o dispositivo de controle de inclinação ativo compreende um pivô de inclinação (27, 65), a segunda parte de hélice traseira é disposta para articular em torno do pivô de inclinação e o pivô de inclinação é guiável em torno de um caminho de inclinação definido por um segundo componente de caminho físico (11).

2. Turbina, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que os caminhos de passo e de inclinação são, cada um, substancialmente circulares.

3. Turbina, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADA** pelo fato de que cada um dos caminhos de passo e/ou de inclinação define um caminho substancialmente circular, e os centros dos caminhos circulares são deslocados entre si e a partir do eixo de rotação do rotor de turbina.

4. Turbina, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o caminho de passo é definido pela extremidade distal de uma haste (39) ligada a um rolamento de passo (36) que rotaciona em torno de um eixo deslocado do eixo de rotação do rotor de turbina, e o caminho de inclinação é definido pela extremidade distal de uma haste (39) ligada a um rolamento de inclinação (37) que rotaciona em torno de um eixo deslocado a partir do eixo de rotação do rotor de turbina, as extremidades distais das hastes de passo e de inclinação são articuladamente acopladas, respectivamente, aos pivôs de passo e de inclinação (41, 65).

5. Turbina, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADA** pelo fato de que os pivôs de passo e de inclinação (41, 65) da hélice de turbina (2) são acoplados a hastes separadas (39), e cada haste é acoplada a um rolamento de passo ou de inclinação separado (36, 37).

6. Turbina, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende ao menos duas hélices de turbina (2) e em que os pivôs de passo e de inclinação (24, 27) de cada hélice de turbina são, cada um, acoplados a hastes separadas (39), e cada haste é acoplada a um rolamento de passo ou de inclinação separado (36, 37).

7. Turbina, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o caminho de passo é definido por um primeiro trilho guia de passo (10), e o caminho de inclinação é definido por um segundo trilho guia de inclinação (11).

8. Turbina, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende ao menos duas hélices (2) e em que cada um dos pivôs de passo e de inclinação (24, 27) de ao menos duas ditas hélices é acoplado, respectivamente, a um único trilho guia de passo (10) e de inclinação (11).

9. Turbina, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **CARACTERIZADA** pelo fato de que um dentre o caminho de passo ou de inclinação é definido pela extremidade distal de uma haste (39) ligada a um rolamento (36, 37) que rotaciona em torno de um eixo deslocado a partir do eixo de rotação da turbina, a extremidade distal da haste é articuladamente acoplada ou ao pivô de passo ou de inclinação (24, 27), e em que o outro dentre o caminho de passo ou de inclinação é definido por um trilho guia de passo ou de inclinação (10, 11) respectivamente.

10. Turbina, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **CARACTERIZADA** pelo fato de que, em uso, a posição dos rolamentos de passo e/ou de inclinação (36, 37), ou o trilho guia de passo e/ou de inclinação (10, 11) é fixado.

11. Turbina, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a posição dos rolamentos de passo e/ou de inclinação (36, 37), ou o trilho guia de passo e/ou de inclinação (10, 11) é controladamente ajustável.

12. Turbina, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a posição dos rolamentos de passo e/ou de inclinação (36, 37), ou o trilho guia de passo e/ou de inclinação (10, 11) é controlado por atuadores lineares.

13. Turbina, de acordo com a reivindicação 11 ou 12, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o ajustamento é possível em um ou dois eixos.

14. Turbina, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **CARACTERIZADA** pelo fato de que cada parte de hélice (2) inclui primeiras (12, 16) e segundas (13, 17) superfícies transversais opostas substancialmente transversais ao eixo longitudinal de hélice e em que uma dentre a parte de hélice dianteira (7) ou parte de hélice traseira (8) inclui primeira (18) e segunda (20) hastas pivô se projetando, respectivamente, a partir da primeira e segunda superfícies transversais da parte de hélice dianteira ou da parte de hélice traseira, a primeira haste pivô é acoplada ou a uma dentre a parte de hélice dianteira ou a parte de hélice traseira para formar um dentre os pivôs de passo ou de inclinação (24, 27) e a segunda haste pivô é acoplada ou a um mecanismo seguidor (23, 30) que é disposto para seguir um dos, ou os, trilhos guia de passo ou de inclinação (10, 11), ou a uma haste conectada a um dos rolamentos de passo ou de inclinação (36, 37).

15. Turbina, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a primeira haste pivô (18) se projeta a partir de uma dentre a parte de hélice dianteira (7) ou a parte de hélice traseira (8) e é acoplada à outra dentre a parte de hélice dianteira ou a parte de hélice traseira.

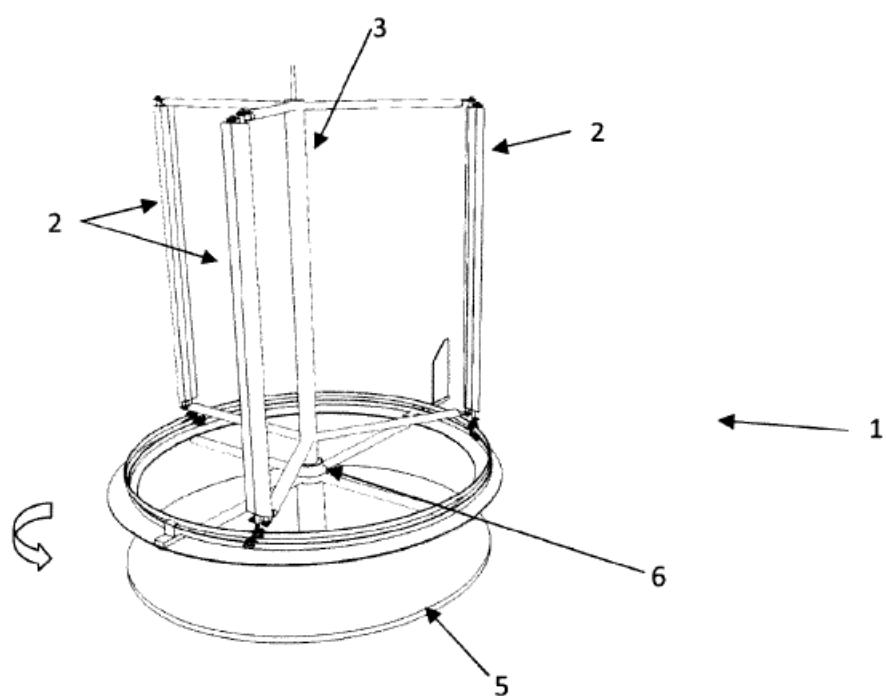
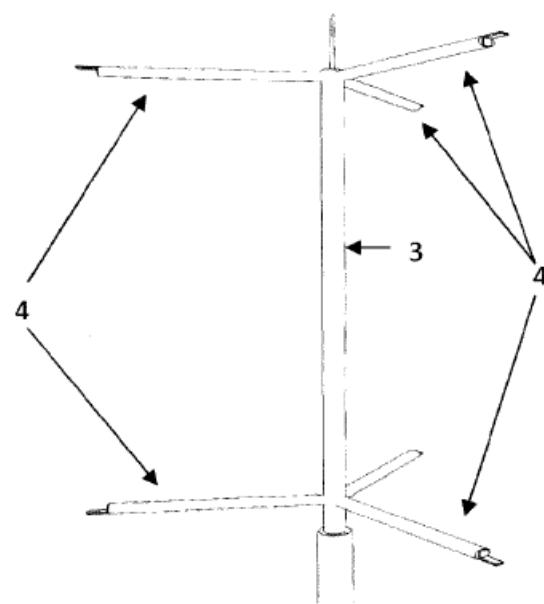
FIGURA 1FIGURA 2

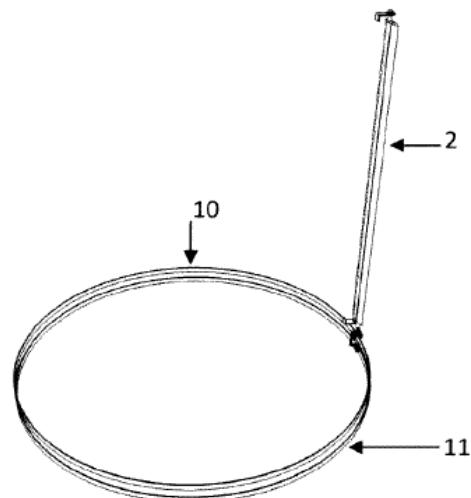
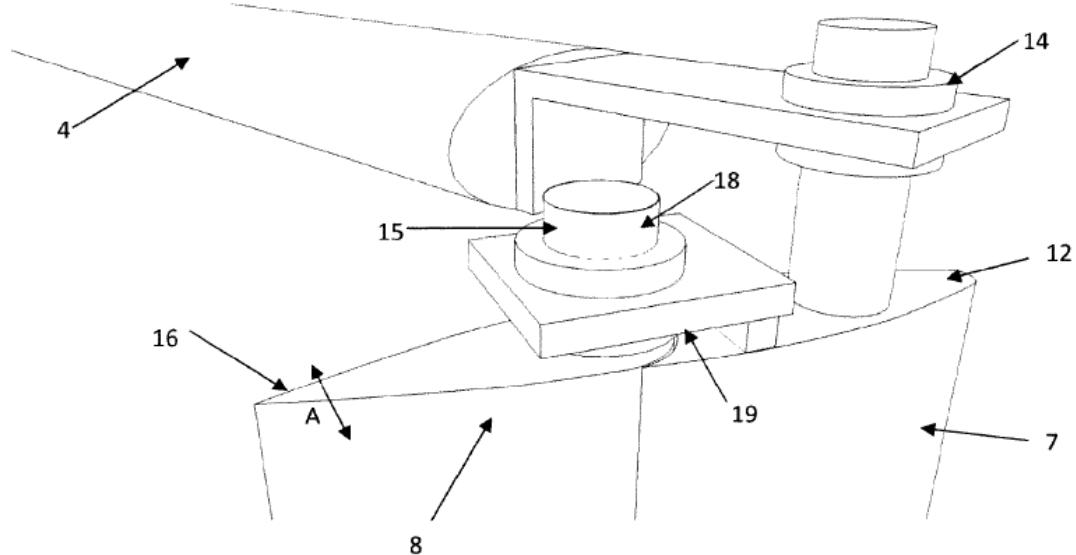
FIGURA 3FIGURA 4

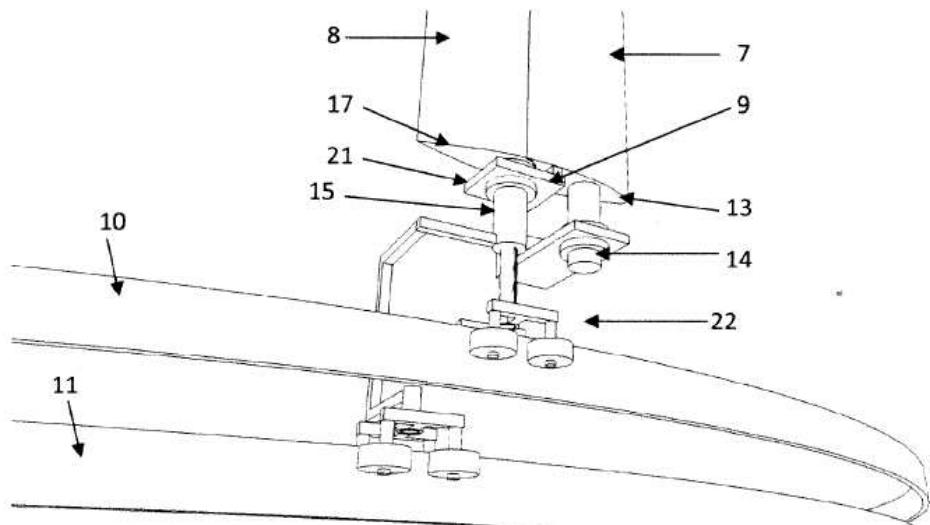
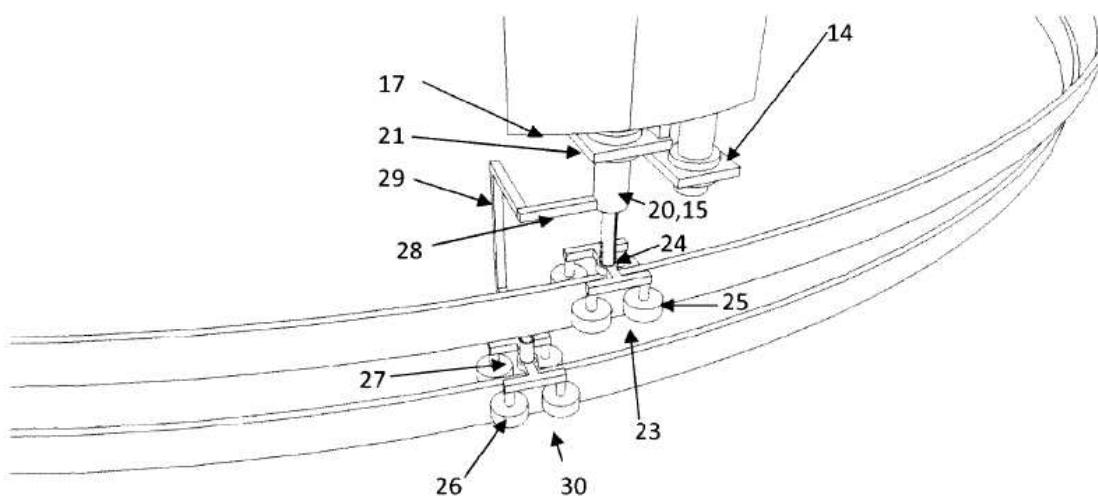
FIGURA 5FIGURA 6

FIGURA 7

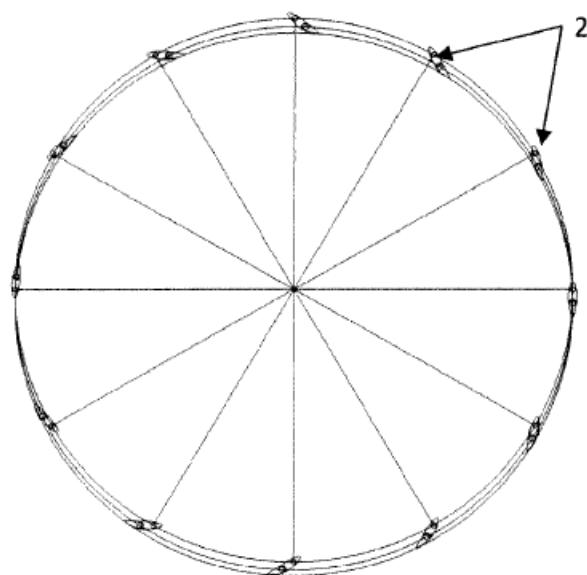


FIGURA 8

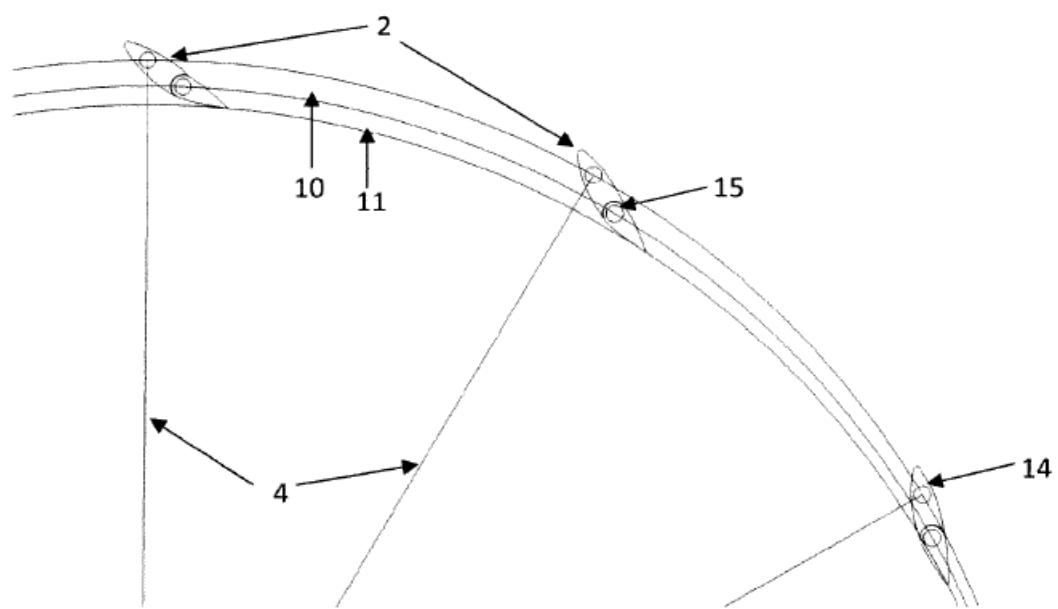


FIGURA 9

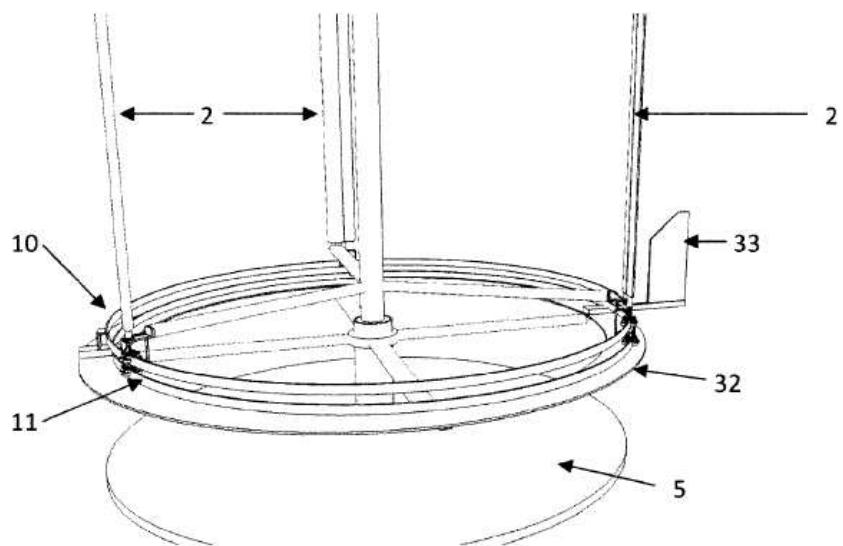


FIGURA 10

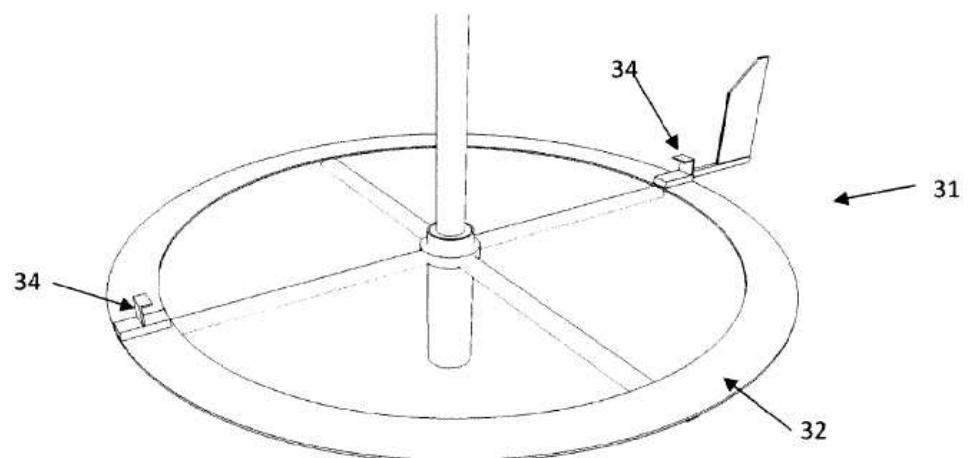


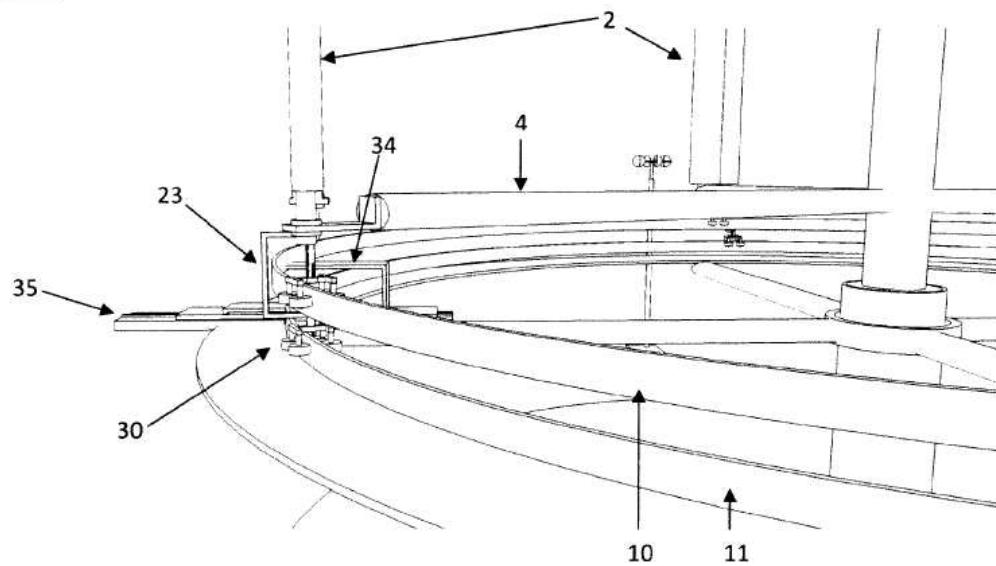
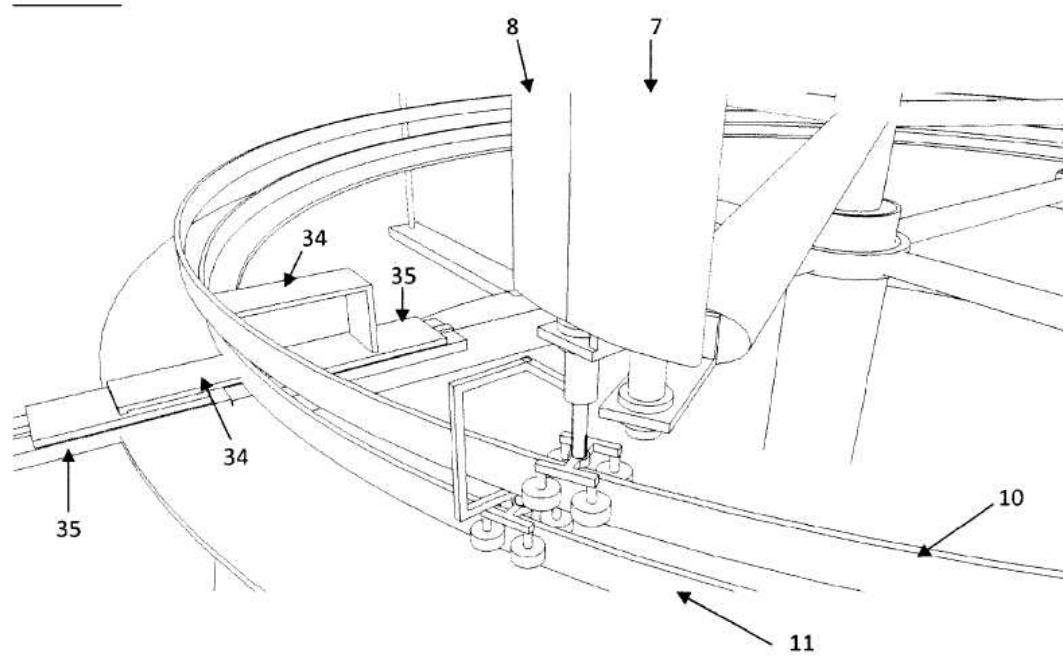
FIGURA 11FIGURA 12

FIGURA 13

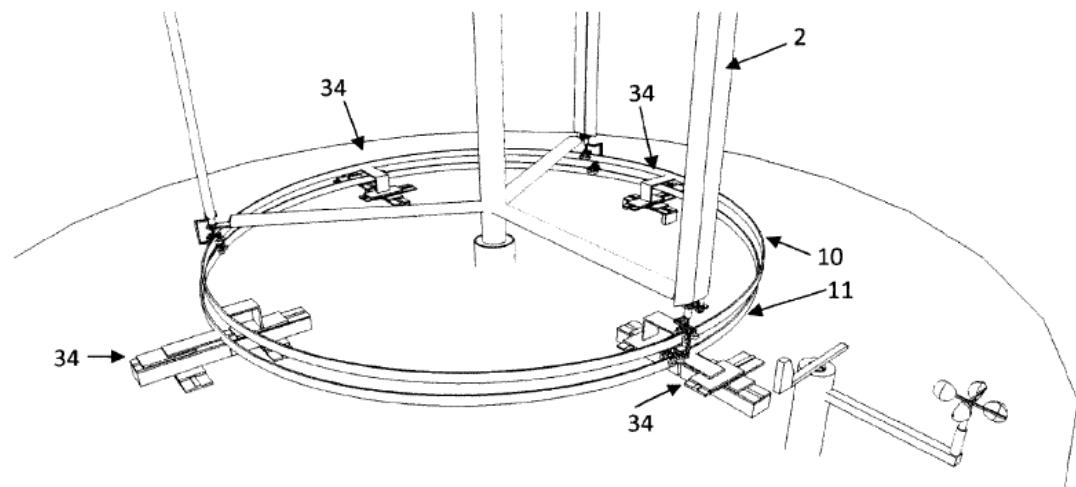


FIGURA 14

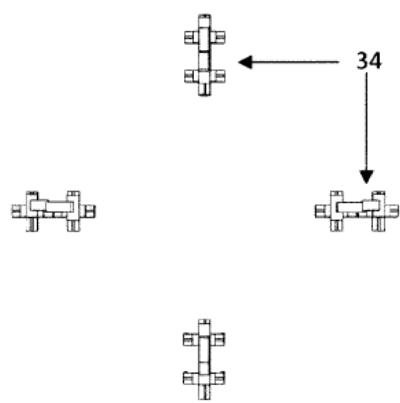


FIGURA 15

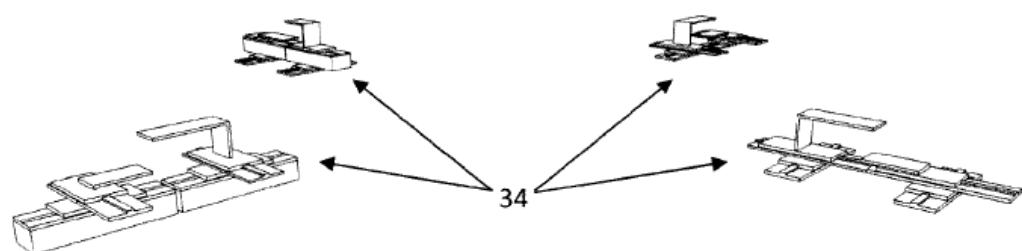


FIGURA 16

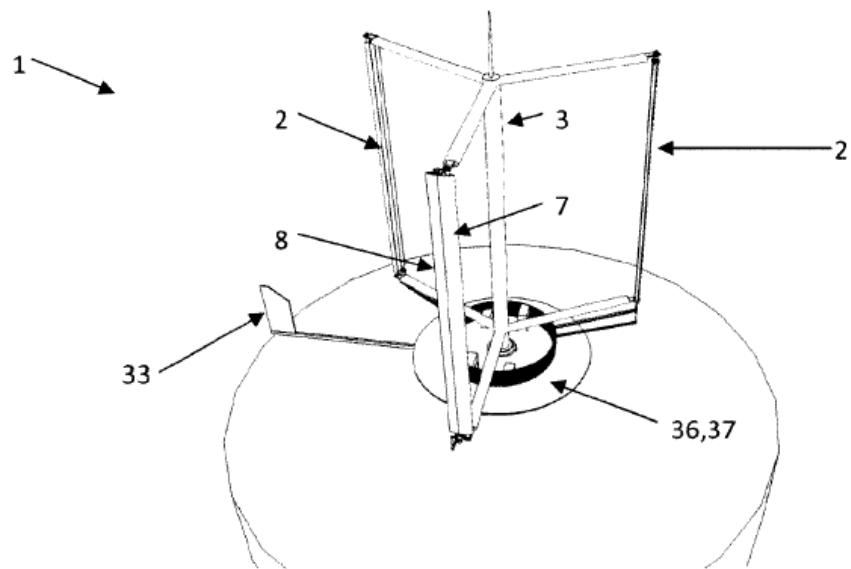


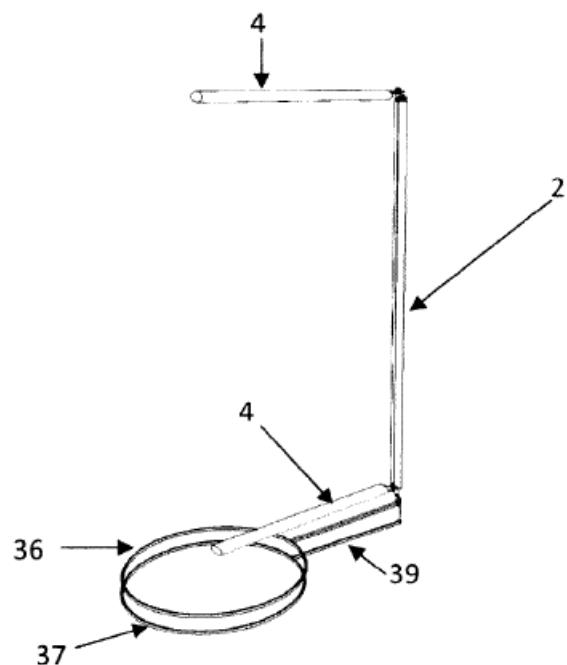
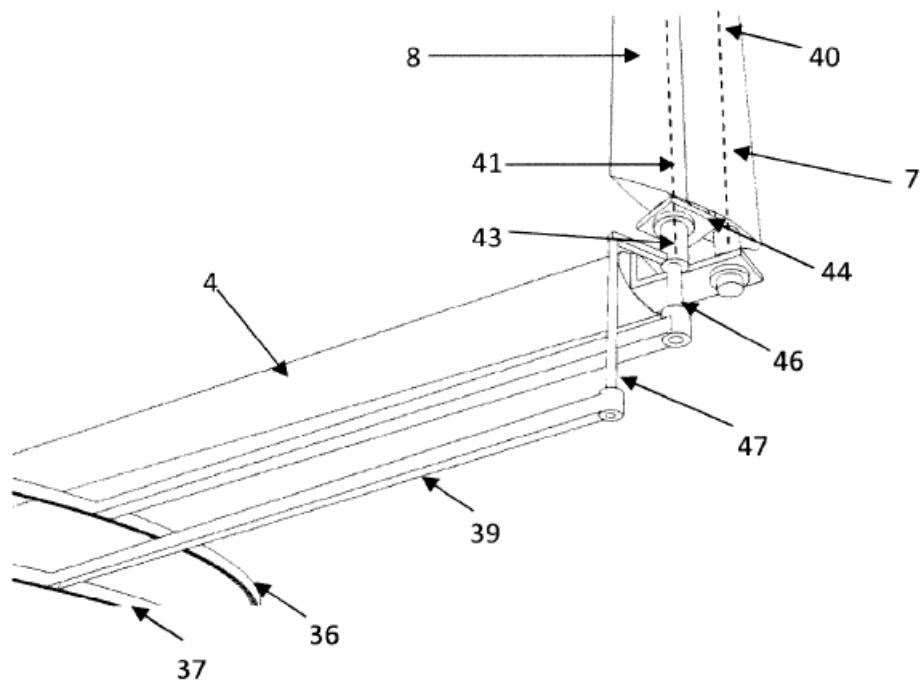
FIGURA 17FIGURA 18

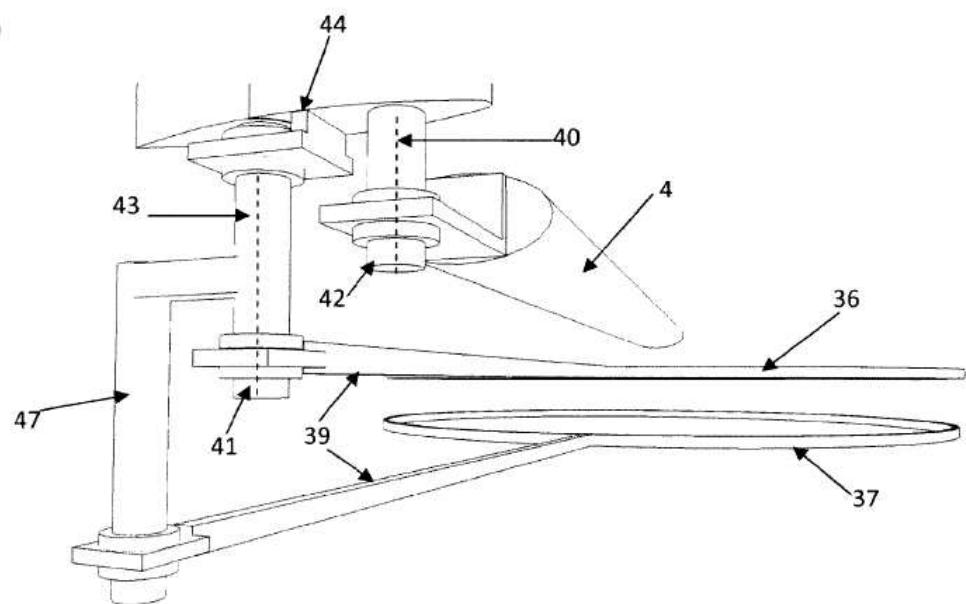
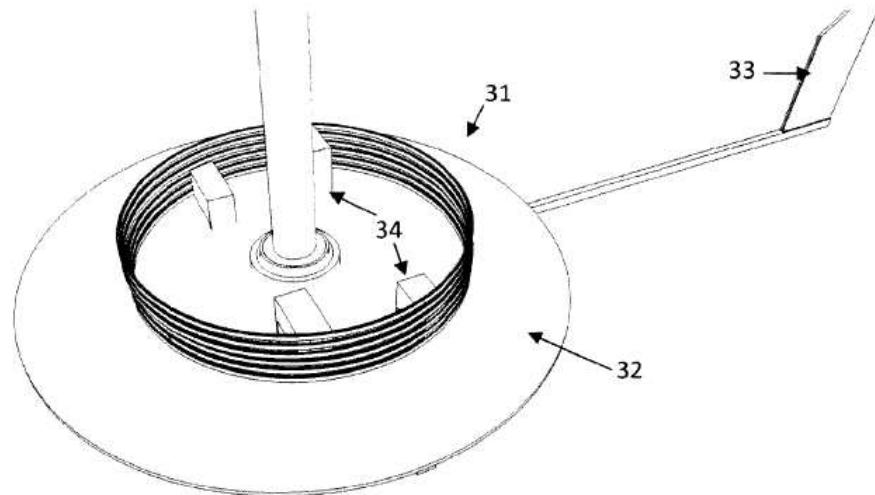
FIGURA 19FIGURA 20

FIGURA 21

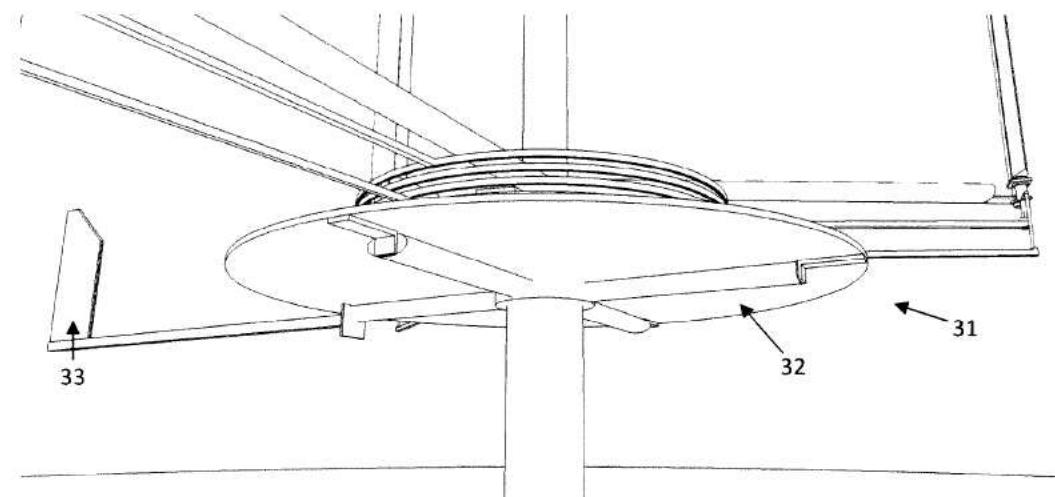


FIGURA 22

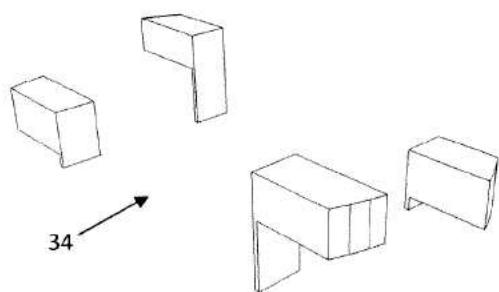


FIGURA 23

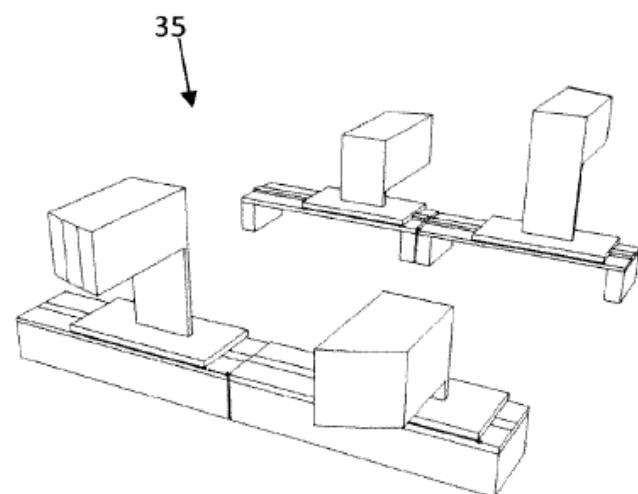


FIGURA 24

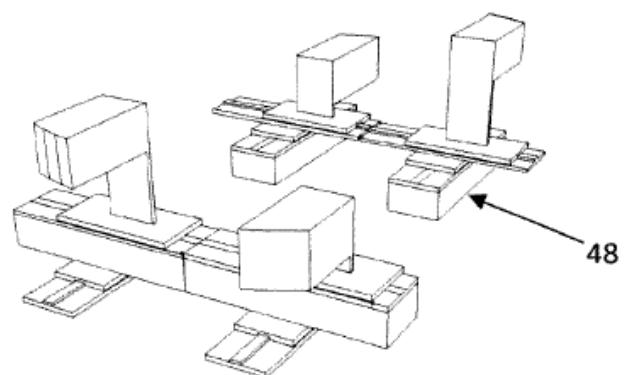


FIGURA 25

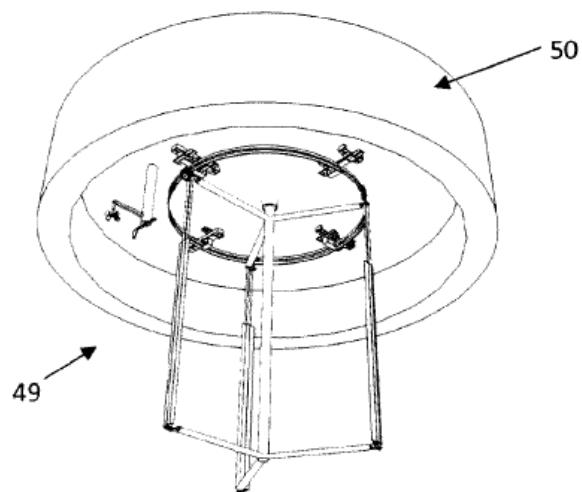


FIGURA 26

