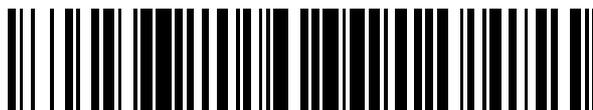


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 592 891**

51 Int. Cl.:

E04H 12/12 (2006.01)

E04H 12/16 (2006.01)

E04H 12/34 (2006.01)

F03D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.11.2008 PCT/IB2008/002928**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2009 WO09056969**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.11.2008 E 08845265 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.06.2016 EP 2215320**

54 Título: **Torre de hormigón segmentada para generadores eólicos y método de montaje de la misma**

30 Prioridad:

02.11.2007 WO PCT/IB2007/003319

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.12.2016

73 Titular/es:

CORTINA-CORDERO, ALEJANDRO (33.3%)
Av. Prol. Reforma No. 115 Piso 9 Col. Paseo de las Lomas
Mexico, D. F. 01330, MX;
CORTINA-ORTEGA, JOSE PABLO (33.3%) y
CORTINA-CORDERO, JOSE PABLO (33.3%)

72 Inventor/es:

CORTINA-CORDERO, ALEJANDRO;
CORTINA-ORTEGA, JOSE PABLO y
CORTINA-CORDERO, JOSE PABLO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 592 891 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

Torre de hormigón segmentada para generadores eólicos y método de montaje de la misma

5 Antecedentes de la invención

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a un método para el montaje de una torre de hormigón pretensado segmentado para generadores eólicos y torre para generadores eólicos.

Descripción de la técnica relacionada

15 Se han propuesto torres de diversos diseños para generadores eólicos. Por ejemplo, se han construido varias diferentes torres, que tienen estructuras basadas en armaduras metálicas; también, se han construido con secciones tubulares. En ambos casos, su altura está limitada debido a sus dimensiones, la turbulencia provocada por el aire, su resistencia contra terremotos intensos, y su facilidad de construcción, debido a que en muchos casos no es práctico para las alturas actualmente usadas. Son conocidas también las torres fabricadas de hormigón que usan encofrados deslizantes. Por ejemplo, la torre de Mathis US-5.109.953. De acuerdo con dichas técnicas, la torre se construye mediante el vertido de hormigón sobre encofrados colocados sobre la estructura.

20 Otras estructuras de hormigón bien conocidas están fabricadas de hormigón pretensado. El hormigón pretensado engloba técnicas que usan tensores pretensados —generalmente de cables o barras de acero de alta resistencia— para proporcionar una carga de sujeción que produce una fuerza de compresión que refuerza la estructura del hormigón. El hormigón pretensado engloba el hormigón tensado previamente —en el que el hormigón se fragua alrededor de tensores ya tensados—, y hormigón tensado posteriormente, en el que el hormigón se fragua alrededor de un conducto y después del proceso de fraguado, se aplica una compresión a través de tensores de pretensión introducidos dentro de dichos conductos.

30 El documento EP-A-0 960 986 ARAND, describe una torre de hormigón pretensado seccionada para generadores eólicos. De acuerdo con esta publicación, se montan secciones cónicas truncadas prefabricadas, usando una grúa para formar la torre y se unen a través de tensores tensados posteriormente. De acuerdo con la publicación, pueden erigirse en esta forma torres de una altura de doscientos metros, o más. El documento WO-2004/007955 WOBEN, de ENERCON, desvela un sistema de construcción para torres seccionadas cónicas. Esta publicación describe la fabricación controlada de cada sección de hormigón. La sección de hormigón incluye una serie de conductos para pretensado. De acuerdo con WINDBLATT, THE ENERCON MAGAZINE, Huge Building Blocks, ejemplar 03/2001, del 22 de septiembre de 2001, páginas 8-9, se establece que debido a sus dimensiones, las primeras secciones previamente fraguadas se dividen en mitades. El inconveniente principal de la torre ENERCON es que las secciones son grandes y pesadas y, debido a ello, difíciles de manejar. Para el montaje requieren de costosas grúas de alta capacidad. Además si las secciones se fabrican de acuerdo con Arand, se requieren algunos encofrados o moldes diferentes para el moldeado de cada sección de torre.

45 El documento WO-2003069099 (& US-7.160.085 & EP-1 474 579) asignado a MECAL desvela una torre híbrida para generadores eólicos que comprende: (a) una porción inferior fabricada de una estructura de hormigón pretensada seccionada (torre dividida en secciones) segmentada (secciones divididas en segmentos) y una porción tubular metálica superior.

50 La torre de MECAL tiene muchos inconvenientes, que no permiten contemplar dicha torre. La torre requiere uniones muy complejas para la unión de los segmentos —véanse las figuras 13a-d del documento WO-2003069099—. Debería observarse que los segmentos de 12 metros de altura y algunas toneladas de peso pueden construirse fácilmente a nivel del suelo, sin embargo a 30 metros de altura no es tan fácil unir las partes con la precisión requerida. Además, la unión MECAL debe cementarse lo que hace el montaje más complejo. Además, los segmentos se fabrican usando diferentes moldes y es factible que los segmentos puedan no coincidir. Adicionalmente, el pretensado en el lado interior de la torre —tal como se sugiere por MECAL— no es recomendable dado que produce debilidades en la torre. Las conexiones con pernos para la unión de los segmentos de hormigón tampoco son recomendables dado que cualquier movimiento de la torre —un terremoto, por ejemplo— produce un movimiento en los segmentos de la torre que puede destruir dichos pernos. Además, de acuerdo con la descripción, el montaje de la torre se supone que debe alcanzarse mediante el uso de una grúa ascendente. El uso de dicha grúa no es técnicamente posible. Sin embargo, suponiendo que dicho uso fuera posible, requiere que la torre se diseñe para soportar su propio peso así como el peso de las grúas y los segmentos de hormigón superiores a ser montados. Teniendo cada segmento un peso de algunas toneladas métricas.

65 Los documentos CONCRET & STEEL (WO-2006111597 & EP- 1 876 3161 & ES2246734) una subsidiaria de GAMESA EÓLICA, e INNEO (US-2006156681 & ES-1058539U) una subsidiaria de ACCIONA EÓLICA desvelan ambos una torre cónica cilíndrica, similar a la torre MECAL. La descripción de dichas torres no incluye el método de montaje. Es probable que las secciones de hormigón se monten a partir de segmentos a nivel de suelo y a

continuación se monten las secciones completas usando una grúa de alta capacidad bajo las enseñanzas de ENERCON.

5 El documento DE 20 2007 003 842 U1 desvela una subestructura que una torre híbrida que tiene tres paredes planas y tres paredes redondeadas, alternadas y unidas entre sí para formar la estructura. Una sección transversal triangular con vértices redondeados, de modo que la torre se estrecha gradualmente, y una pluralidad de secciones piramidales escalonadas y apiladas unidas a partir de segmentos de hormigón planos y segmentos de hormigón circulares. El documento no describe como se fijan los segmentos entre sí y como se monta la torre. Este documento forma la técnica anterior más próxima.

10 El documento EP 1 767 729 A1 desvela una construcción de torre eólica con segmentos redondeados que se conectan a un elemento tubular mediante un soporte anular periférico. La unión de segmentos adyacentes se alcanza mediante un material de relleno de unión introducido en las juntas horizontales, que incluye una conexión de enclavamiento incluyendo una ranura y una parte conformada y también un material de relleno. Las juntas horizontales pueden formarse también análogamente a las juntas verticales. Los elementos de tubos se apilan en una torre fijada verticalmente mediante elementos de tensión.

15 Resumiendo, las torres cónicas de hormigón segmentado de la técnica anterior, comparten cada una los siguientes inconvenientes:

20 a) Las torres de ENERCON, MECAL, CONCRETE & STEEL e INNEO tienen una sección transversal circular y cónica. Es decir que la parte inferior tiene un diámetro mayor que la parte superior de la torre. Dicho diseño requiere un molde para cada segmento. Debido a que hay un cierto número de moldes diferentes, la unión de las piezas es un factor difícil, requiriendo dispositivos complejos para llevar a cabo dicha unión.

25 b) Adicionalmente, en el caso de MECAL, los segmentos de hormigón se fabrican en una instalación y a continuación se transportan al emplazamiento de construcción. Debido a sus tamaños, dichos segmentos son grandes y pesados. El transporte al emplazamiento de estos segmentos prefabricados, que pueden pesar más de 60 toneladas, debe planearse cuidadosamente, usando por ello grandes grúas y plataformas planas adecuadas para su tamaño.

30 Con respecto a los métodos de montaje de las torres de hormigón segmentadas de la técnica anterior, comparten los siguientes inconvenientes:

35 a) En el caso de las torres de ENERCON, CONCRETE & STEEL e INNEO, el montaje de estas secciones debe realizarse con grúas muy caras de gran capacidad, capaces de elevar secciones de la torre de hormigón completas, y usando andamios muy altos, lo que influye en el coste de dicho montaje.

40 b) En el caso de MECAL, que se supone usa una grúa ascendente, la torre de hormigón debe sobredimensionarse para que las secciones inferiores soporten el peso de la grúa y de los segmentos superiores. Adicionalmente, mediante el uso de dicho método no es posible alcanzar la precisión de unión requerida de los segmentos de hormigón adyacentes.

45 Sumario de la invención

Es por lo tanto un objeto de la presente invención proporcionar una torre piramidal para generadores eólicos que tenga una resistencia mejorada con un montaje facilitado.

50 Este objeto se ha resuelto mediante la torre según se reivindica. En consecuencia, la torre comprende patas de hormigón, formadas a partir de segmentos de hormigón pretensados cilíndricos o curvados, usando un molde y que usan paneles trapezoidales planos previamente fraguados achaflanados, que tienen un borde inferior más ancho y un borde superior más estrecho para producir una reducción gradual en la sección transversal de la torre, simplificando así su fabricación y montaje.

55 El montaje de una torre segmentada se simplifica por medio del uso de una columna de montaje en secciones, instalada en el eje de la torre, cuya finalidad es mantener la geometría de la torre cuando se montan las diferentes porciones, mediante el soporte o reclinado de ellas en dicha columna de montaje.

60 Esta misma columna de montaje sirve como una escalera durante la construcción de la torre, para acceso con seguridad a los lugares de trabajo, durante el montaje.

65 La columna de montaje tiene, como accesorios, plataformas de trabajo o andamios, instalados ventajosamente en donde son necesarios para realizar el pretensado. Esta columna de montaje en secciones puede retirarse cuando se acaba el proceso de montaje o puede permanecer como una vía de acceso a la góndola cuando el generador de generación eólica está en operación, por ejemplo para proporcionar mantenimiento.

La integridad estructural de la torre se consigue por medio de tensores de pretensión, tensores verticales de pretensión que fijan los segmentos adyacentes de recubrimiento a la cimentación y tensores de pretensión horizontales para unir los segmentos adyacentes laterales.

5 El alcance adicional de aplicabilidad de la presente invención será evidente a partir de la descripción detallada dada en el presente documento a continuación. Sin embargo, debería entenderse que la descripción detallada y ejemplos específicos, aunque indican realizaciones preferidas de la invención, se dan solamente a modo de ilustración, dado que serán evidentes para los expertos en la materia varios cambios y modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, a partir de la presente descripción detallada.

10 Breve descripción de los dibujos

La presente invención quedará completamente entendida partir de la descripción detallada dada en el presente documento a continuación y los dibujos que la acompañan que se dan a modo de ilustración solamente, y por ello, no son limitativos de la presente invención, y en los que:

La Fig. 1 ilustra el proceso de edificación para una torre piramidal, de acuerdo con una realización de la presente invención.

20 La Fig. 2 muestra los segmentos curvados prefabricados y los segmentos planos prefabricados en una pila.

La Fig. 3 muestra un segmento curvado prefabricado con sus conductos para la colocación de tensores de pretensión.

25 La Fig. 4 muestra un segmento plano visto desde el interior, que muestra nervios de hormigón reforzados integrados.

La Fig. 5 muestra la cimentación y la primera sección de la columna de montaje.

30 La Fig. 6 muestra los primeros dos segmentos reclinados sobre la sección de la columna de montaje, y una plataforma de trabajo o andamios soportados por la sección de la columna de montaje.

La Fig. 7 muestra la finalización de la primera sección de la torre.

35 La Fig. 8 muestra el montaje de la segunda sección de la torre, a una mayor altura.

La Fig. 9 muestra la adición de otra sección de la columna de montaje, para la continuación del montaje de la torre.

40 La Fig. 10 muestra una torre piramidal montada.

La Fig. 11 muestra una vista superior de la torre piramidal de la Fig. 10.

La Fig. 12 ilustra la organización de las secciones de la columna de montaje.

45 La Fig. 13 muestra la malla de tensores de pretensión dentro de los conductos de segmentos prefabricados.

La Fig. 14 muestra el montaje del cuerpo de extensión.

50 La Fig. 15 ilustra un generador de generación eólica acabado.

Descripción detallada de la invención

55 La presente solicitud se refiere a una torre de hormigón para generadores eólicos, particularmente una torre de hormigón seccionada y segmentada pretensada para generadores eólicos, y su método de montaje, la torre incluye una estructura piramidal formada por patas de hormigón y paredes de unión de hormigón. Las patas de hormigón se forman a partir de segmentos curvados de hormigón prefabricados (de aquí en adelante segmentos curvados) mientras que las paredes de unión de hormigón se forman a partir de segmentos de unión de hormigón prefabricados o prefraguados (de aquí en adelante segmentos de unión).

60 Los segmentos curvados se apilan, para formar patas de hormigón. Los segmentos curvados que forman las patas de hormigón se unen junto con los segmentos de unión, para formar secciones de torre de sección transversal variable que permiten que se monte la torre. La torre acaba en una sección circular en su extremo superior. Los segmentos curvados y los segmentos de unión se unen entre sí y se fijan a una cimentación mediante tensores de pretensión. Los segmentos curvados y de unión prefabricados, debido a su tamaño, se fabrican preferiblemente en el emplazamiento, evitando así la necesidad de ser transportados.

65

De acuerdo con la invención, representada en la Fig. 1 y en la Fig. 11, los segmentos curvados se diseñan de tal manera que en la parte superior dichos segmentos forman un anillo circular. Así, si la torre es de una sección transversal triangular que tiene tres patas de hormigón, los segmentos curvados tienen un ángulo de 120°. Dicho ángulo es de 90° si la sección transversal es cuadrada con cuatro patas de hormigón.

De acuerdo con la invención representada en la Fig. 1, dichos segmentos de las paredes de unión planas de hormigón consisten en segmentos de unión de hormigón que tienen una forma de una losa triangular (o trapezoidal) truncada con un borde inferior ancho y un borde superior estrecho. Sin embargo, de acuerdo con otra realización de la invención, dichos segmentos de unión pueden no ser planos sino segmentos nervados de hormigón curvados trapezoidales. Adicionalmente, los segmentos de unión de hormigón pueden no incluir nervios y/o los segmentos curvados de hormigón pueden incluir nervios.

Los segmentos curvados se unen a sí mismos a través de los segmentos de unión, de una forma trapezoidal, para formar la torre de sección transversal variable, estando coronada su parte superior por un anillo circular.

La torre de hormigón tensada posteriormente segmentada para generadores eólicos se caracteriza por la facilidad de su concepción geométrica, los segmentos curvados se basan en una forma cilíndrica (diámetro constante) dividida en tres sectores circulares iguales dispuestos como un trípode para formar patas de hormigón unidas a paredes de unión de hormigón para formar una estructura piramidal; tienen el doble objetivo de usar solo un molde curvado estándar. Los segmentos de unión, que complementan la sección de la torre, se fabrican preferiblemente horizontalmente sobre una plantilla de hormigón.

El desarrollo constructivo para la realización preferida de la torre, diseñada para tener una estructura de hormigón reforzado y pretensado en una forma única, rápida y económica, incluye un cuerpo de torre 100 que tiene una pluralidad de segmentos de hormigón prefabricados que incluyen (i) segmentos curvados 20 prefabricados, fabricados de hormigón, y (ii) segmentos de unión 30 prefabricados, también fabricados de hormigón. La torre es esbelta, teniendo un aspecto estético sin impedir las propiedades estructurales necesarias para soporte de la carga a la que estará sometida, que es su propio peso, el peso y movimiento de las palas, empuje del viento, fuerzas sísmicas, etc. Se ha descubierto que una torre de una sección transversal triangular proporciona una resistencia mejorada a las cargas horizontales en comparación con torres de sección transversal cuadrada o circular.

La altura de la estructura por encima del terreno puede variar, de acuerdo con el tipo de generador que se esté usando. La geometría de la torre se dimensiona y controla para cumplir con todas las condiciones extremas de servicio, y límites finales en la diversa normativa de edificación actual.

De acuerdo con la presente invención, se describe una torre que comprende un cuerpo 100 que incluye una estructura formada mediante segmentos curvados 20 prefabricados, de hormigón reforzado y pretensado (tensado posteriormente), combinado con segmentos de unión 30 prefabricados. La sección transversal del cuerpo de la torre 100 disminuye en función de su altura.

En otra realización de la invención representada en las Figs. 14 y 15, la torre comprende, tal como se ve desde el lateral, dos secciones que pueden distinguirse entre sí por su geometría: un cuerpo piramidal inferior 100 que tiene una sección transversal variable desde su base a aproximadamente dos tercios de su altura, y un cuerpo de extensión superior 160, que tienen preferiblemente una sección transversal cilíndrica de diámetro constante, que forma aproximadamente un tercio de la altura total de la torre.

En la realización de la invención, ilustrada en las Figs. 11 y 13, el cuerpo 100 de la torre tiene una sección transversal asimétrica, cuyo perímetro puede equipararse a un triángulo con lados rectos (x, y, z) y vértices redondeados (a, b, c) que forman la sección transversal triangular de la torre. La sección transversal triangular de al menos una porción del cuerpo de la torre disminuye en función de la altura de la torre, formando una estructura piramidal, tal como se ve desde un lateral, es decir, que se adelgaza cuando se incrementa su altura.

Tal como se ilustra en la Fig. 11, la torre comprende tres paredes de unión planas segmentadas "x", "y" y "z", separadas entre ellas, extendidas entre los vértices de la sección transversal triangular a lo largo de la torre, formando las paredes de hormigón de unión de la torre. Cada pared de hormigón de unión comprende una pluralidad de segmentos de unión 30 prefabricados, mientras que cada pata de hormigón comprende una pluralidad de segmentos curvados 20 prefabricados.

La Fig. 4 representa un segmento de unión 30 como un segmento nervado prefabricado plano. El segmento nervado tiene una cara interior 32, una cara exterior 33, dos laterales largos 34a, 34b, un lado inferior 35, y un lado superior 36. Cada segmento nervado comprende nervios de refuerzo 37. La disposición de los nervios puede realizarse de acuerdo con cualquier método conocido. Preferiblemente, los nervios deberían extenderse verticalmente, horizontalmente, en cruz, o diagonalmente y deberían formar también un nervado a lo largo del perímetro del segmento de unión 30. Los segmentos de unión 30 pueden consistir en segmentos nervados curvados para formar una torre de sección transversal circular.

También, los segmentos de unión 30 incorporan conductos horizontales 39 para llevar tensores 75 de pretensión horizontales en ellos. Los conductos horizontales 39 de los segmentos de unión 30 están alineados con los conductos horizontales correspondientes 29 de los segmentos curvados 20. A través de cada uno de estos conductos, se introduce al menos un tensor de pretensión y, mediante la acción del tensor 75, los segmentos nervados 30 y redondeados 20 permanecen unidos de modo fijo y firme, formando de ese modo la estructura, que trabaja como una estructura monolítica. En la Fig. 13 se representan los conductos horizontales 29, 39 y verticales 28 así como los tensores de pretensión 71, 75. Se muestra una porción del conducto horizontal 29, y también una porción del conducto horizontal 39 en el segmento nervado 30, antes de mantener en su interior los tensores de pretensión.

De acuerdo con la invención, cada uno de los segmentos de unión 30 tiene una forma alargada y trapezoidal, de modo que el lado superior 36 es más estrecho que el lado inferior 35. Como se representa en las Figs. 10 y 11, los segmentos de unión 30 instalados en la parte más alta de la sección transversal triangular en la torre, son de una forma triangular (pero no trapezoidal). En esta porción de la torre, la sección transversal de la misma se convierte en circular, debido a que los segmentos curvados 20 se unen y forman una circunferencia completa.

Los segmentos de unión 30 se fabrican preferiblemente en el emplazamiento de construcción. De ese modo, se obtienen unos ahorros sustanciales mediante la eliminación de la necesidad de transporte de los segmentos desde un taller al emplazamiento de construcción de la torre. Sin embargo, como será evidente para un experto en la materia, los segmentos de unión 30 pueden fabricarse en taller. También, el taller puede localizarse ventajosamente muy próximo al emplazamiento de construcción.

En el caso de uso de segmentos de unión nervados planos, se emplean ventajosamente moldes, que limitan la periferia de los segmentos y nervaduras. Los segmentos planos se moldean mediante el vertido y fraguado de hormigón en capas, sobre una plataforma de hormigón o plantilla (Fig. 2). Entre capas, se inserta un liberador de molde, que impide que los segmentos planos se adhieran entre sí. Por conveniencia, primero se fabrican los segmentos planos correspondientes a las secciones superiores en la torre mediante vertido y fraguado; a continuación, los segmentos para las secciones intermedias y finalmente, se forman los segmentos para las secciones inferiores. En esta forma, los segmentos planos serán elevados y montados mediante una grúa cuando se procede a la construcción de la torre, sin necesidad de mover los segmentos planos, que ya se han fraguado y dispuesto en las capas inferiores.

Antes del vertido del hormigón, es posible introducir fijaciones a los segmentos planos para permitir, por ejemplo, conductos para la instalación eléctrica. También, se incorporan los conductos para los tensores de pretensión.

Como será evidente a partir de las figuras, los segmentos de unión 30 se montan con su cara nervada mirando hacia el interior de la torre, mientras que la cara lisa forma la superficie exterior de la torre. Sin embargo, puede seleccionarse la cara nervada de los segmentos planos para que sea la superficie exterior de la torre.

La torre comprende tres patas de hormigón, "a", "b" y "c", separadas entre sí, que se extienden a lo largo de la torre en los vértices de la sección triangular, entre las paredes de unión "x", "y" y "z" y que se unen a ellas. Cada pata de hormigón consiste en una pluralidad de segmentos curvados 20 prefabricados, hechos de hormigón que se apilan verticalmente y se tensan posteriormente.

Como será evidente en las Figs. 10 y 11, en los vértices de la sección transversal triangular de la torre, se montan las patas de hormigón, entre los segmentos de unión 30 que se extienden a lo largo del cuerpo 100 de la torre.

La disminución en la sección transversal de la torre se consigue mediante la reducción gradualmente de la anchura de las paredes de unión planas "x", "y" y "z" hechas de segmentos de unión 30, pero sin modificar la dimensión de los segmentos curvados 20, hasta que los segmentos curvados 20 convergen formando un anillo circular. Véanse las Figs. 10, 11. También, la torre incluye adicionalmente un anillo 50, teniendo el anillo la tarea de distribuir uniformemente las cargas verticales sobre las patas de hormigón.

Los segmentos curvados 20, que forman las patas de hormigón de la torre, se fabrican previamente y se montan en sitio. De acuerdo con la presente invención, se prevé que los segmentos curvados 20 tengan la misma dimensión y forma. Su forma es la de un segmento de cilindro circular de 120°. Este enfoque, a diferencia de las torres construidas de acuerdo con la técnica anterior, no requiere moldes especiales para fabricar cada segmento de la torre.

De acuerdo con una realización, puede usarse solo un tipo de molde para fabricar todos los segmentos curvados 20. Debido al hecho de que se forma una sección a partir de seis segmentos, el peso de los segmentos de hormigón es aproximadamente 1/6 del peso total de una sección completa. De esa forma, para el montaje de los segmentos se requiere una grúa de aproximadamente 1/6 de la capacidad requerida cuando se montan secciones completas — segmentadas o no— bajo las enseñanzas de la técnica anterior. Dicha diferencia en peso permite un montaje más seguro y fácil de los segmentos curvados prefabricados y requiere una grúa menos costosa. Dicha característica es también beneficiosa para aplicaciones marinas. Sin embargo, como será evidente para un experto en la materia,

puede usarse una grúa de gran capacidad para el montaje de segmentos mayores. De ese modo una torre normalmente hecha en 12 secciones puede construirse en 5 o 6 secciones.

5 La Fig. 3 ilustra un segmento curvado 20. El segmento tiene una cara exterior 22 y una cara interior 23, y tiene dos
bordes laterales 24a, 24b de un grosor adecuado. También, los segmentos curvados 20 tienen un lado alto o
superior 25, y un lado inferior 26, a lo largo de la superficie del segmento 20, paralelos a los bordes 24a, 24b hay
una pluralidad de conductos horizontales 29 y conductos verticales 28, para la introducción de los cables 75 de
pretensión. Dentro de los conductos horizontales 29 de los segmentos curvados 20, y dentro de los conductos
10 horizontales 39 de los segmentos de unión 30 adyacentes, se introducen y se sujetan cables 75 de pretensión, para
la unión de los segmentos curvados 20 a los segmentos de unión 30 adyacentes. También, dentro de los conductos
verticales 28 de los segmentos curvados 20, se introducen tensores 71 de pretensión, para la unión de los
segmentos curvados superpuesto y subyacente para formar las patas de hormigón. Los tensores de pretensión
verticales 71 y horizontales 75 se introducen y sujetan por medios y métodos conocidos para los expertos en la
materia.

15 Los tensores de pretensión se seleccionan de entre cables de pretensión o cabos de tensión fabricados de acero de
alta resistencia; o barras o cualquier elemento de pretensión adecuado, anclados a la cimentación de la torre, que se
instalan y tensan posteriormente dentro de los segmentos curvados para proporcionar la continuidad de las patas de
hormigón. La Fig. 13 ilustra los elementos de pretensión para una sección de la torre, de acuerdo con la presente
20 invención.

Lateralmente, los segmentos curvados 20 se conectan a los segmentos de unión 30 mediante cables de pretensado
verticales, permitiendo así funcionar como una sección integral o monolítica. Con este fin, los segmentos curvados
comprenden conductos horizontales que están alineados a conductos correspondientes en los segmentos de unión
25 30.

Una vez se construye la torre y está en operación, las patas de hormigón proporcionan resistencia contra las cargas
verticales, principalmente las cargas debido al propio peso de la torre y al peso de la góndola mientras que la
combinación de segmentos curvados y planos proporcionan la resistencia contra las cargas horizontales debidas
30 principalmente al movimiento de las palas del generador eólico, el empuje del viento y las fuerzas sísmicas.

Para la construcción de una torre de acuerdo con la presente invención, los segmentos cilíndricos de la extensión
pueden fabricarse simultáneamente al montaje de la torre, siendo elevados en el momento apropiado por medio de
una grúa, depositados sobre la torre, y fijados a ella por medio de tensores de pretensión, tales como cables o
cabos, que se disponen, conducen y tensan posteriormente en el interior de segmentos de hormigón prefabricados,
35 en una forma conocida para un experto en la materia.

Los moldes para los segmentos cilíndricos se acondicionan, incorporando así columnas para los cables o cabos de
pretensión y otros accesorios, y a continuación se realiza un vertido vertical de hormigón; los moldes pueden
despejarse al día siguiente. De ese modo, los moldes se usan cada dos días. La cantidad de moldes no está
limitada, y el número de unidades a ser usado depende de la magnitud de la construcción y de su planificación de
40 construcción.

De acuerdo con la presente invención, puede usarse una cantidad considerablemente menor, a diferencia de los
45 usados en los métodos de construcción para torres circulares cónicas de tipo apilado de acuerdo con la técnica
anterior.

De acuerdo con la presente invención, en el montaje de la torre se usa una columna de montaje en secciones,
instalada ventajosamente en el interior de la torre. La columna de montaje en secciones incluye una pluralidad de
50 cuerpos de columna o cuerpos 40 de montaje dispuestos verticalmente, teniendo dichos cuerpos un eje, y extremo
superior e inferior. Siendo apilados dichos cuerpos o secciones 40 uno encima del otro, durante el montaje de la
torre tal como se representa en la Fig. 5. Cada una de las secciones de la columna de montaje incluye tramos de
escalera 45 para ascender, y al menos un andamio o plataforma de trabajo 44 para el personal de construcción.

55 Como es evidente en las Figs. 5 y 6, cada sección 40 de la columna tiene al menos brazos radiales 42, que se
extienden axialmente hacia el exterior desde la superficie de la columna. Los brazos 42 son retráctiles, de tal manera
que pueden retraerse para permitir la retirada de la columna de montaje a través de la parte superior de la torre,
antes de que se instale la góndola 80.

60 Dichos brazos retráctiles tienen un borde proximal y un borde distal. Cada brazo radial tiene, sobre su extremo distal
a partir de la sección de la columna de montaje, una placa de montaje 43, de modo que cuando se dispone un
segmento nervado 30, puede soportarse sobre la placa. También, el andamio 44 reposa sobre los brazos 42, de
modo que el personal de construcción puede maniobrar durante el montaje de los segmentos. El extremo proximal
de los brazos se fija a la columna mediante soldadura o cualquier técnica bien conocida. Se prefiere el uso de tres
65 brazos radiales. Adicionalmente, el andamiaje está soportado por los brazos retráctiles.

Las Figs. 5 y 6 representan que los segmentos planos pueden inclinarse sobre la columna de montaje. Sin embargo, la columna de montaje puede comprender ventajosamente brazos radiales para el reclinado del segmento curvado. Un andamio a diferente altura de la sección permite que los trabajadores de construcción realicen el tensado posterior de los tensores horizontales para unir segmentos de hormigón adyacentes.

5 La torre de la presente invención no incluye ninguna unión cementada. Los segmentos de hormigón se unen solo a través de los medios de pretensión.

10 El número de brazos radiales depende del número de segmentos de hormigón que constituyen la sección de la torre. Así de acuerdo con la realización mostrada en los dibujos, una sección comprende seis segmentos. Sin embargo, como es claro para un experto en la materia, el número de segmentos puede ser más alto o inferior, por ejemplo, una sección de la torre piramidal de cuatro caras planas comprende ocho segmentos de hormigón, mientras que una torre cónica circular de la técnica anterior comprende cuatro segmentos redondeados o más.

15 Las Figs. 5 y 6 representan una sección de columna de montaje que comprende un conjunto de brazos radiales y un andamio; sin embargo la columna de montaje puede tener un segundo o tercer conjunto de brazos radiales y andamios. Los segmentos de hormigón pueden incluir inserciones metálicas para acoplarse con los brazos retráctiles y medios para extender o contraer la longitud de los brazos para inclinar el segmento de hormigón para ponerlo en la forma correcta con la precisión requerida.

20 También, cada sección de columna de montaje 40 tiene un conector inferior 46 en el extremo inferior de la sección de columna 40, para la unión de dicha sección de columna 40 de montaje con la cimentación o con una sección 40 subyacente, y un conector superior 47 en el extremo superior de la sección de columna 40 para la unión de la sección de columna 40 de montaje a una sección de columna 40 superior adyacente, para su disposición sobre la previamente instalada. Los conectores se seleccionan de entre bridas o conexiones de soldadura o cualquier otro medio adecuado.

25 La columna de montaje bajo la presente invención puede hacerse también de hormigón pretensado tal como un poste o palo, firmemente unido a la cimentación para soportar los segmentos de hormigón que conforman la torre.

30 Los segmentos de hormigón fabricados mediante vertido de hormigón sobre moldes de los segmentos curvados 20 de hormigón, así como los segmentos de unión 30 en el caso de una torre de sección transversal triangular, y los segmentos cilíndricos 60 de extensión, se realizan preferiblemente in situ, de acuerdo con el siguiente proceso, que se ilustra en la Fig. 1. El método de montaje comprende las siguientes etapas:

- 35 (a) construir una cimentación para la torre;
- (b) fabricar, en el lugar de construcción de la torre o en un taller, una pluralidad de segmentos de hormigón prefabricados teniendo estos elementos prefabricados conductos internos verticales y horizontales para la introducción de cables de pretensión (Figs. 2, 3 y 4) y accesorios;
- 40 (c) fabricar una pluralidad de secciones de columna de montaje, que tienen brazos que se extienden radialmente desde el eje de la columna, para proporcionar un soporte a los segmentos de hormigón;
- 45 (d) sobre la cimentación de la torre, instalar la primera sección de la columna de montaje, que servirá para todas las finalidades de montaje (Fig. 4);
- (e) instalar, con una grúa, un primer segmento de hormigón, de los que forman juntos la primera sección de la torre, fijarlo a la cimentación y reclinarlo sobre la columna de montaje, e inclinar y montar el segmento en su posición final, por medio de los brazos de la columna de montaje (Figs. 5 y 6);
- 50 (f) instalar los segmentos de hormigón restantes de la primera sección de la torre, de acuerdo con la misma rutina que para el primer segmento de hormigón;
- 55 (g) unir los segmentos de hormigón lateralmente adyacentes a través de tensores de pretensión para proporcionar una sección de torre de hormigón rígida;
- (h) una vez está acabada la primera sección de la torre, se instala la segunda sección de la columna de montaje 40 (Fig. 8), y se montan los segmentos de hormigón correspondientes para formar la segunda sección de la torre. Los segmentos verticales adyacentes se unen a través de tensores de pretensión para proporcionar rigidez a las secciones de la torre que forman la torre.
- 60

65 Se repite la secuencia para formar la tercera y siguientes secciones de la torre (Fig. 9). La Fig. 10 ilustra un cuerpo acabado de la torre, que tiene siete secciones 101, 102, 103, 104, 105, 106 y 107. En una sección de la torre, las patas de hormigón de la torre pueden formarse para uno o más segmentos curvados. De ese modo, en una realización de la invención, que consiste en una torre triangular piramidal, una sección de torre comprende tres

- segmentos planos y tres segmentos curvados. En otra realización de la invención, que consiste en una torre triangular piramidal, una sección de torre comprende tres segmentos planos y nueve segmentos curvados. De ese modo, la altura de los segmentos curvados es de alrededor de 1/3 de los segmentos planos. Se prefiere que los segmentos planos sean más altos que los segmentos curvados, proporcionando de ese modo un escalón que permite ventajosamente la unión de los segmentos planos de la primera sección con los segmentos curvados de la sección superior y/o la sección inferior (en las secciones intermedias, tal como se muestra en la Fig. 10).
- Los segmentos de unión de la sección 107 representados en la Fig. 10, consisten en losas de hormigón de forma triangular, pero no trapezoidal, dado que en el elemento superior 100 las secciones curvadas convergen en un anillo. Evidentemente, el número de secciones de torre depende de la altura de la torre y de las dimensiones de los segmentos planos; de ese modo, el número de secciones y el número de segmentos planos y curvados para cada sección depende del diseño de la torre, como será evidente para un experto en la materia. Todos de entre dichos posibles diseños están incluidos dentro del alcance de la presente invención.
- Tanto los segmentos de hormigón curvados como planos se prefabrican en unidades, adecuadas para su montaje, unidas entre sí y a la cimentación por medio de tensores de pretensión. Las Figs. 11 y 12 muestran la torre de acuerdo con la invención, en una vista en alzado y una sección vertical parcial, para mostrar los componentes, y en una vista desde la parte superior.
- De acuerdo con la invención, que se ilustra en las Figs. 14 y 15, la torre incluye una extensión. Preferiblemente, la extensión de la torre incluye un cuerpo cilíndrico. La porción cilíndrica se fabrica de una pieza segmentada cilíndrica hecha de hormigón, que se une al anillo 50. También, de acuerdo con la invención, el extremo superior de la sección cilíndrica comprende un anillo (no ilustrado), que sirve como una brida para soportar la góndola 80.
- La extensión incluye una pluralidad de secciones cilíndricas 60, hechas de hormigón pretensado, unidas entre sí mediante elementos de pretensión tales como cables o cabos, instalados y tensados posteriormente dentro de los conductos de dichos módulos cilíndricos (no ilustrados). Las torres híbridas para generadores eólicos de la técnica anterior comprenden normalmente extensiones hechas de metal, dichas torres híbridas incluyen dicha extensión metálica para absorber la vibración de la torre que puede entrar en resonancia y colapsar la torre. El pretensado vertical y horizontal produce una torre que tiene propiedades mecánicas como una estructura monolítica, dicha torre no puede colapsar por la vibración de la góndola y las cargas horizontales debidas al viento. Por ello, la sección cilíndrica de la torre puede hacerse preferiblemente de hormigón. Una extensión de hormigón cilíndrica proporciona una resistencia mejorada con relación a la extensión metálica.
- De acuerdo con una realización de la presente invención, las secciones cilíndricas 60 que forman la extensión se prevén teniendo dimensiones iguales. En esta forma, solo se requiere un tipo de molde cilíndrico. Como será evidente para un experto en la materia, no se usa exclusivamente un único molde físico, sino una pluralidad de moldes que tienen las mismas características. Los moldes pueden usarse para fabricar y montar varias torres en una granja de generación eólica.
- El uso de la columna de montaje en secciones es particularmente útil para aplicaciones marinas. Las ondas del mar producen un movimiento en los barcos grúa y segmentos de hormigón que dificultan el montaje de una torre de hormigón segmentada. Como es obvio para un experto en la materia, la torre anular pretensada segmentada puede usarse como una chimenea.

REIVINDICACIONES

1. Una torre de hormigón para generadores eólicos, que comprende:

- 5 a. una estructura piramidal (100) que tiene tres paredes planas segmentadas (x, y, z) y tres paredes redondeadas segmentadas (a, b, c), alternadas y unidas entre sí para formar una estructura,
b. teniendo la estructura piramidal (100) una sección transversal triangular con vértices redondeados, de modo que la torre se estrecha gradualmente y finaliza en una sección transversal circular,
10 c. teniendo la estructura piramidal (100) una pluralidad de secciones piramidales escalonadas y apiladas (101-107) montadas a partir de segmentos de hormigón planos (30) y segmentos de hormigón circulares (20),

caracterizada por que

- 15 d. la torre se pretensa, considerando que
los segmentos de hormigón planos (30) y los segmentos de hormigón circulares (20) que forman cada sección piramidal (101-107) se unen entre sí a través de cables de pretensión horizontales (75) que se proporcionan dentro de conductos horizontales (29, 39) que se embeben respectivamente dentro de los
20 segmentos de hormigón circulares y planos (20, 30); y
las secciones piramidales (101-107), se unen entre sí a través de cables de pretensión verticales (71) que se proporcionan dentro de conductos verticales (28) que se embeben dentro de los segmentos de hormigón circulares (20), y
25 e. la torre comprende adicionalmente una extensión, que tiene secciones cilíndricas (60) hechas de hormigón pretensado unidas entre sí mediante cables de pretensión que se proporcionan dentro de conductos verticales que se embeben dentro de las secciones cilíndricas (60).

2. La torre de hormigón pretensado de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que los elementos de hormigón circulares (20) tienen sustancialmente la misma forma y las mismas dimensiones.

3. La torre de hormigón pretensado de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que los segmentos de hormigón planos (30) tienen un lado inferior más ancho que un lado superior.

35 4. La torre de hormigón pretensado de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizada por que los segmentos de hormigón planos (30) comprenden nervios (37), que forman una estructura.

40 5. La torre de hormigón pretensado de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que los conductos horizontales (29) en los segmentos de hormigón planos (30) se extienden a través de la anchura de un nervado que forma una estructura.

45 6. La torre de hormigón pretensado de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que los segmentos de hormigón circulares (20) comprenden conductos verticales (28) para la unión entre sí de dichas secciones piramidales (101-107) escalonadas y apiladas con cables de pretensión (75) que se proporcionan dentro del conducto vertical (28).

7. La torre de hormigón pretensado de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por una estructura interna que puede retirarse, que tiene una columna (40) con escalones (45) para el ascenso y andamios (44).

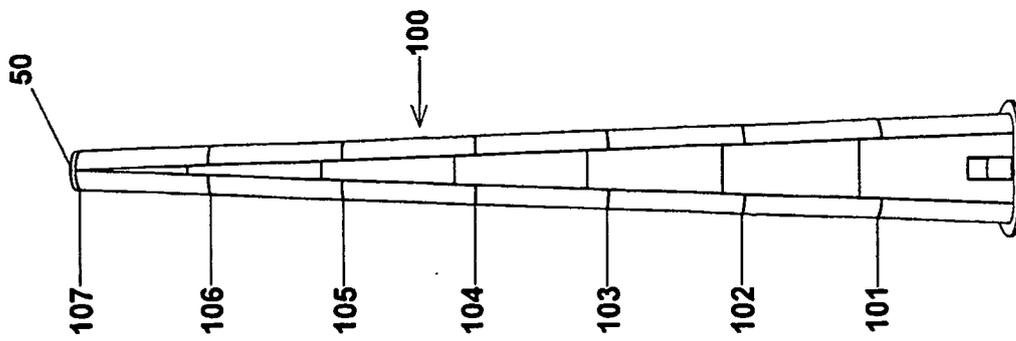


FIG. 10

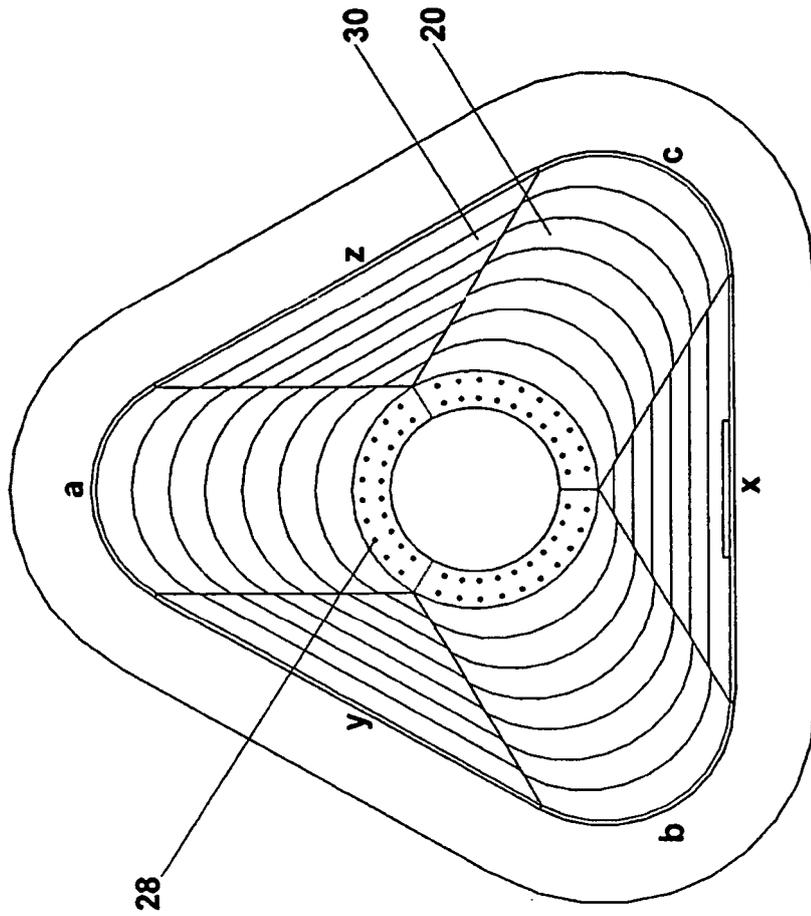


FIG. 11

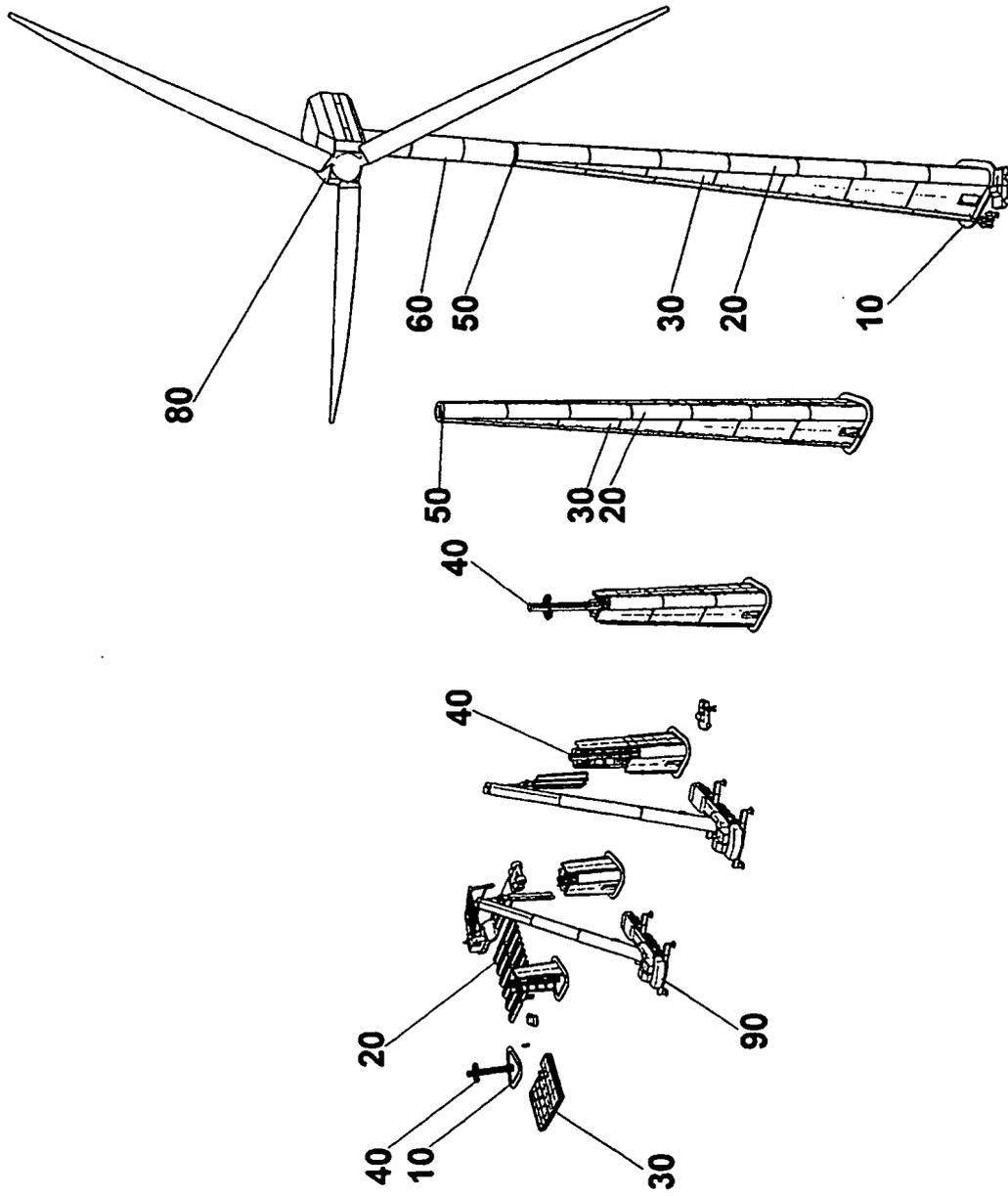


FIG. 1

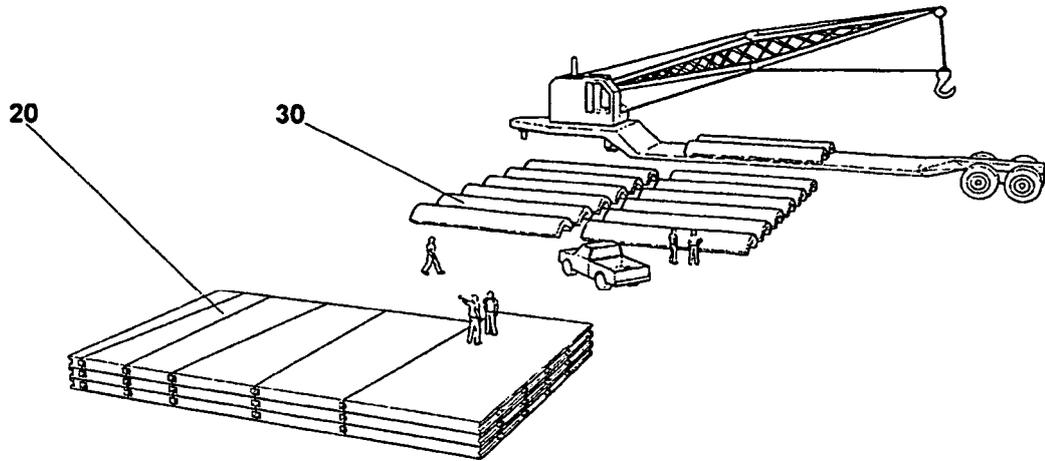


FIG. 2

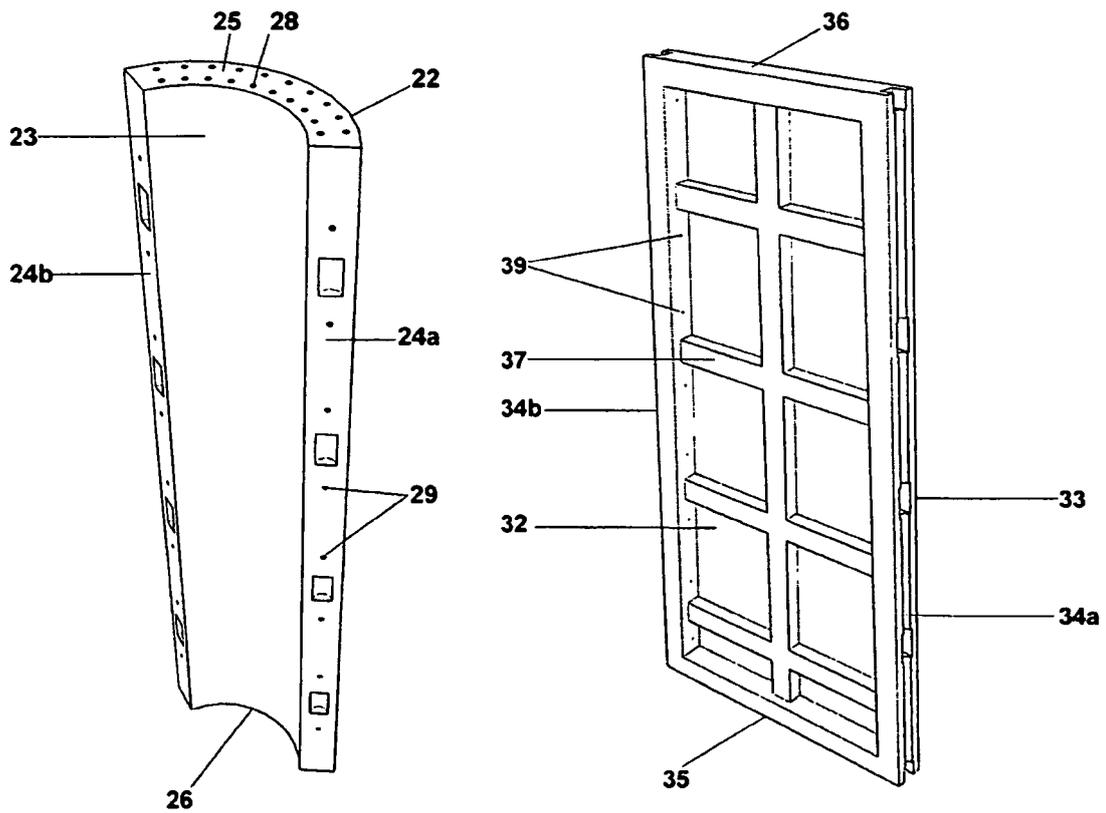


FIG. 3

FIG. 4

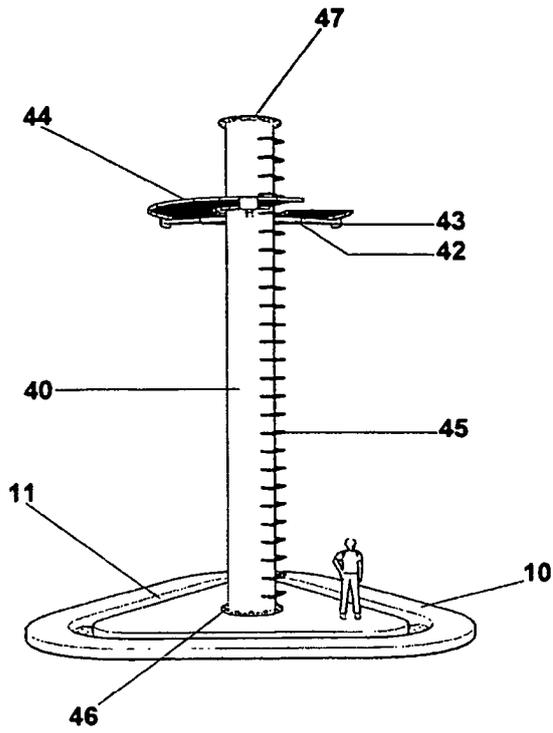


FIG. 5

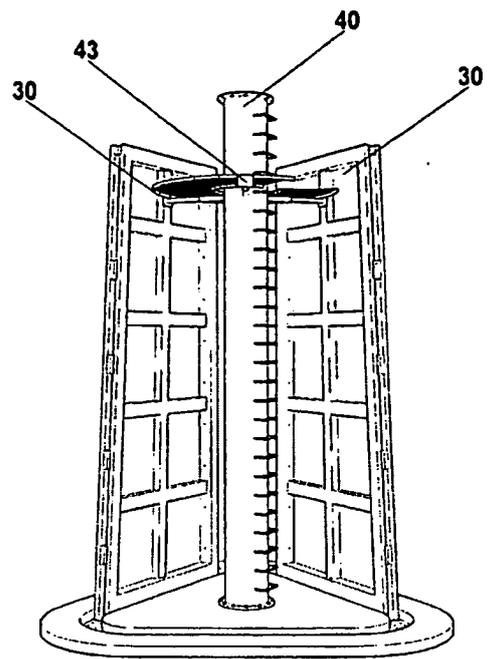


FIG. 6

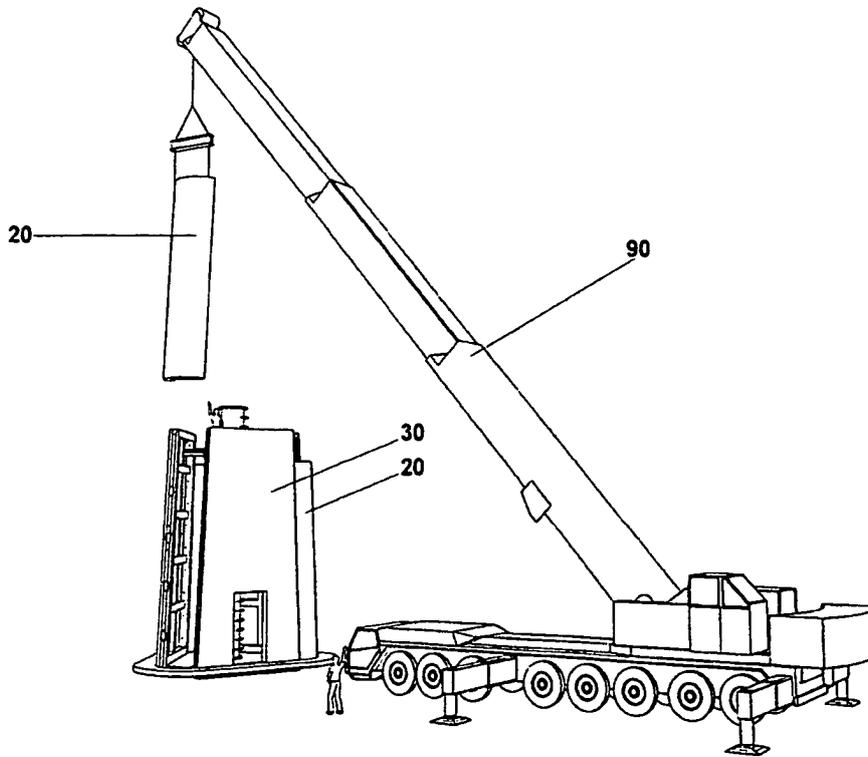


FIG. 7

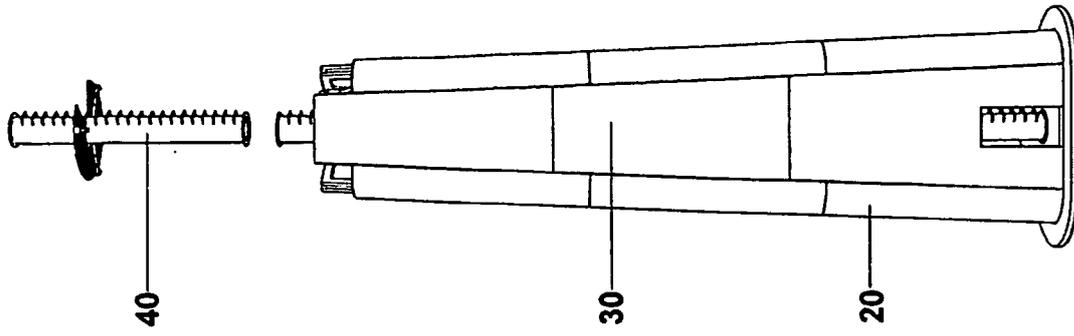


FIG. 9

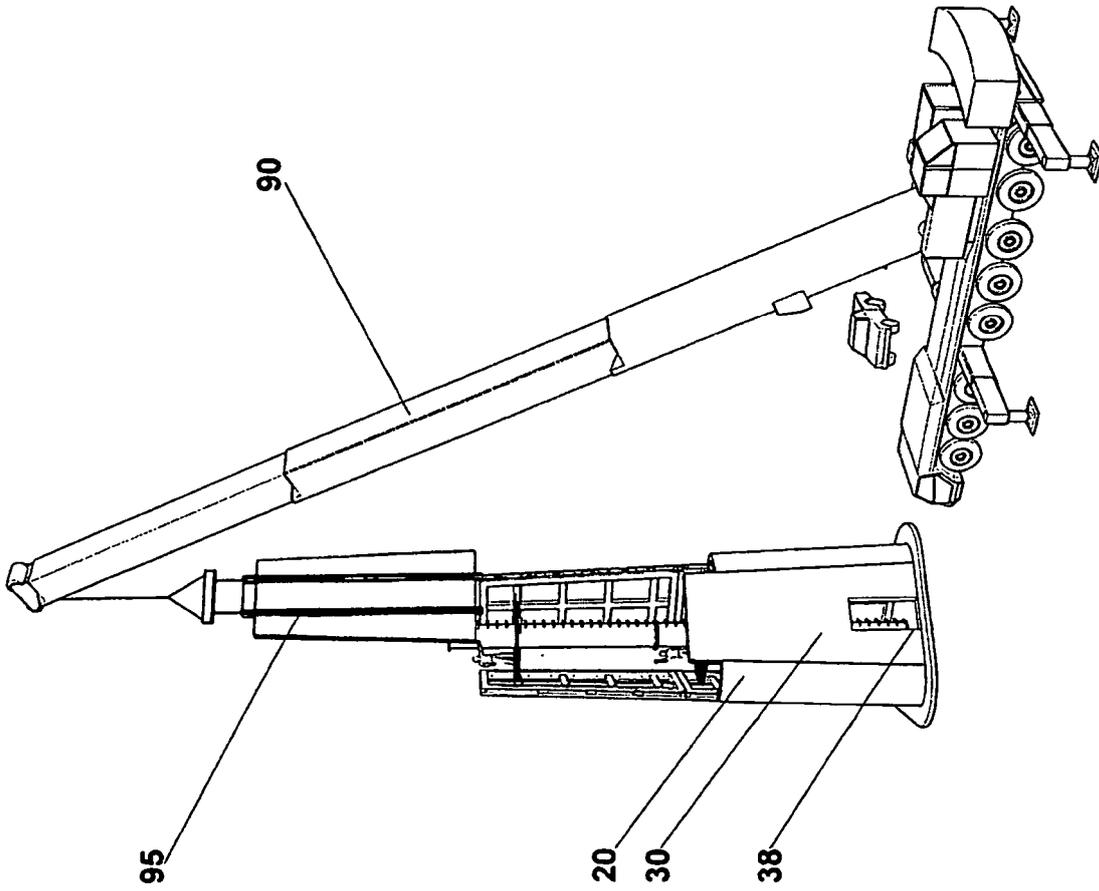


FIG. 8

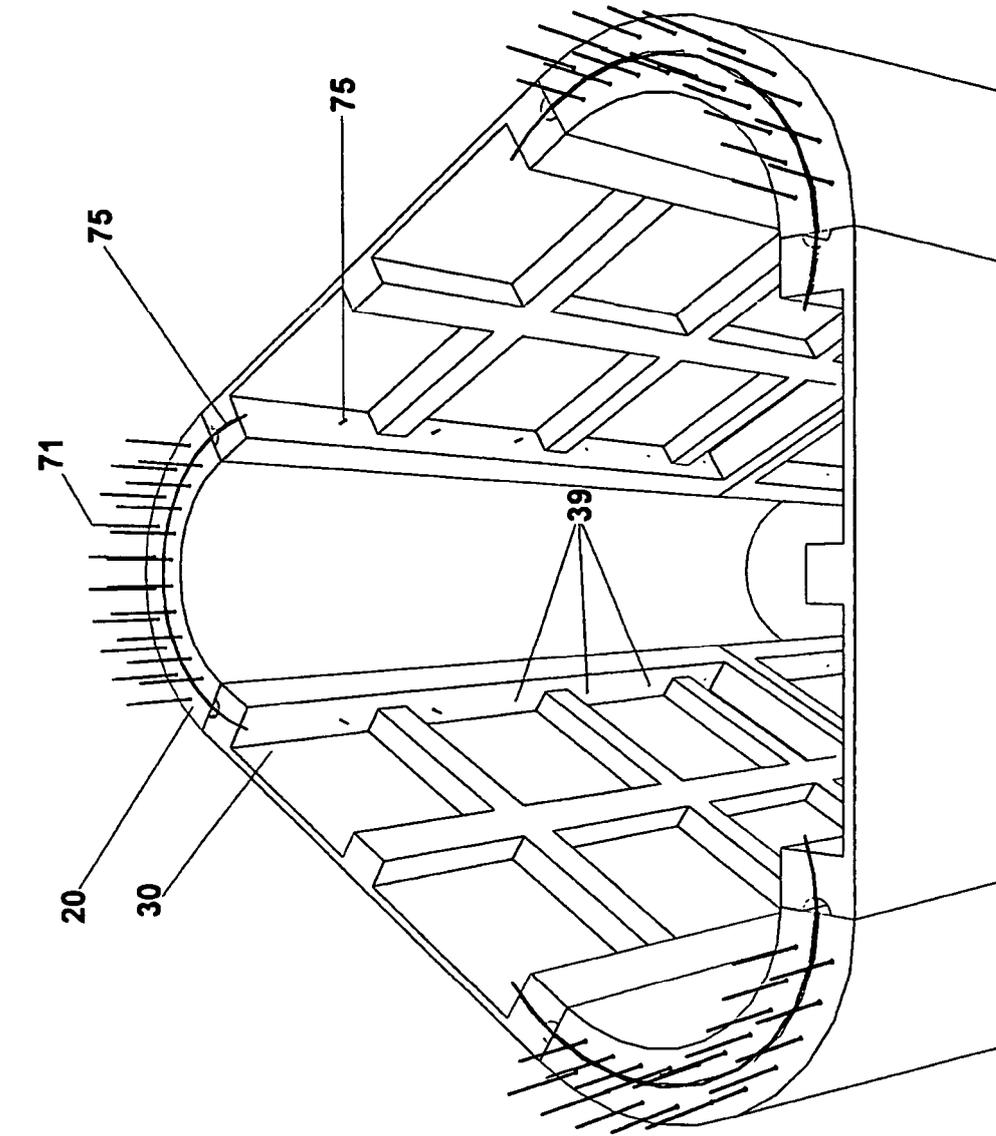


FIG. 13

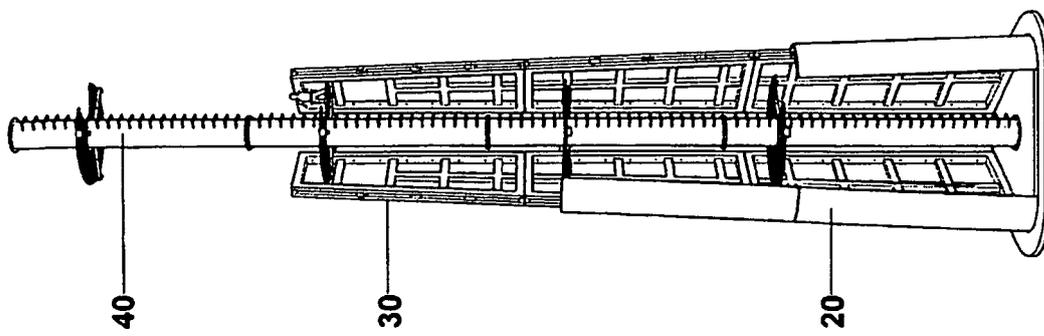


FIG. 12

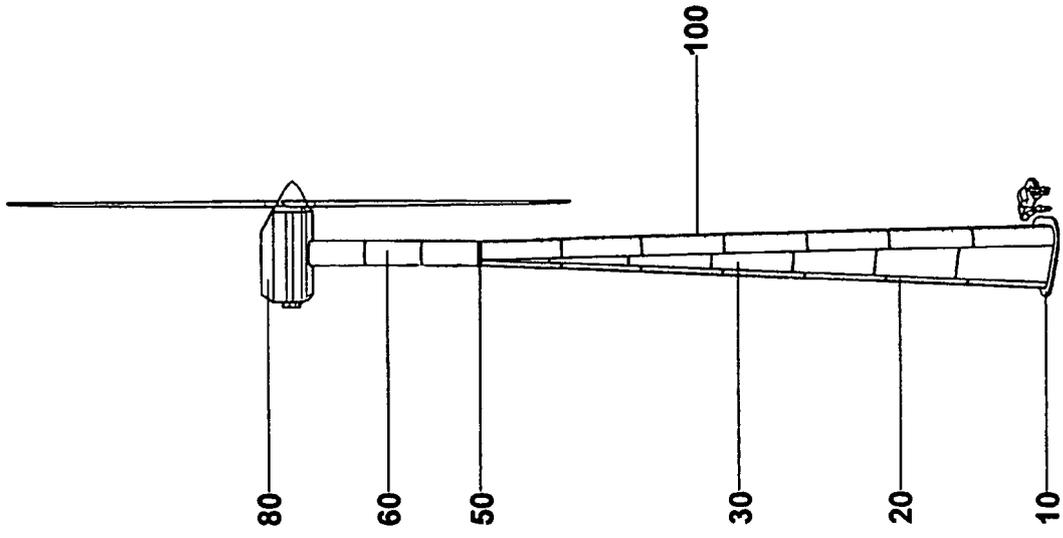


FIG. 15

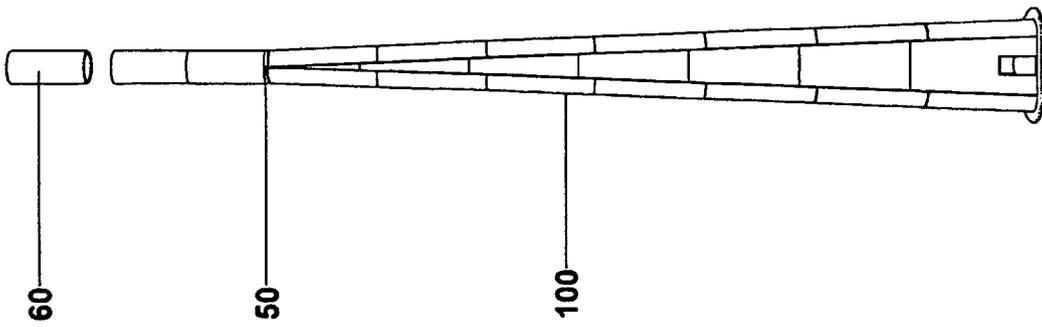


FIG. 14