

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 911 709**

51 Int. Cl.:

E04G 11/28 (2006.01)
E04H 12/34 (2006.01)
E04G 11/20 (2006.01)
E04H 12/12 (2006.01)
F03D 1/00 (2006.01)
E04H 12/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2016** **E 16382082 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.02.2022** **EP 3211154**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de torres de hormigón para aerogeneradores**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.05.2022

73 Titular/es:

NORDEX ENERGY SPAIN, S.A. (100.0%)
Poligono industrial Barasoain Parcela 2
31395 Barasoain-Navarra, ES

72 Inventor/es:

CARRILLO ALONSO, LUIS;
BIEDMA GARCÍA, MANUEL;
GARCIA MAESTRE, IVÁN;
ARLABÁN GABEIRAS, TERESA;
ARISTEGUI LANTERO, JOSE LUIS;
GARCÍA SAYÉS, JOSÉ MIGUEL y
NÚÑEZ POLO, MIGUEL

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 911 709 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

Procedimiento de fabricación de torres de hormigón para aerogeneradores

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de torres de hormigón para aerogeneradores que permite llevar a cabo un diseño de torre de hormigón fabricada in-situ mediante encofrado trepante que reduce el tiempo de ejecución de la torre.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los rotores actuales poseen un diámetro cada vez mayor para incrementar la captación de energía del viento, lo que unido a la necesidad de situarlos a una altura suficiente para reducir el efecto de la cortadura del viento, hace que la altura de las torres que los sustentan deba ser cada vez mayor. En la actualidad las torres superan los 100-120 m de altura y su construcción implica habitualmente el empleo de grandes grúas para elevación de cargas cuya disponibilidad es limitada, lo cual encarece el proyecto.

En la actualidad existen varios métodos para la construcción de torres de hormigón para aerogeneradores; por un lado están los procedimientos en los que elementos prefabricados de hormigón se unen entre sí para conformar tramos de torre que posteriormente son colocados uno sobre otro para constituir la torre del aerogenerador y, por otro, aquellos en los que se construye in-situ a partir de un encofrado con la geometría de cada sección de la torre que se rellena de hormigón y acero y va trepando según cura para dotar a la torre de la altura requerida.

Cada procedimiento posee ciertas ventajas con respecto al otro. Por ejemplo, utilizar elementos prefabricados de hormigón acorta el tiempo de montaje de la torre con respecto a construir la torre completamente in-situ, pero exige disponer en el emplazamiento del parque eólico de grúas de gran capacidad para elevación de cargas durante un mayor periodo de tiempo.

Por otro lado, en cuanto a la geometría de la torre, habitualmente se prefiere que disponga de una sección decreciente con la altura, siendo con frecuencia troncocónicas. Esto implica, modificar la geometría de los encofrados internos y externos con una alta frecuencia cuando el procedimiento de construcción es in-situ mediante encofrados trepantes, incrementando el número de operaciones a realizar y ralentizando el ritmo de construcción.

El documento EP1227204A1 divulga un procedimiento de fabricación de torres de hormigón de acuerdo al preámbulo de la reivindicación 1 y el documento DE102011053017A1 divulga una torre de hormigón para aerogenerador que comprende al menos dos tramos de diámetro exterior no constante, un primer tramo y un segundo tramo, donde el segundo tramo está a una altura superior al primer tramo.

Todos estos inconvenientes quedan solventados con la invención que se describe a continuación.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de acuerdo a la reivindicación 1, de torres de hormigón para aerogeneradores y a una torre de hormigón para aerogenerador formada por un reducido número de tramos cilíndricos diferentes que permite lograr un compromiso entre la rapidez de construcción de la torre y la sobreutilización de materiales.

Puesto que la construcción de cada tramo cilíndrico diferente puede requerir de una maniobra de cambio de sistema de encofrado, cuanto menor número de tramos cilíndricos diferentes posea la torre, más rápida será su ejecución pero mayor será el gasto en materiales. Mientras, a mayor número de tramos, el procedimiento implicaría un mayor tiempo de construcción aunque se optimizaría el consumo de materiales. La torre de la presente invención logra dicho compromiso de manera que el tiempo y recursos de montaje así como el empleo de materiales se optimizan a nivel global.

El aumento en el tiempo de construcción que implicaría ejecutar una torre troncocónica in-situ es tan importante debido al número de cambios de encofrados que el incremento en el consumo de materiales que supone implementar una torre de tramos cilíndricos mediante el procedimiento de la presente invención se ve compensado.

Así, el procedimiento propuesto consiste en fabricar in-situ la torre de hormigón empleando un primer sistema de encofrado trepante para la conformación de secciones cilíndricas, donde se minimiza o incluso se elimina el número de operaciones de cambio de sistema de encofrado, ya que la variación máxima de diámetro entre el diámetro mayor

de un primer tramo cilíndrico de torre de hormigón y el diámetro menor de un segundo tramo cilíndrico de hormigón que se describirán a continuación, se acota de manera que no es necesario utilizar un segundo sistema de encofrado trepante.

5 De esta manera se reduce el tiempo de empleo de grúas de gran capacidad para la construcción de parques eólicos, proponiendo un diseño específico de torre de hormigón fabricada in-situ mediante un sistema de encofrado trepante y un procedimiento asociado, que reducen el tiempo de ejecución de la torre con respecto a otras soluciones de fabricación in-situ.

10 La invención se define por las reivindicaciones. El procedimiento de fabricación de torres de hormigón para aerogeneradores de acuerdo a la reivindicación 1 comprende:

- una etapa de ejecución de un primer tramo de una torre de hormigón mediante un sistema de encofrado;
- una etapa de ejecución de un segundo tramo de la torre de hormigón mediante el sistema de encofrado, donde la etapa de ejecución del segundo tramo se lleva a cabo a una altura superior a la etapa de ejecución del primer tramo;
- una etapa de construcción de un tramo de transición intermedio antes de la etapa de ejecución del segundo tramo de la torre de hormigón;

20 donde la etapa de ejecución del primer tramo es una etapa de ejecución de un primer tramo cilíndrico con diámetro exterior constante y la etapa de ejecución del segundo tramo es una etapa de ejecución de un segundo tramo cilíndrico con diámetro exterior constante, donde el diámetro exterior del segundo tramo cilíndrico es menor que un diámetro exterior del primer tramo cilíndrico;

el primer (1) y el segundo tramo cilíndrico (2) son ejecutados in situ por medio de un primer sistema de encofrado trepante (4), de manera que no es necesario usar un segundo sistema de encofrado trepante;

25 después de la etapa de construcción del tramo de transición intermedio (3) y previamente a la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico (2), una etapa de adaptación de un encofrado exterior del primer sistema de encofrado trepante (4) al diámetro exterior del segundo tramo cilíndrico (2).

30 Opcionalmente, la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico de torre de hormigón se lleva a cabo de manera que un diámetro interior del segundo tramo cilíndrico es menor que un diámetro interior del primer tramo cilíndrico.

Opcionalmente, la etapa de ejecución del primer tramo cilíndrico y/o la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico comprenden una subetapa de modificación de un encofrado interior del primer sistema de encofrado trepante y/o del segundo sistema de encofrado trepante respectivamente, preferentemente de manera que el espesor del primer tramo cilíndrico y/o el segundo tramo cilíndrico son decrecientes en altura, reduciendo el peso de la torre.

35 Las etapas de construcción del tramo de transición intermedio y de ejecución del segundo tramo cilíndrico de torre de hormigón se repiten hasta que el segundo tramo cilíndrico es un tramo superior cilíndrico de torre de hormigón.

40 Después de la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico de torre de hormigón, donde dicho segundo tramo cilíndrico es el tramo superior cilíndrico de torre de hormigón, el procedimiento de fabricación de torres de hormigón comprende una etapa de construcción de un tramo de coronación de torre de hormigón, preferentemente sobre el tramo superior cilíndrico de torre de hormigón, lo que permite que el tramo de coronación de torre de hormigón y el tramo superior cilíndrico de torre de hormigón sean ejecutados de manera continua, sin juntas horizontales ni verticales.

45 Opcionalmente, el procedimiento de fabricación comprende una etapa de montaje del primer sistema de encofrado trepante sobre un tramo de torre de hormigón fabricado previamente a la etapa de ejecución del primer tramo cilíndrico de torre de hormigón.

50 La etapa de construcción del tramo de transición intermedio se puede llevar a cabo sobre el primer tramo cilíndrico, preferentemente mediante una etapa de adaptación del primer sistema de encofrado trepante, para la construcción in-situ del tramo de transición intermedio, lo que permite que el tramo de transición intermedio y el primer tramo cilíndrico sean ejecutados de manera continua, sin juntas horizontales ni verticales.

55 Opcionalmente, el procedimiento de fabricación comprende, después de la etapa de construcción del tramo de transición intermedio y previamente a la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico, una etapa de adaptación de un encofrado exterior del primer sistema de encofrado trepante al diámetro exterior del segundo tramo cilíndrico. De esta manera, es posible adaptar el primer sistema de encofrado trepante a la geometría del segundo tramo cilíndrico sin tener que sustituirlo por un segundo sistema de encofrado lo cual incrementa el tiempo de montaje total de la torre.

60 Preferentemente, la etapa de ejecución del primer tramo cilíndrico y/o la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico comprenden las siguientes subetapas:

- una subetapa de elevación de una armadura;
- una subetapa de fijación de la armadura al tramo cilíndrico previamente fabricado;
- una subetapa de cierre del primer sistema de encofrado trepante;
- una subetapa de vertido del hormigón en el interior del primer sistema de encofrado trepante;
- una subetapa de apertura del primer sistema de encofrado trepante;
- una subetapa de trepado del primer sistema de encofrado trepante;

donde dichas subetapas se repiten hasta que se ha ejecutado la totalidad del primer tramo cilíndrico y/o la totalidad del segundo tramo cilíndrico respectivamente.

Así constituidos, tanto el primer tramo cilíndrico como el segundo tramo cilíndrico son ejecutados de manera continua, sin juntas horizontales ni verticales.

Se divulga también una torre de hormigón para aerogenerador que comprende al menos dos tramos de diámetro exterior constante, un primer tramo cilíndrico y un segundo tramo cilíndrico, donde el segundo tramo cilíndrico es superior al primer tramo cilíndrico y donde un diámetro exterior del segundo tramo cilíndrico es menor que un diámetro exterior del primer tramo cilíndrico, donde el primer tramo cilíndrico y el segundo tramo cilíndrico están ambos previstos para ser ejecutados in-situ mediante un primer sistema de encofrado trepante.

Opcionalmente, la torre de hormigón comprende además un tramo de transición intermedio dispuesto entre el primer tramo cilíndrico y el segundo tramo cilíndrico, donde preferentemente dicho tramo de transición intermedio es un tramo previsto para ser ejecutado in-situ o un elemento prefabricado de hormigón.

Opcionalmente, la torre de hormigón comprende además un tramo de coronación dispuesto sobre el segundo tramo cilíndrico o sobre un tramo superior cilíndrico, donde preferentemente dicho tramo de coronación es un tramo previsto para ser ejecutado in-situ o un elemento prefabricado de hormigón.

Opcionalmente, la torre de hormigón comprende además un tramo inferior de torre de hormigón que es inferior al primer tramo cilíndrico, donde dicho tramo inferior de torre de hormigón presenta un diámetro exterior mayor que el diámetro exterior del primer tramo cilíndrico y donde el primer tramo cilíndrico es ejecutable sobre el tramo inferior de torre de hormigón.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 muestra un esquema de las diferentes etapas del procedimiento de fabricación de torres de hormigón para aerogeneradores de la presente invención, donde la torre de hormigón así fabricada comprende un primer tramo cilíndrico y un segundo tramo cilíndrico.

La Figura 2 muestra un esquema de la etapa de construcción del tramo de transición intermedio sobre el primer tramo cilíndrico, modificando el primer sistema de encofrado trepante, de manera que la construcción del tramo de transición intermedio se lleva a cabo in-situ.

La Figura 3 muestra un esquema de la etapa de construcción del tramo de coronación de torre, instalando un sistema de encofrado superior, de manera que la construcción del tramo de transición intermedio se lleva a cabo in-situ.

La Figura 4 muestra un esquema de una realización del primer tramo cilíndrico o del segundo tramo cilíndrico de la torre de la presente invención.

La Figura 5 muestra un ejemplo de realización de torre de hormigón de la presente invención, donde la torre de hormigón comprende un primer tramo cilíndrico y dos segundos tramos cilíndricos.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

A continuación se procederá a describir de manera detallada el procedimiento de fabricación de torres de hormigón para aerogeneradores de la presente invención.

El procedimiento de fabricación de torres de hormigón para aerogeneradores comprende:

- una etapa de ejecución de un primer tramo cilíndrico (1) de torre de hormigón mediante un primer sistema de encofrado trepante (4); y
- una etapa de ejecución de un segundo tramo cilíndrico (2) de torre de hormigón mediante el primer sistema de encofrado trepante (4) de manera que un diámetro exterior del segundo tramo cilíndrico (2) es menor que

un diámetro exterior del primer tramo cilíndrico (1), donde la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico (2) se lleva a cabo a una altura superior a la etapa de ejecución del primer tramo cilíndrico (1).

De acuerdo a la invención, el procedimiento de fabricación comprende además una etapa de construcción de un tramo de transición intermedio (3) antes de la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico (2) de torre de hormigón, donde las etapas de construcción del tramo de transición intermedio (3) y de ejecución del segundo tramo cilíndrico (2) de torre de hormigón se repiten hasta que el segundo tramo cilíndrico (2) es un tramo superior cilíndrico de torre de hormigón. Después se llevará a cabo la construcción de un tramo de coronación (7) de torre de hormigón como se explicará más adelante.

El procedimiento de fabricación comprende una etapa de montaje del primer sistema de encofrado trepante (4) sobre un tramo inferior (10) de torre de hormigón fabricado previamente a la etapa de ejecución del primer tramo cilíndrico (1) de torre de hormigón, donde preferentemente, el tramo inferior (10) de torre de hormigón se fabrica in-situ sobre una cimentación (11) de la torre de hormigón.

En un primer ejemplo de realización, la etapa de construcción del tramo de transición intermedio (3) se lleva a cabo sobre el primer tramo cilíndrico (1). De esta manera, el tramo de transición intermedio (3) y el primer tramo cilíndrico (1) son ejecutados de manera continua, sin juntas horizontales ni verticales. Esta etapa de construcción del tramo de transición intermedio (3) sobre el primer tramo cilíndrico (1) se puede llevar a cabo de dos maneras:

- Llevando a cabo, previamente a la etapa de construcción del tramo de transición intermedio (3) sobre el primer tramo cilíndrico (1), una etapa de adaptación del primer sistema de encofrado trepante (4), para la construcción in-situ del tramo de transición intermedio (3), tal y como se muestra en la Figura 2, donde la etapa de adaptación del primer sistema de encofrado trepante (4) se puede llevar a cabo:
 - o modificando un encofrado interior del primer sistema de encofrado trepante (4), donde preferentemente, el encofrado interior comprende al menos un tramo inclinado, de manera que se genera una superficie interior (31) sin escalones;
 - o modificando un encofrado exterior del primer sistema de encofrado trepante (4) o del segundo sistema de encofrado trepante (5), donde preferentemente, el encofrado exterior comprende al menos un tramo inclinado, de manera que se genera una superficie exterior (32) sin escalones, de manera que la superficie exterior de la torre es altamente aerodinámica;
 - o modificando un encofrado interior y un encofrado exterior del primer sistema de encofrado trepante (4) o del segundo sistema de encofrado trepante (5), donde preferentemente, el encofrado interior y el encofrado exterior comprenden al menos un tramo inclinado, de manera que se genera una superficie interior (31) sin escalones, y una superficie exterior (32) sin escalones, de manera que la superficie exterior de la torre es altamente aerodinámica.
- Llevando a cabo, previamente a la etapa de construcción del tramo de transición intermedio (3) sobre el primer tramo cilíndrico (1), una etapa de montaje de un primer sistema de encofrado no trepante para la construcción in-situ del tramo de transición intermedio (3). En este caso, el procedimiento de fabricación comprende, después de la etapa de construcción del tramo de transición intermedio (3) sobre el primer tramo cilíndrico (1), una etapa de desmontaje del primer sistema de encofrado no trepante.

En un segundo ejemplo de realización, la etapa de construcción del tramo de transición intermedio (3) comprende una etapa de fabricación del tramo de transición intermedio (3) en una zona próxima a una base de la torre de hormigón y una etapa de instalación del tramo de transición intermedio (3) fabricado en una zona próxima a una base de la torre de hormigón, sobre el primer tramo cilíndrico (1), preferentemente mediante el empleo de una grúa (6) acoplada al primer sistema de encofrado trepante (4). De esta manera, se evita modificar el primer sistema de encofrado trepante (4) y se elimina el tiempo de fraguado del hormigón al estar el elemento de transición intermedio (3) ya prefabricado una vez que se instala sobre el primer tramo cilíndrico (1).

El procedimiento de fabricación de torres de hormigón para aerogeneradores comprende, después de la etapa de construcción del tramo de transición intermedio (3) y previamente a la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico (2), una etapa de adaptación de un encofrado exterior del primer sistema de encofrado trepante (4) al diámetro exterior del segundo tramo cilíndrico (2) y preferentemente además, una etapa de adaptación de un encofrado interior del primer sistema de encofrado trepante (4) a un diámetro interior del segundo tramo cilíndrico (2).

En un primer ejemplo de realización, la etapa de construcción del tramo de coronación (7) de torre de hormigón llevada a cabo después de la etapa de ejecución del tramo superior de torre de hormigón se lleva a cabo sobre el tramo superior cilíndrico de torre de hormigón. De esta manera, el tramo superior cilíndrico y el tramo de coronación (7) son ejecutados de manera continua, sin juntas horizontales ni verticales. Esta etapa de construcción del tramo de coronación (7) sobre el tramo superior cilíndrico se puede llevar a cabo:

- Llevando a cabo, previamente a la etapa de construcción del tramo de coronación (7) sobre el tramo superior cilíndrico, una etapa de montaje de un segundo sistema de encofrado no trepante para la construcción in-situ del tramo de coronación (7), donde el segundo encofrado no trepante comprende un encofrado interior y un

encofrado exterior, donde preferentemente, el encofrado interior y el encofrado exterior comprenden al menos un tramo inclinado, de manera que se generan una superficie interior (41) y una superficie exterior (42) que permiten la conexión de un carrete del aerogenerador a la torre.

En un segundo ejemplo de realización, la etapa de construcción del tramo de coronación (7) de torre de hormigón comprende una etapa de fabricación del tramo de coronación (7) en una zona próxima a una base de la torre de hormigón. Preferentemente, esta etapa de construcción del tramo de coronación (7) comprende una etapa de instalación del tramo de coronación (7) fabricado en una zona próxima a una base de la torre de hormigón, sobre el tramo superior cilíndrico, preferentemente mediante el empleo de una grúa (6) acoplada al primer sistema de encofrado trepante (4). De esta manera, se elimina el tiempo de fraguado del hormigón al estar el tramo de coronación (7) ya prefabricado una vez que se instala sobre el tramo superior cilíndrico.

La etapa de ejecución del primer tramo cilíndrico (1) y/o la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico (2) comprenden las siguientes subetapas:

- una subetapa de elevación de una armadura;
- una subetapa de fijación de la armadura al tramo cilíndrico (1, 2) previamente fabricado;
- una subetapa de cierre del primer sistema de encofrado trepante (4);
- una subetapa de vertido del hormigón en el interior del primer sistema de encofrado trepante (4);
- una subetapa de apertura del primer sistema de encofrado trepante (4);
- una subetapa de trepado del primer sistema de encofrado trepante (4);

donde dichas subetapas se repiten hasta que se ha ejecutado la totalidad del primer tramo cilíndrico (1) y/o la totalidad del segundo tramo cilíndrico (2) respectivamente.

Preferentemente, la etapa de ejecución del primer tramo cilíndrico (1) y/o la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico (2) comprenden una subetapa de modificación del encofrado interior del primer sistema de encofrado trepante (4), de manera que el primer tramo cilíndrico (1) y/o el segundo tramo cilíndrico (2) comprenden al menos un primer subtramo con un primer diámetro interior (51) y un segundo subtramo con un segundo diámetro interior (52), donde el primer diámetro interior (51) del primer subtramo es menor que el segundo diámetro interior (52) del segundo subtramo, tal y como se observa en la Figura 4, de manera que el espesor del primer tramo cilíndrico (1) y/o el segundo tramo cilíndrico (2) se reduce a tramos en altura, reduciendo así el peso de la torre.

El primer sistema de encofrado trepante (4) y/o el segundo sistema de encofrado trepante (5) comprenden un conjunto de gatos hidráulicos cada uno de los cuales posee dos cabezales trepadores, un cabezal trepador superior dispuesto en una parte móvil del gato hidráulico y un cabezal trepador inferior dispuesto en una parte fija del gato hidráulico.

Cada cabezal trepador comprende un sistema de bulones que le permite fijarse de manera temporal a un mástil que se dispone verticalmente sobre la superficie de la torre a modo de guía o a la propia torre, donde el cabezal trepador superior de cada gato hidráulico es además, solidario a una plataforma principal del primer sistema de encofrado o del segundo sistema de encofrado.

El desplazamiento vertical del primer sistema de encofrado o del segundo sistema de encofrado se consigue mediante el accionamiento del gato hidráulico combinado con la apertura y/o cierre de los cabezales trepadores.

A continuación, se procederá a describir de manera detallada la torre de hormigón para aerogeneradores.

La torre de hormigón comprende al menos dos tramos de diámetro exterior constante, un primer tramo cilíndrico (1) y un segundo tramo cilíndrico (2), donde el segundo tramo cilíndrico (2) es superior al primer tramo cilíndrico (1) y donde un diámetro exterior del segundo tramo cilíndrico (2) es menor que un diámetro exterior del primer tramo cilíndrico (1).

El primer tramo cilíndrico (1) y el segundo tramo cilíndrico (2) están ambos previstos para ser ejecutados in-situ mediante un primer sistema de encofrado trepante (4).

Preferentemente, la torre de hormigón comprende además un tramo de transición intermedio (3) dispuesto entre el primer tramo cilíndrico (1) y el segundo tramo cilíndrico (2). En un primer ejemplo de realización, el tramo de transición intermedio (3) es un tramo que está previsto para ser ejecutado in-situ, mientras que en un segundo ejemplo de realización, el tramo de transición intermedio (3) es un elemento prefabricado de hormigón formado por una sola pieza o bien formado por varios módulos. Preferentemente, el elemento prefabricado de hormigón está previsto para ser fabricado en una zona próxima a una base de la torre de hormigón.

El tramo de transición intermedio (3) comprende una superficie interior con al menos un tramo con geometría troncocónica (31), preferentemente con una parte superior y una parte inferior, donde el tramo con geometría

truncocónica presenta, en la parte inferior, un diámetro mayor que es mayor o igual a un diámetro interior del primer tramo cilíndrico (1), y en la parte superior un diámetro menor que es menor o igual a un diámetro interno del segundo tramo cilíndrico (2). Preferentemente, el tramo de transición (3) comprende una superficie exterior con geometría cilíndrica (32) o truncocónica. En el caso de que el tramo de transición (3) comprenda una superficie exterior con geometría truncocónica, dicha superficie exterior comprende una parte superior y una parte inferior, donde la superficie exterior con geometría truncocónica del tramo de transición (3) presenta en la parte inferior un diámetro mayor que es igual a un diámetro exterior del primer tramo cilíndrico (1), y en la parte superior un diámetro menor que es mayor o igual a un diámetro exterior del segundo tramo cilíndrico (2).

El primer tramo cilíndrico (1) y/o el segundo tramo cilíndrico (2) comprenden al menos un primer subtramo (51) con un primer diámetro interior y un segundo subtramo (52) con un segundo diámetro interior, donde el segundo subtramo (52) es superior al primer subtramo (51) y donde el primer diámetro interior del primer subtramo (51) es menor que el segundo diámetro interior del segundo subtramo (52), tal y como se observa en la Figura 4, de manera que el espesor del primer tramo cilíndrico (1) y/o el segundo tramo cilíndrico (2) son decrecientes en altura.

La torre de hormigón comprende además un tramo de coronación (7) dispuesto sobre el segundo tramo cilíndrico (2) o sobre un tramo superior cilíndrico, donde preferentemente el tramo de coronación (7) es un tramo que está previsto para ser ejecutado in-situ, o un elemento prefabricado de hormigón formado por una sola pieza o bien formado por varios módulos. Preferentemente, el elemento prefabricado de hormigón está previsto para ser fabricado en la zona próxima a la base de la torre de hormigón.

La torre de hormigón comprende además un tramo inferior (10) que es inferior al primer tramo cilíndrico (1) donde dicho tramo inferior (10) de torre de hormigón presenta un diámetro exterior mayor que el diámetro exterior del primer tramo cilíndrico (1) y donde el primer tramo cilíndrico (1) está previsto para ser ejecutado sobre el tramo inferior (10) de torre de hormigón. Este tramo inferior (10) puede ser cilíndrico o truncocónico y se ejecuta in-situ de manera preferente mediante unos encofrados no trepantes.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de fabricación de torres de hormigón para aerogeneradores que comprende:

- una etapa de ejecución de un primer tramo (1) de una torre de hormigón mediante un sistema de encofrado (4);
- una etapa de ejecución de un segundo tramo (2) de la torre de hormigón mediante el sistema de encofrado (4), donde la etapa de ejecución del segundo tramo (2) se lleva a cabo a una altura superior a la etapa de ejecución del primer tramo (1);
- una etapa de construcción de un tramo de transición intermedio (3) antes de la etapa de ejecución del segundo tramo (2) de la torre de hormigón;

donde la etapa de ejecución del primer tramo es una etapa de ejecución de un primer tramo cilíndrico (1) con diámetro exterior constante y la etapa de ejecución del segundo tramo es una etapa de ejecución de un segundo tramo cilíndrico (2) con diámetro exterior constante, donde el diámetro exterior del segundo tramo cilíndrico (2) es menor que un diámetro exterior del primer tramo cilíndrico (1);

el primer (1) y el segundo tramo cilíndrico (2) son ambos ejecutados in situ por medio de un primer sistema de encofrado trepante (4), de manera que no es necesario usar un segundo sistema de encofrado trepante; el procedimiento comprende, además, después de la etapa de construcción del tramo de transición intermedio (3) y previamente a la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico (2), una etapa de adaptación de un encofrado exterior del primer sistema de encofrado trepante (4) al diámetro exterior del segundo tramo cilíndrico (2).

2.- Procedimiento de fabricación según reivindicación 1 donde las etapas de construcción del tramo de transición intermedio (3) y la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico (2) de la torre de hormigón se repiten hasta que el segundo tramo cilíndrico (2) es un tramo superior cilíndrico de la torre de hormigón.

3.- Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende:

- una etapa de montaje del primer sistema de encofrado trepante (4) sobre un tramo inferior (10) de la torre de hormigón fabricado previamente a la etapa de ejecución del primer tramo cilíndrico (1) de la torre de hormigón.

4.- Procedimiento de fabricación según reivindicación 3 donde el tramo inferior (10) de la torre de hormigón se fabrica in-situ sobre una cimentación (11) de la torre de hormigón.

5.- Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la etapa de construcción del tramo de transición intermedio (3) se lleva a cabo sobre el primer tramo cilíndrico (1).

6.- Procedimiento de fabricación según reivindicación 5 que comprende, previamente a la etapa de construcción del tramo de transición intermedio (3) sobre el primer tramo cilíndrico (1), una etapa de adaptación del primer sistema de encofrado trepante (4), para la construcción in-situ del tramo de transición intermedio (3).

7.- Procedimiento de fabricación según reivindicación 5 que comprende, previamente a la etapa de construcción del tramo de transición intermedio (3) sobre el primer tramo cilíndrico (1), una etapa de montaje de un primer sistema de encofrado no trepante para la construcción in-situ del tramo de transición intermedio (3).

8.- Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 donde la etapa de construcción del tramo de transición intermedio (3) comprende una etapa de fabricación en una zona próxima a una base de la torre de hormigón del tramo de transición intermedio (3) y una etapa de instalación del tramo de transición intermedio (3) sobre el primer tramo cilíndrico (1).

9.- Procedimiento de fabricación según reivindicación 8 que comprende, después de la etapa de construcción del tramo de transición intermedio (3) y previamente a la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico (2), una etapa de adaptación de un encofrado interior del primer sistema de encofrado trepante (4) a un diámetro interior del segundo tramo cilíndrico (2).

10.- Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico (2) se lleva a cabo de manera que un diámetro interior del segundo tramo cilíndrico (2) es menor que un diámetro interior del primer tramo cilíndrico (1).

11.- Procedimiento de fabricación según reivindicación 2 que comprende una etapa de construcción de un tramo de coronación (7) después de la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico (2), donde dicho segundo tramo cilíndrico (2) es el tramo superior cilíndrico de la torre de hormigón.

12.- Procedimiento de fabricación según reivindicación 11 donde la etapa de construcción del tramo de coronación (7) se lleva a cabo sobre el tramo superior cilíndrico de la torre de hormigón.

13.- Procedimiento de fabricación según reivindicación 12 que comprende, previamente a la etapa de construcción del tramo de coronación (7) sobre el tramo superior cilíndrico, una etapa de montaje de un segundo sistema de encofrado no trepante para la construcción in-situ del tramo de coronación (7).

14.- Procedimiento de fabricación según reivindicación 11 donde la etapa de construcción del tramo de coronación (7) comprende una etapa de fabricación en una zona próxima a una base de la torre de hormigón del tramo de coronación (7) y una etapa de instalación del tramo de coronación sobre el tramo superior cilíndrico.

15.- Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la etapa de ejecución del primer tramo cilíndrico (1) y/o la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico (2) comprenden las siguientes subetapas:

- una subetapa de elevación de una armadura;
- una subetapa de fijación de la armadura al tramo cilíndrico (1, 2) previamente fabricado;
- una subetapa de cierre del primer sistema de encofrado trepante (4);
- una subetapa de vertido del hormigón en el interior del primer sistema de encofrado trepante (4);
- una subetapa de apertura del primer sistema de encofrado trepante (4);
- una subetapa de trepado del primer sistema de encofrado trepante (4);

donde dichas subetapas se repiten hasta que se ha ejecutado la totalidad del primer tramo cilíndrico (1) y/o la totalidad del segundo tramo cilíndrico (2) respectivamente.

16.- Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la etapa de ejecución del primer tramo cilíndrico (1) y/o la etapa de ejecución del segundo tramo cilíndrico (2) comprenden una subetapa de modificación de un encofrado interior del primer sistema de encofrado trepante (4).

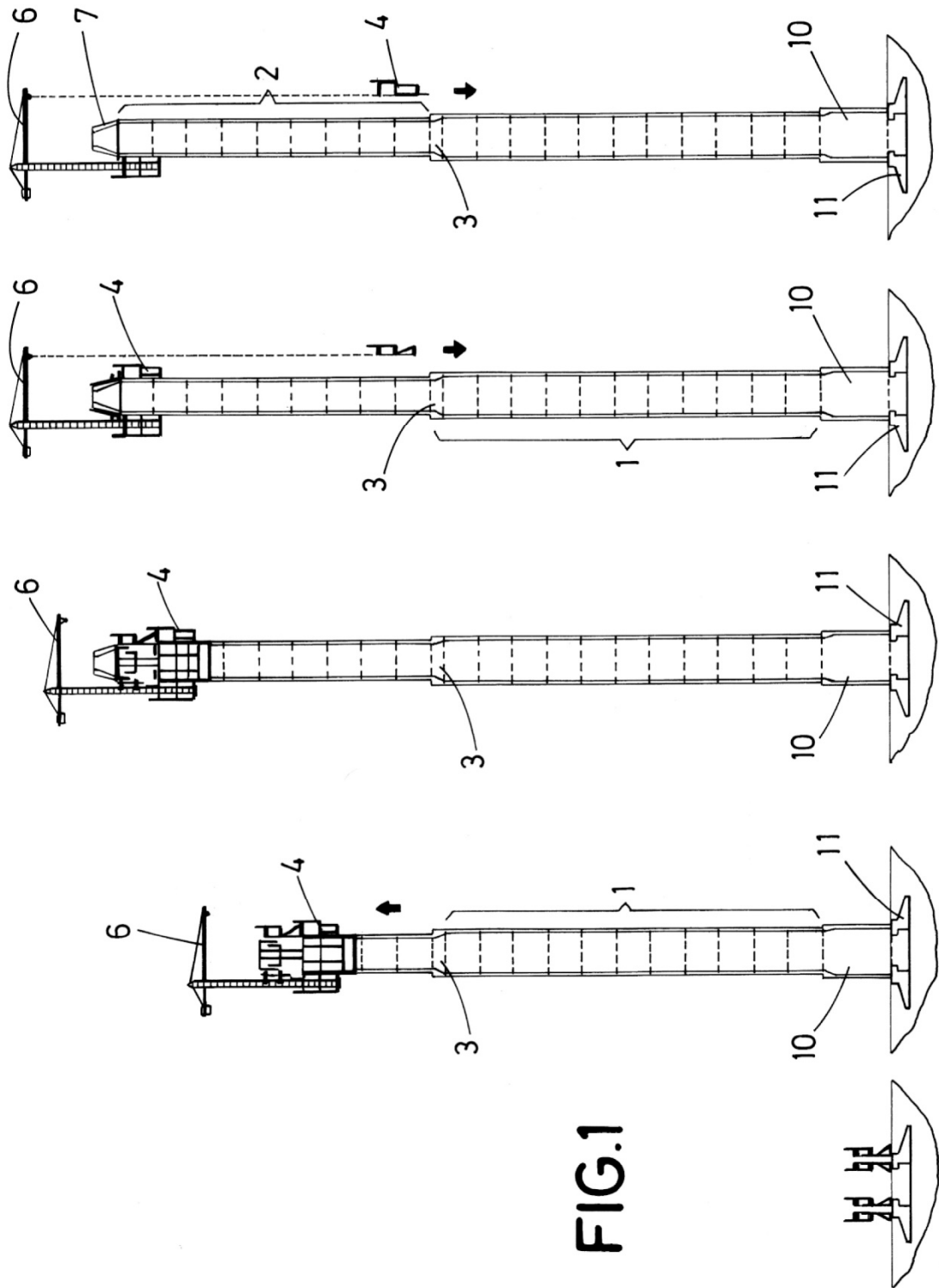
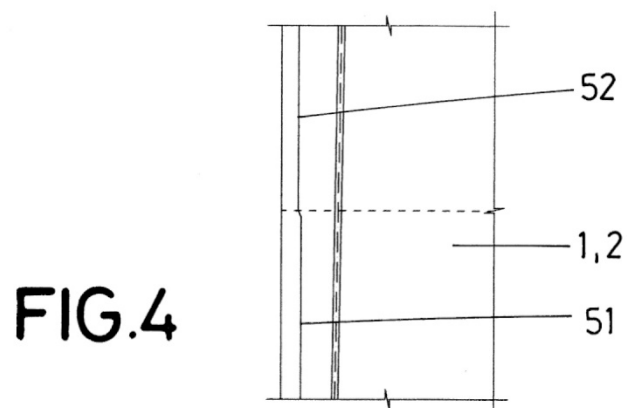
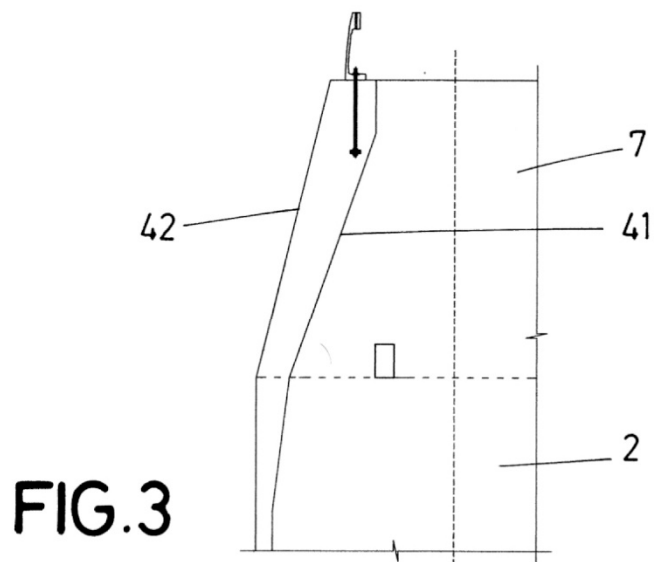
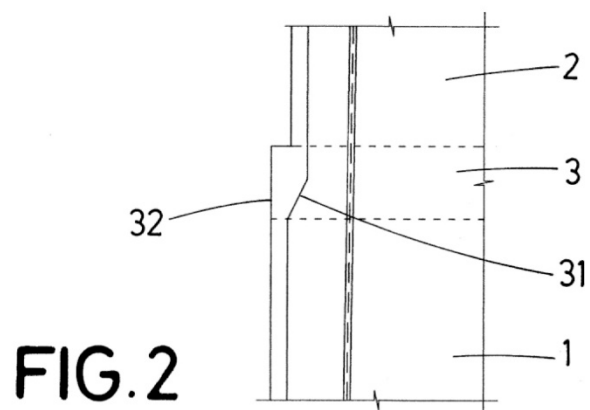


FIG.1



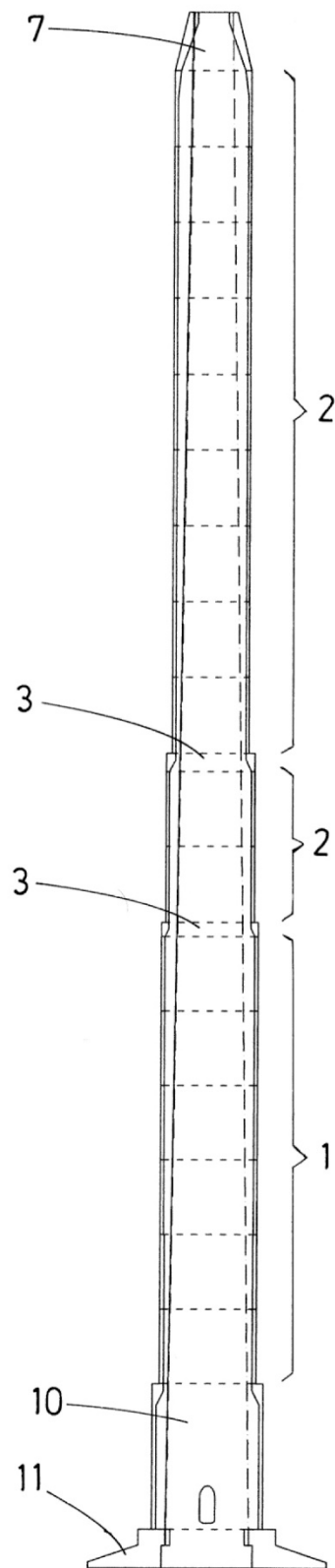


FIG.5