



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 369 304**

② Número de solicitud: 201131627

⑤ Int. Cl.:
F03D 11/04 (2006.01)
F03D 1/00 (2006.01)
E04H 12/08 (2006.01)
E04H 12/12 (2006.01)
E04H 12/20 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑫ Fecha de presentación: **10.10.2011**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **29.11.2011**

Fecha de la concesión: **16.05.2012**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:
03.02.2012

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **28.05.2012**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente:
28.05.2012

⑰ Titular/es: **PREFABRICADOS Y POSTES DE HORMIGÓN, S.A.**
Carretera N-620, Km. 81
34190 Villamuriel de Cerrato, Palencia, ES

⑱ Inventor/es: **Capellán Miguel, Guillermo y Martínez Aparicio, Javier**

⑳ Agente/Representante:
Polo Flores, Luis Miguel

⑳ Título: **Basamento de refuerzo para fustes de torres eólicas.**

㉑ Resumen:

Basamento de refuerzo para fustes de torres eólicas.

La invención se basa en que sobre el tramo inferior del fuste (2) correspondiente a una torre eólica (1), se disponen elementos de refuerzo laterales (7 ó 7'), unidos a través de su parte superior al propio fuste (2), y a través de la parte inferior a la correspondiente base de cimentación (6), estableciendo una separación (8) entre los elementos de refuerzo (7 ó 7') y el propio fuste (2), con una amplitud que es creciente progresivamente desde la unión de la parte superior de los elementos de refuerzo (7 ó 7') al fuste (2) y el anclaje del extremo inferior de esos elementos de refuerzo (7 ó 7') a la base de cimentación (6), consiguiéndose así una forma de reforzar el tramo inferior de los fustes (2) de torres eólicas, que están sometidos a mayores esfuerzos, con un mínimo peso y con el consiguiente ahorro económico de material y costos.

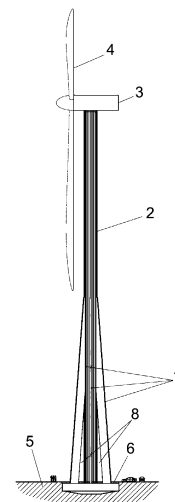


FIG. 1

ES 2 369 304 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Basamento de refuerzo para fustes de torres eólicas.

Objeto de la invención

La presente invención se refiere a un basamento de refuerzo para fustes de torres eólicas, pudiendo ser éstas de hormigón y/o acero.

El objeto de la invención es conseguir una solución eficiente y optimizada para la parte inferior del fuste correspondiente a una torre eólica, concretamente en su unión con la cimentación, a fin de que dicho fuste pueda ser construido como si fuera de una altura menor y reforzarlo con el basamento de la invención, que queda dispuesto externamente, es decir allí donde sufre unos mayores esfuerzos.

Es igualmente objeto de la invención conseguir una solución estructural en la zona más solicitada, en base a unos elementos de refuerzo semi-exentos, proporcionando ventajas en lo que respecta a ahorro de material y facilidad constructiva.

Antecedentes de la invención

La búsqueda de fuentes de energía renovable, se ha acrecentado en los últimos años, debido a la creencia, cada vez más firme, en las hipótesis existentes sobre el cambio climático y su relación con la producción de dióxido de carbono y gases de efecto invernadero.

Esta búsqueda, ha promovido la aparición de nuevas tecnologías que permitieran extraer la máxima cantidad de energía de las fuentes de energía renovables como la luz solar y el viento. No solo han aparecido nuevas tecnologías sino que estas se encuentran en un proceso continuo de mejora con el fin de aumentar los rendimientos de producción de energía.

La electricidad producida por los aerogeneradores, tiene su fundamento en la curva del perfil vertical del viento, en la que se establece la velocidad de viento en función de la altura y de la rugosidad del terreno.

El aerogenerador transforma una parte de la energía que lleva el volumen de aire que atraviesa la superficie batida por las palas, cuando circula a una velocidad superior a la umbral, por debajo de la cual, las palas no se mueven.

En el sector de la generación eólica, se ha producido un desarrollo importante y constante durante los últimos años, aumentando la potencia máxima de los aerogeneradores, llegando a potencias impensables hace menos de 10 años. Este aumento de la potencia se basa en dos principios fundamentales de la generación eólica como son la superficie de barrido y la velocidad del aire.

El perfil vertical de viento, tiene variación de pendiente parabólica, de manera que a partir de una velocidad determinada, el incremento de velocidad de viento con la altura, es irrelevante. Es por ello por lo que, las dimensiones de las palas y, consecuentemente, la altura de los bujes de los aerogeneradores, no aumentará ilimitadamente sino que su techo o bien se ha alcanzado ya o está próximo a alcanzarse, ya que un incremento en la altura supone un incremento importante en los costes de fabricación, montaje y operación.

Hasta la fecha, era común la realización de los fustes en acero, debido a su buen comportamiento a fatiga, a su ligereza y al gran desarrollo del proceso industrial de fabricación, transporte y montaje.

La mayoría de los fabricantes elaboran fustes de sección circular y canto variable con forma troncocónica, con el máximo diámetro en la base, ya que es la zona con las acciones de mayor magnitud. Estos fustes se componen de varias subsecciones de la misma longitud, generalmente, que se ensamblan en sus extremos bien con tornillos o mediante otros sistemas de fijación.

Sin embargo, pese a su correcto funcionamiento, comenzaron a estudiarse soluciones de hormigón debido a la volatilidad del mercado del acero en años pasados y al aumento de las demandas resistentes de los fustes para aerogeneradores de gran potencia.

La elevada volatilidad del mercado del acero durante los años 2006 a 2008, ocasionó importantes trastornos a los fabricantes de fustes, bien por la variabilidad de los precios, al alza en la mayoría de las veces, o bien por el retraso en la entrega de material. Esto obligó a los fabricantes de aerogeneradores a considerar la solución de hormigón para los fustes de los aerogeneradores, no contemplada hasta ese momento debido a la relativa diferencia en costes entre ambas soluciones.

La necesidad de elevar los bujes de los aerogeneradores por encima de los 80 metros, llegando hasta los 150 metros, incrementó notablemente la magnitud de los esfuerzos, tanto estáticos como dinámicos, con sus correspondientes efectos de fatiga y durabilidad. Estos esfuerzos no son absorbidos convenientemente por las soluciones actuales empleadas en los fustes de menor altura, por lo que el estudio y desarrollo de los fustes de hormigón fue obligado.

También se comenzó el montaje de aerogeneradores en zonas de plataforma continental de poca profundidad, sobre todo en el mar del norte, lo que también acrecentó el interés en los fustes de hormigón por motivos de durabilidad frente al ataque salino del agua de mar.

Con el incremento de los estándares de calidad exigidos en las nuevas construcciones, la introducción del prefabricado en el sector de los aerogeneradores era cuestión de tiempo, ya que el control de calidad a que se somete la manufactura de los elementos de hormigón prefabricados, es superior, en general, al que se efectúa en las obras ejecutadas "In Situ".

El empleo de piezas de hormigón prefabricado acelera el proceso de montaje, asegura una adecuada geometría de las piezas y cuenta con una elevada calidad del hormigón. También favorece el proceso productivo, reduciendo costes y consiguiendo una industrialización de la producción de fustes, complicada de conseguir mediante la fabricación *in situ*, en cada ubicación donde se sitúe el parque eólico.

Analizando las patentes existentes a nivel mundial, se han encontrado diferentes soluciones cuyas diferencias con respecto al modelo que se propone, se explican a continuación.

Comenzando por las patentes de la Oficina Española de Patentes y Marcas, encontramos la patente ES 2317716 a nombre de Gamesa Innovation and Technology S.L. en la que se expone un fuste compuesto de dos secciones. La sección superior está compuesta por un tubo que puede ser de forma cilíndrica o troncocónica y la inferior es una celosía espacial. El material constituyente de ambas piezas se recomienda que sea el acero. Esta solución difiere notablemente de la presentada porque la geometría es notablemente diferente.

La patente ES 2296531, también propiedad de Gama Innovation and Technology S.L, propone una solución troncocónica para el fuste y realizada con elementos de hormigón prefabricado, unidos en obra. Se divide el fuste en segmentos de circunferencia unidos entre sí. Esta solución difiere de la propuesta ya que, aunque está realizada también con elementos de hormigón prefabricado, la sección del fuste es cónica y no cilíndrica, y no lleva los refuerzos exteriores que lleva el fuste que se propone. Tampoco coinciden en los métodos de unión de las piezas.

La empresa Vestas Wind Systems, es la propietaria de la patente ES 2297130, en la que se especifica la formación de fustes a partir de secciones de acero. Esta patente difiere notablemente de la presentada, tanto en geometría como en el material principal empleado.

La patente ES 2319709, propiedad de la empresa Prefabricaciones y Contratas S.A., propone un fuste novedoso mezcla de hormigón prefabricado y estructura metálica, con un apoyo en la base tipo trípode, en el que las eventuales patas están arriostradas entre sí. Nuevamente la solución discrepa notablemente de la propuesta ya que necesita arriostramientos tipo cruces de San Andrés entre las patas y en toda la sección.

La patente ES 2246734 propiedad de Structural Concrete & Steel S.L., propone el empleo de piezas con nervios rigidizadores interiores horizontales y verticales de unos 30-35 m de longitud, que al unirse configuran la sección del fuste troncocónico. De nuevo, esta solución se limita a trasladar la geometría de los fustes metálicos troncocónicos al hormigón, con la problemática que ese cambio supone. No se encuentran interacciones con la solución preconizada ya que los refuerzos en ésta son por la cara exterior.

En adelante se analizarán algunas patentes alemanas de fustes para aerogeneradores.

La patente DE 19832921, propiedad de W. Bernhardt, propone una solución mixta hormigón-acero, mediante una sección hueca de acero, que posteriormente se rellena de hormigón, formando una sección compuesta Acero-Hormigón-Acero. La correcta unión entre los materiales se consigue con bulones en el interior del hueco, unidos a ambas paredes, de manera que existe una unión sólida entre las tres secciones, ya que al hormigonarse el hueco, quedan las cabezas de los bulones embebidas en el macizado. Esta solución, aparte de tener sección troncocónica, dista mucho tanto en los materiales como en la geometría, de la propuesta presentada.

La patente DE 29809541, propiedad de R. Bayer, también expone un fuste de hormigón, compuesto por sectores que se ensamblan, formando una sección troncocónica, solución que dista notablemente de la geometría propuesta.

La patente DE 102004048365, propiedad de O. Schneider, propone un fuste de sección cilíndrica con refuerzos exteriores anulares atados al fuste, puntualmente con piezas de níquel-cromo mediante tornillos. Esta tipología dista notablemente de la preconizada, ya que los nervios rigidizadores propuestos se unen mediante dentados en el cuerpo de la torre.

La patente DE 202007003842 propiedad de Boehmert & Boehmert, propone un fuste de sección piramidal, compuesto por secciones cilíndricas y secciones rectas enlazadas entre sí, formando un fuste completo y cerrado. Esta solución, nuevamente discrepa de la que se propone ya que tiene sección variable y no tiene rigidizadores.

La patente DE 202008001606, propiedad de P. Wetzel, propone un fuste troncopiramidal, con aristas vivas, y formado por paneles rectos sin nervaduras. Esta solución discrepa profundamente de la propuesta, en la geometría de la sección y en la ausencia de refuerzos externos.

En adelante se analizarán algunas patentes europeas de fustes para aerogeneradores.

La patente EP 1227204, propiedad de Ralf U. Hofmann, propone una solución de fuste troncocónico ejecutado *in situ*, mediante encofrado trepante o deslizante. Esta solución difiere de la propuesta no solo en el método de ejecución, sino en la geometría de la sección.

La patente EP 1767729, propiedad de Sika Technology, propone un fuste de sección troncocónica, en la que cada se ha realizado una división piezas tipo dovela de manera que cada tramo de fuste está compuesto por tres dovelas unidas mediante machihembrado y con un relleno interior. De nuevo, se aborda el fuste con una transposición de la solución metálica a hormigón, con la problemática que la excesiva cantidad de subsecciones origina en lo que a las uniones se refiere. No existe gran similitud entre esta patente y la solución propuesta.

La patente EP 2182209, propiedad de Martin Glück, propone una solución híbrida con la zona superior metálica y la zona inferior de hormigón, de sección troncocónica y pretensado visto en la cara interior. Esta solución, continúa extrapolando la solución troncocónica de acero a hormigón, añadiendo el pretensado visto como elemento de atado entre las secciones. No se aprecian parecidos con la solución preconizada.

En adelante se analizarán algunas patentes japonesas de fustes para aerogeneradores.

La patente JP 2000283019, propone una solución de fuste troncocónico, formado por casquetes troncocónicos concéntricos superpuestos, con llaves a corante en el apoyo y con uniones tipo manguito entre las piezas de unión. Esta solución continúa con la sección troncocónica y con los tubos troncocónicos descritos en otras patentes anteriores, con la diferencia que se estiman insuficientes las uniones reflejadas en el dibujo y se aprecia gran diferencia con respecto al modelo presentado.

La patente JP2004011210, propiedad de Fuji Corporation, propone una sucesión de cilindros de sección circular o poligonal, y de diámetro ascendente desde la cabeza hasta la base, unidos con machihembrado y con pretensado longitudinal y circunferencial. Estos cilindros eventualmente estarán divididos en sectores verticales. Esta patente toma la solución de secciones cilíndricas, con el fin de facilitar la fabricación, sin embargo, la falta de refuerzos obliga a tomar un diámetro considerable en la base, superior al estimado con los refuerzos en el modelo presentado.

La patente JP2005180082, propone un fuste con sección cilíndrica en varios tramos, siendo su diámetro diferente en cada tramo, con un valor máximo en el empotramiento con la cimentación y un mínimo en la unión con la góndola. Cuenta, además, con la utilización de una pieza especial, para hacer la transición de un diámetro a otro, y la unión entre módulos se realiza con pretensado visto por la cara interior del fuste. De nuevo, la solución detallada, se basa en los anillos cilíndricos superpuestos para formar cada subsección del fuste, y anticipa que la sección cilíndrica es una

buena solución para abaratar costes, pero sin embargo, dista notablemente de la solución preconizada con refuerzos radiales en la zona inferior.

La patente JP2005220715, propone una solución inicial en la base de sección variable troncocónica y un tramo final de sección cilíndrica. Cada uno de los tramos los divide en troncos de cono o cilindro, compuestos de subsecciones unidas entre sí mediante machihembrado horizontal y vertical atornillado, como si de una unión metálica se tratara. Esta solución difiere notablemente de la geometría propuesta.

La patente JP2005248687, propone una solución de fuste construido *in situ*, solución notablemente diferente a la preconizada con piezas de hormigón prefabricado.

La patente JP2005330675, propone un fuste cilíndrico formado por secciones superpuestas y ensambladas mediante pretensado. Además, cuenta con un sistema de absorción de energía en caso de sismo, basado en unas piezas metálicas que absorben parte de la energía del sismo por histéresis. Esta solución, estima que la sección cilíndrica es la solución al problema pero no considera los refuerzos en la base de la solución preconizada.

La patente JP2007046292, propone una solución de fuste troncocónico, compuesto por cilindros troncocónicos de una pieza, en la zona superior, y cilindros compuestos de sectores cónicos, en la zona inferior. El ensamblaje entre las secciones se realiza con unos tubos en espera, de manera que la sección de los tubos en la parte superior de la pieza, es mayor que la de la parte inferior, constituyendo la unión mediante machihembrado entre los tubos. Las secciones están dotadas de una nervadura circunferencial interior a la que se suplementará un pretensado también circunferencial. Esta solución, se basa en la unión machihembrada entre módulos mediante los tubos, carece de refuerzo en la base y la sección se ayuda de los tubos de unión, para obtener mayor rigidez, por lo que las diferencias con la solución preconizada son grandes.

La patente JP2007120080, propone un fuste troncopiramidal, ya que declara sección poligonal en lugar de cilíndrica. Se divide la longitud del fuste en varias secciones piramidales. De nuevo se vuelve a emplear la solución de canto variable, pero esta vez con sección poligonal en lugar de circular, patente que difiere notablemente en la geometría, del fuste preconizado.

La patente JP2007120080, propone una solución con piezas rectas de sección trapecial, cuyo ensamblaje produce una sección poligonal de canto constante a lo largo del fuste. Se divide la longitud del fuste en varios cilindros que a su vez se subdividen en varias piezas formando un prisma poligonal. Las piezas que componen los cilindros en que se divide el fuste, se unen entre sí, mediante anillos metálicos situados en el interior del fuste, equidistantes a lo largo de la geometría de este. Esta unión se realiza con tornillos. También se proponen dos soluciones adicionales. La primera de ellas sería idéntica a la anterior, pero prescindiendo de una de cada dos piezas de sección trapecial, formando un fuste abierto. La otra solución contempla la colocación de estas piezas verticales, de forma radial, y uniendo estas con los anillos metálicos interiores, constituyendo, de nuevo, una sección abierta. Estimamos que la solución de los anillos es insuficiente para soportar los esfuerzos que le llegan desde la góndola, no solo por la geometría de la pie-

za metálica sino por la fragilidad de la unión con los tornillos. Además, ambas soluciones alternativas, discrepan notablemente de la solución preconizada, tanto en geometría como en capacidad portante.

La patente JP2008101363, propone una solución de fuste dividido en varias secciones prismáticas, estando cada una de ellas dividida en varios paneles verticales. Estos paneles tendrán una parte de su armadura vista, barras que quedarían unidas entre sí mediante la ejecución del relleno de la junta con un mortero y anclajes mecánicos de unión.

Esta solución, está compuesta de paneles verticales, pero estos carecen de refuerzos nervados como la solución que se preconiza, además de contar con un método de unión, que difiere del presentado.

La patente JP2002122066, propone un fuste de sección cilíndrica en toda la sección, contando con refuerzos radiales en la zona inferior. Esta solución divide el fuste en varios prismas cilíndricos que se unen posteriormente mediante un postesado longitudinal. En la parte inferior, se colocan unos refuerzos en forma de "T", unidos a la cimentación mediante postesado y unidos al fuste, con pernos.

Esta solución, adopta también el fuste cilíndrico como solución óptima, dotándolo de piezas de refuerzo exteriores en la base que ayudan a transmitir las cargas a la cimentación. La geometría difiere de la preconizada en esta patente, en los siguientes aspectos:

- a. Los refuerzos son piezas externas unidas al fuste en toda su altura, al contrario de la solución que se preconiza, donde las piezas externas de refuerzo son semiexentas, es decir solamente se unen al fuste de forma discontinua, proporcionando refuerzos efectivos con menos material.
- b. Los refuerzos tienen sección en forma de "T" al contrario de lo propuesto en la solicitud de la Patente, en la que los refuerzos tendrán sección rectangular o trapecial, pero nunca en "T".
- c. Los refuerzos van atornillados al fuste únicamente por la cara exterior de éste, realizándose esta unión con anclajes radiales al eje longitudinal del fuste, siendo tales anclajes pretensados, bien con pernos, barra o cable. Sin embargo, en la solución propuesta los refuerzos se unen al fuste mediante dentados que se ensamblan en cajeados dejados al efecto en la sección del fuste.
- d. Los refuerzos solo llevan pretensado en su unión a la cimentación, al contrario que de la solución propuesta en la que el pretensado va desde la cimentación hasta la parte superior del refuerzo, entrando en el interior del fuste hacia la pieza especial que soporta los anclajes de los pretensados.
- e. Los refuerzos no llevan pretensado longitudinal sino que solo lo llevan transversal para su unión al fuste, al contrario que la solución propuesta, en la que los nervios rigidizadores o de refuerzo llevan tendones de pretensado en toda su longitud.
- f. Todas las secciones del fuste son iguales, al contrario que en la solución propuesta en la que hay una pieza especial notablemente más rígi-

da, cuya función es la de anclaje de los pretensados longitudinales de los nervios de refuerzo en cabeza.

En adelante se analizarán algunas patentes Norteamericanas de fustes para aerogeneradores.

La patente US 7464512, propone una solución de fuste metálico compuesta de varios sectores que al unirse entre sí, crean la sección completa. Esta propuesta, divide el fuste en varios tramos longitudinales, cada uno de los cuales se subdivide en varios casquetes de geometría poligonal. Cada uno de estos sectores metálicos, abarca un ángulo de entre 90 y 120 grados y tiene una sección poligonal con un pliegue en cada extremo, en el que se realiza la unión mediante tornillos con las piezas adyacentes. Eventualmente se colocarán refuerzos en el interior del fuste con el fin de rigidizar las uniones. Aunque no se especifica en el texto, en los dibujos se aprecia una geometría tipo trípode en la zona de la base, para arriostrar el fuste a media altura.

Esta solución, difiere notablemente de la propuesta, ya que la sección es de acero y no de hormigón prefabricado. Tampoco coincide el método de rigidización del fuste.

La patente US 2009000227, propone un fuste mixto, dividido en tres tramos. El tramo inferior es troncocónico y de hormigón, el tramo intermedio es metálico de sección cilíndrica y el superior es también de acero pero de sección troncocónica.

Esta solución, utiliza una solución troncocónica, diferente de la preconizada y carece de refuerzos en la base.

La patente US 2009031639, propone una solución novedosa de fuste, con sección troncopiramidal en el tramo inferior y sección cilíndrica de acero u hormigón, en el tramo superior. El tramo inferior, está dividido en secciones tubulares, las cuales están formada por una sucesión de piezas rectas y curvas, entrelazadas entre sí, que forman la sección completa. Estas piezas está unidas mediante pretensado circunferencial.

La geometría de esta solución, difiere notablemente de la propuesta preconizada.

La patente US 2007181767 describe una cimentación prefabricada para fustes de aerogenerador, en cuya parte superior se anclaría el fuste.

Esta solución no se puede comparar con la preconizada, ya que tiene el objetivo de trasladar las cargas al terreno mediante las piezas prefabricadas en contraposición a lo solicitado dónde el basamento transmite las cargas a la cimentación, para que, posteriormente esta las transmita al terreno.

En adelante se analizarán algunas patentes Internacionales de fustes para aerogeneradores.

La patente WO 0201025, propone un fuste troncocónico de hormigón con pretensado longitudinal, anclado en la cimentación y realizado *in situ*.

Esta geometría difiere de la preconizada y no está formada por una sucesión de piezas prefabricadas.

La patente WO 0204766, propone un fuste troncocónico de hormigón prefabricado, formado por secciones de idéntica altura y canto variable, unidas entre sí mediante pretensado longitudinal.

Esta sección, de nuevo peca de ser una imitación de las soluciones existentes en acero, pero trasladadas al hormigón, con la problemática que ello conlleva. Esta geometría difiere de la preconizada ya que carece

de refuerzos en la base y tiene sección variable.

La patente WO 03069099, propone varias soluciones para el fuste, todas ellas prefabricadas. La primera de ellas consiste en un fuste de sección, troncopiramidal, formado por piezas longitudinales de sección constante y entre uno y varios quiebros en dirección transversal, que, al ensamblarse, forman una sección cerrada. Esta sucesión de secciones, resultado del ensamblaje, se colocan manteniendo los paños, por lo que las aristas en la geometría, se mantienen a lo largo de todo el fuste.

Otra variante de la solución anterior, consiste en romper estas alineaciones de aristas, colocando las secciones giradas un ángulo determinado, evitando así la formación de aristas constantes a lo largo de la alineación.

Esta patente señala también una solución de fuste cilíndrico, dividido en tramos verticales, estando cada uno de ellos dividido en 8 sectores de cilindro, ensamblados entre sí. Para evitar la aparición de puntos débiles en el fuste, se evita la creación de juntas constantes a lo largo del fuste, colocando cada tramo al tresbolillo, evitando la coincidencia de las juntas verticales en tramos contiguos. En otros dibujos se considera la solución de fuste formado por una sucesión de secciones cilíndricas con reducciones puntuales de sección, manteniendo el mismo despiece que en la solución cilíndrica constante.

Si bien, en esta patente se describe una multitud de soluciones formadas por paneles que, al ensamblarse, forman una sección compuesta, estos paneles no cuentan con las nervaduras de la solución que se preconiza.

La patente WO 2007025947, propone un fuste *in situ*, con hormigonado mediante bomba con flujo vertical ascendente. Con este sistema, se van hormigonando sucesivamente los diferentes tramos en que se ha dividido el fuste, haciendo que las partes fraguadas, vayan ascendiendo por la presión del hormigonado. Además, es imprescindible el atirantado de la cabeza del fuste construido, para evitar flexiones que pudieran colapsar el fuste durante la fase de hormigonado o elevación en cada interfase.

En esta patente, no se define una geometría en sí, sino un método de elaboración de fustes para aerogeneradores *in situ*, que claramente dista mucho de la solución preconizada.

La patente WO 20100.32075, propone un fuste de sección piramidal mixta, hormigón-acero. Esta solución crea un fuste abierto, en el que la sección adopta la forma de un tetraedro, en el que las aristas ascendentes, son sectores circulares de hormigón y estos están arriostrados entre sí, con una celosía en cada uno de los planos que forman la pirámide. De este modo se consigue una sección más ligera, que aprovecha el canto total de la sección, pero que es más compleja en su montaje y diseño, ya que aunque las piezas de hormigón son todas iguales en toda la altura del fuste, las celosías son de canto variable desde la base hasta la cabeza.

Las diferencias entre esta solución y la preconizada, son notables, no solo en la geometría sino en la composición de los materiales empleados.

La patente WO 2010044380, propone diferentes soluciones que se analizarán en detalle. Comienza el desarrollo de la patente, describiendo una solución de fuste prismático de sección octogonal y canto cons-

tante. Este fuste así definido, estaría dividido, longitudinalmente, en anillos de una altura determinada, y a su vez, cada anillo se compondría de 4 casquetes en forma de "C" unidos con postesado circunferencial. Los anillos alternos contarían con refuerzos tipo nervio en su cara exterior, y la unión entre todos los anillos, tanto los nervados como los lisos, se realizaría con postesado longitudinal.

La siguiente solución propuesta, consiste en un fuste cilíndrico, dividido también en anillos, pero con un refuerzo helicoidal en toda la cara exterior del prefabricado, desde la base hasta la cabeza.

Otras soluciones propuestas, son similares a diferentes patentes expuestas anteriormente, bien mediante fuste troncopiramidal, fuste troncocónico y un fuste original con refuerzos circulares de diámetro variable, de dudosa utilidad estructural.

Analizando todas estas tipologías expuestas en la patente descrita, no encontramos parecido razonable con respecto a la propuesta que se preconiza, ya que no se describen refuerzos rigidizadores continuos del fuste, en contacto con la cimentación.

En adelante se analizarán algunas patentes de diferentes países, con geometrías similares a las de los fustes para aerogeneradores.

La patente GB 741869, propone diferentes soluciones que se analizarán en detalle. La primera de las reivindicaciones expone que es una estructura de hormigón armado para chimeneas o columnas huecas, al contrario que la solución preconizada en que el hormigón está pretensado longitudinalmente y se realiza con elementos prefabricados.

En la segunda de las reivindicaciones se afirma que la altura máxima a la que llegan los contrafuertes es, aproximadamente, un tercio de la altura total, porque la única sollicitación que debe soportar la chimenea es la acción del viento, cuando en la solución preconizada, no se habla de esta longitud, ya que esta depende mucho del tipo de aerogenerador que se vaya a colocar en cabeza y de las cargas que este transmita al fuste.

En la tercera reivindicación se señala que el canto de los refuerzos varía desde la cimentación hasta la cabeza, al igual que en la preconizada, pero con la diferencia que los nervios son aligerados, frente a los macizos de la patente inglesa.

En la cuarta reivindicación, se expone que la anchura de los refuerzos es, aproximadamente de un cuarto del diámetro del cilindro, cuando esta relación en la solución preconizada no se ha expuesto, debido a la diversidad de acciones diferentes que lo pueden sollicitar dependiendo del tipo de turbina que se monte.

En la quinta reivindicación se habla de que la pieza llevará seis contrafuertes, cuando en la solución preconizada, no se ha realizado indicación alguna en cuanto al número de refuerzos nervados.

En la sexta reivindicación se habla de los rigidizadores se encofran a la vez con la sección cilíndrica, al contrario que en la solución preconizada en que los refuerzos se unen al cilindro con un dentado que transmite los esfuerzos rasantes.

La patente FR 2504966, propone diferentes soluciones que se analizarán en detalle. Una de las reivindicaciones señala que se trata de una chimenea o similar, realizada con elementos de hormigón armado, afirmación que dista mucho de la solución preconizada en la que se indica que se trata de hormigón

pretensado realizado con piezas prefabricadas.

Otra reivindicación se indica que existe una pieza en anillo, en la zona donde terminan los refuerzos, colocada sobre un sellador, pero en las secciones, esta pieza tiene el mismo hueco libre que el resto y se habla también de un número de costillas no inferior a 3 y que cuentan con tirantes de refuerzo, solución que dista de la preconizada ya que la pieza especial tiene unos macizados interiores para el anclaje de los cables de pretensado de los refuerzos y va unida solidariamente al resto de la estructura. También se diferencian ambas soluciones en que los refuerzos no son armados sino pretensados, con un pretensado longitudinal.

Se afirma que la unión a rasante entre los refuerzos y el cuerpo se realiza con armados, al contrario que en la solución preconizada en que esta unión se realiza con un dentado entre los refuerzos y el cuerpo.

En otro punto se señala que la unión de las armaduras se realiza con manguitos, cosa que difiere notablemente de la solución preconizada ya que las uniones se realizarán con pretensado continuo entre anclajes, por lo que no son de aplicación los manguitos.

En general, se aprecian grandes diferencias entre esta patente y la preconizada.

Descripción de la invención

La solución que se preconiza ha sido concebida para unir el tramo superior del fuste de la torre, por su parte inferior, con la cimentación, con el fin de evitar la realización de grandes piezas de canto variable para el fuste. De esta forma la estructura de la torre puede fabricarse con piezas de tamaño mas moderado, con la simple adición de los refuerzos en la zona del basamento, simplificándose las labores de transporte y elevación.

Los elementos de refuerzo están unidos por su extremo superior a la superficie lateral y externa del fuste, mientras que por su parte inferior están unidos a la correspondiente cimentación o base de la torre eólica, de manera tal que cada elemento de refuerzo va distanciándose, es decir separándose desde el extremo superior de unión al fuste, hasta el extremo inferior de unión a la base o cimentación, estableciendo un hueco cuya amplitud es progresivamente creciente desde el comentado extremo de unión superior al fuste al referido extremo inferior de unión a la base o cimentación.

De esta forma se consigue que el fuste pueda tener una configuración uniforme en toda su altura, preferentemente cilíndrica, con lo que el proceso de fabricación y construcción resulta mucho mas sencillo que la solución habitual con configuración tronco-cónica.

Los elementos de refuerzo son de sección transversal rectangular o incluso trapezoidal, siendo en todos los casos semiexentos, es decir que se unen de forma puntual o lineal, pero con un desarrollo limitado al fuste y a la cimentación, simplificando así también la construcción y fabricación de las piezas.

Los comentados elementos de refuerzo semiexentos pueden materializarse en hormigón, en acero, mixtos, o incluso en otros tipos de materiales apropiados, ayudando siempre a la sección principal a soportar los esfuerzos transmitidos por la turbina del aerogenerador al fuste.

En definitiva, en base a la solución propuesta se posibilita una fabricación mucho mas sencilla que cuando el fuste de la torre es tronco-cónico, ya que

la geometría de todas las piezas que componen la sección principal serán idénticas entre sí, por lo que en caso de piezas prefabricadas de hormigón se podrá reducir la inversión en moldes, mientras que en caso de fuste metálico los anillos contienen menos soldaduras. Además se facilitan las labores de acopio, transporte y ensamblaje debido a la versatilidad de las piezas.

Cabe destacar igualmente el hecho de que los elementos de refuerzo, al establecer un hueco entre ellos y el fuste, suponen un gran aligeramiento, ya que se optimiza la distribución de su volumen, con lo que se consigue un ahorro en peso y en material.

Cabe igualmente destacar el hecho de que los refuerzos pueden presentar un canto variable, dependiendo de su altura, siendo su sección preferentemente rectangular uniforme, trapecial, como lo dicho anteriormente, sin descartar otras secciones que se ajusten al material generalmente elegido para la construcción.

En lo que respecta a la unión de los elementos de refuerzo al fuste, se realizarán mediante dentados que se ensamblan en cajeados establecidos al efecto en la sección del propio fuste. Además, los elementos de refuerzo según la invención llevan pretensado desde la cimentación hasta la parte superior de los mismos, entrando en el interior del fuste hacia una pieza especial que soportará los anclajes de los pretensados.

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1.- Muestra una representación esquemática en alzado lateral de una torre de aerogenerador con el basamento de refuerzo en el que los elementos de refuerzo propiamente dichos son semiexentos, todo ello realizado de acuerdo con el objeto de la invención.

La figura 2.- Muestra una vista lateral en detalle de la parte inferior del fuste, así como la base de cimentación y los elementos de refuerzo externos, realizado de acuerdo con el objeto de la invención.

Las figuras 3 y 4.- Muestran sendas secciones transversales correspondientes a la unión de los elementos de refuerzo al fuste, y la separación o hueco establecido entre dichos elementos de refuerzo y la correspondiente base de cimentación a la que se unen los mismos.

La figura 5.- Muestra una variante de realización del basamento de refuerzo inferior representado en la figura 2, correspondiendo esta variante de realización a elementos de refuerzo de menor anchura y unidos al fuste a través de puntos por medio de una celosía de barras.

La figura 6.- Muestra, finalmente, un detalle en sección de la realización representada en la figura anterior en lo que respecta a la unión entre los elementos de refuerzo y el fuste.

Realización preferente de la invención

Como se puede ver en las figuras referidas, la torre eólica referenciada en general con el número (1) incluye un fuste (2) en cuya parte superior va montado el correspondiente aerogenerador (3) con las palas (4) que forman el correspondiente rotor del aerogenerador. El fuste (2) va fijado sobre el suelo (5) a través de una base o cimentación (6), formando todo ello el conjunto de la torre eólica (1).

Pues bien, según la invención, el fuste (2) y en correspondencia con el tramo inferior del mismo, se complementa con unos elementos de refuerzo (7) según una disposición radial y longitudinal, siendo esos elementos de refuerzo (7) de sección transversal preferentemente rectangular, sin descartar otras configuraciones.

En cualquier caso, los elementos de refuerzo (6) se unen por su parte o tramo superior a la superficie lateral del fuste (2), mientras que por su parte inferior se unen a la base de cimentación (6), con la especial particularidad de que los elementos de refuerzo (7) desde su unión superior al fuste (2) hasta su unión a la base de cimentación (6) discurren de forma oblicua, es decir con progresiva separación del propio fuste (2), originando huecos (8) entre dicho fuste y el borde interno de los elementos de refuerzo (7), tal y como se representa claramente en la figura 1, dando lugar a que esos elementos de refuerzo (7) sean semiexentos, fijándose a la superficie lateral del fuste (2) por su tramo superior, a base de alojamiento en cavidades establecidas al efecto en la superficie lateral de dicho fuste (2) mientras que por la parte inferior van empotrados sobre la propia base de cimentación (6).

En una variante de realización mostrada en las figuras 5 y 6, puede observarse como los elementos de refuerzo (7') son de menor anchura en lo que a sección de los mismos se refiere, y se unen como en el caso anterior al fuste (2) a través del tramo o parte superior de dichos elementos de refuerzo, mientras que por la parte inferior se fijan a la correspondiente base de cimentación (6), quedándose igualmente los huecos o espacios (8) entre el fuste y los propios elementos de refuerzo (7'), con la especial particularidad de que en este caso o variante de realización tales elementos de refuerzo (7') están unidos además con unos tirantes en celosía (9), pero siempre manteniendo los huecos (8) en donde no se establece unión.

Finalmente decir que es evidente que en las distintas uniones entre los propios elementos de refuerzo semiexentos (7 ó 7'), el fuste (2) y la base de cimentación (6), se realizará con el complemento de las correspondientes juntas a fin de conseguir una estructura totalmente resistente y práctica en su funcionalidad y proceso constructivo.

REIVINDICACIONES

1. Basamento de refuerzo para fustes de torres eólicas, en donde el fuste (2) de la torre eólica (1) monta en su parte superior un aerogenerador eólico (3, 4) para conseguir energía eléctrica en base a la fuerza del viento que incide sobre las palas (4) del aerogenerador, y en donde el fuste (2) es de sección uniforme, preferentemente circular, y está constituido en hormigón, yendo dicho fuste (2) montado sobre una base de cimentación (6) y dotado en su parte inferior con unos refuerzos laterales y externos en sentido longitudinal, **caracterizado** porque los refuerzos laterales del fuste (2), materializados en elementos semiexentos (7 ó 7') de hormigón, se fijan a dicho fuste mediante dentados que se ensamblan en cajeados establecidos al efecto en la sección del propio fuste, mientras que por su extremo inferior se unen a la correspondiente base de cimentación (6), estableciendo entre cada elemento de refuerzo (7 ó 7') y el fuste (2) un hueco (8) creciente

desde la unión del propio elemento de refuerzo (7 ó 7') con el fuste (2) hasta la base de cimentación (6), habiéndose previsto que dichos elementos de refuerzo incluyan pretensados desde la cimentación hasta la parte superior de los mismos, entrando en el interior del fuste hacia una pieza especial que soportará los anclajes de los pretensados.

2. Basamento de refuerzo para fustes de torres eólicas, según reivindicación 1, **caracterizado** porque los elementos de refuerzo (7 ó 7') son de sección rectangular.

3. Basamento de refuerzo para fustes de torres eólicas, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque los elementos de refuerzo (7 ó 7') son de sección uniforme en toda su longitud.

4. Basamento de refuerzo para fustes de torres eólicas, según reivindicaciones 1ª y 2ª, **caracterizado** porque los elementos de refuerzo (7 ó 7') son de sección variable en toda su longitud.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

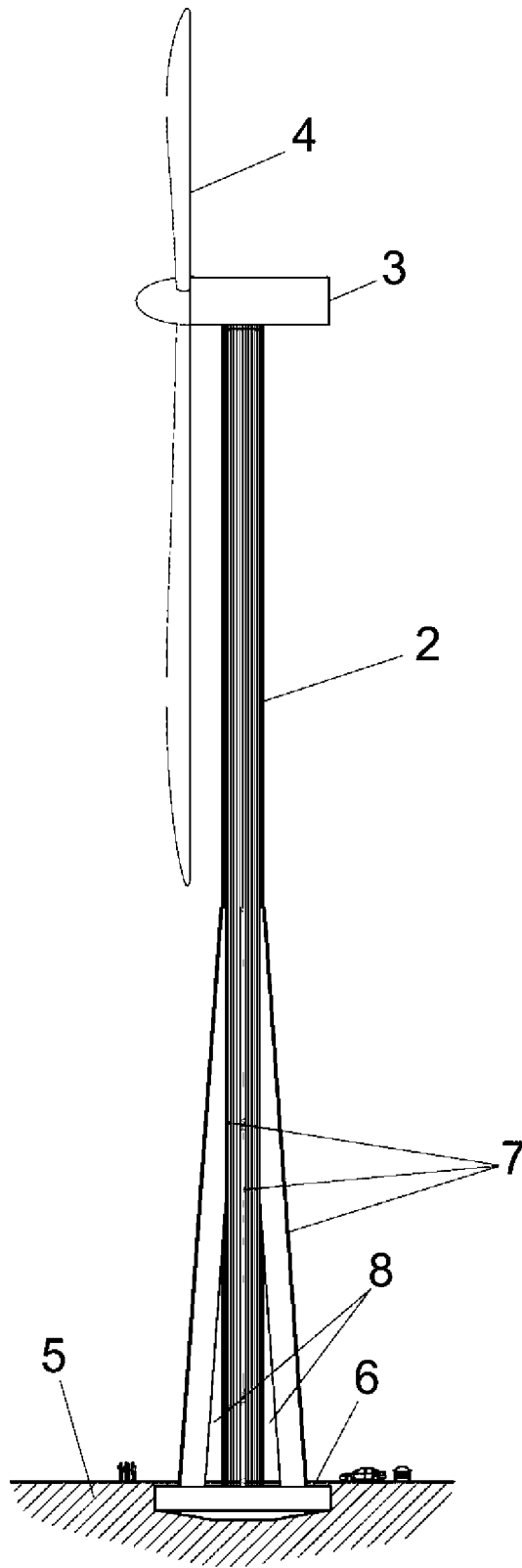


FIG. 1

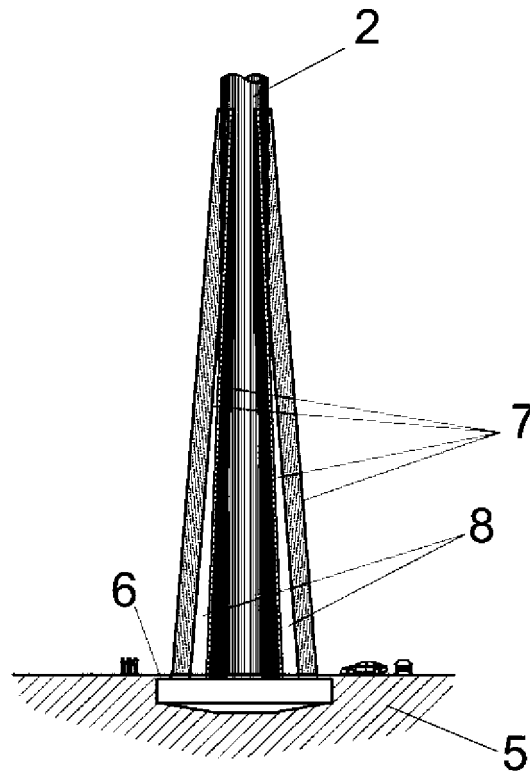


FIG. 2

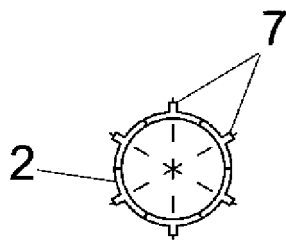


FIG. 3

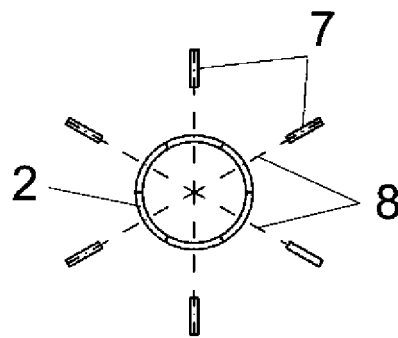


FIG. 4

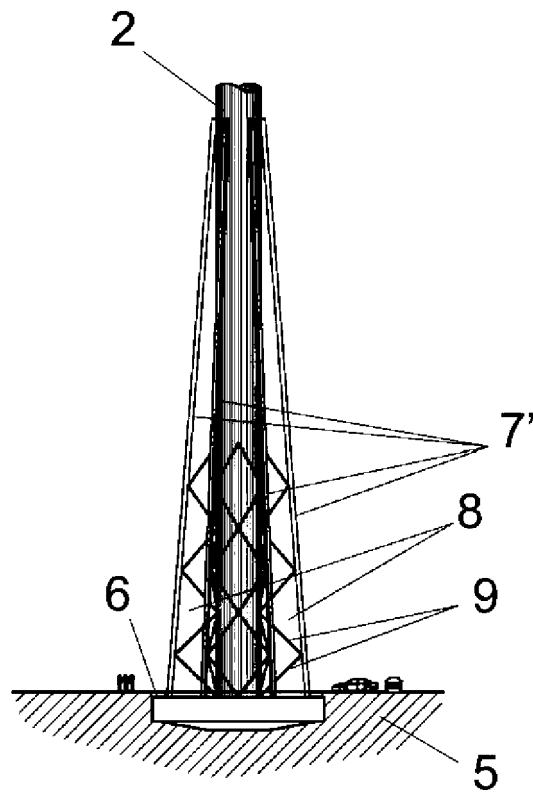


FIG. 5

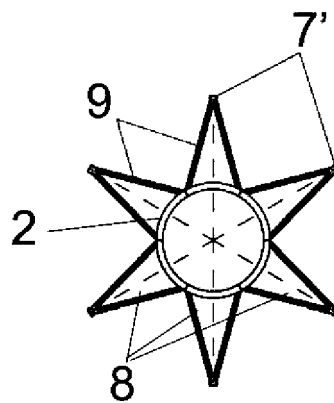


FIG. 6



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201131627

②② Fecha de presentación de la solicitud: 10.10.2011

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 2004169376 A1 (RUER JACQUES et al.) 02.09.2004, resumen; párrafos [0026-0027], [0051], [0093-0094]; figuras.	1-8
Y	JP 2002122066 A (PS CORP) 26.04.2002, figuras & Resumen de la base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE; Número de acceso 2002-621652[67].	1-8
Y	WO 2010032075 A1 (CORTINA-CORDERO ALEJANDRO et al.) 25.03.2010, resumen; figuras.	7
A	US 7464512 B1 (PERINA MARK J) 16.12.2008, resumen; columna 2, líneas 18-33; figuras.	1-8
A	US 2011142682 A1 (GEVERS WILLIAM FRANCIS) 16.06.2011, todo el documento.	1-8

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
03.11.2011

Examinador
O. G. Rucián Castellanos

Página
1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

F03D11/04 (2006.01)

F03D1/00 (2006.01)

E04H12/08 (2006.01)

E04H12/12 (2006.01)

E04H12/20 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F03D, E04H

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 03.11.2011

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-8	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-8	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2004169376 A1 (RUER JACQUES et al.)	02.09.2004
D02	JP 2002122066 A (PS CORP)	26.04.2002
D03	WO 2010032075 A1 (CORTINA-CORDERO ALEJANDRO et al.)	25.03.2010

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El objeto de la invención es un basamento de refuerzo para fustes de torres eólicas, donde el fuste (2) es de sección uniforme, preferentemente circular y está construido en hormigón, acero o combinación de ambos u otros materiales, el fuste (2) va montado en una base de cimentación (6) y tiene en la parte inferior unos refuerzos laterales y externos que están constituidos por elementos semiexentos (7,7'), unidos por su extremo superior a la superficie lateral del fuste (2) y por su extremo inferior a la base de cimentación (6), estableciendo entre cada elemento de refuerzo (7,7') y el fuste (2) un hueco (8) creciente (reivindicación 1). Opcionalmente, los elementos de refuerzo (7,7') pueden ser de hormigón (reivindicación 2) o pueden tener sección rectangular (reivindicación 3) o pueden tener sección uniforme en toda su longitud (reivindicación 4) o tener sección variable (reivindicación 5).

La unión entre los elementos de refuerzo (7,7') y el fuste se realiza en un punto del extremo superior del elemento de refuerzo (reiv. 6), por medio de un tramo lineal (reiv. 8)

Los elementos de refuerzo (7,7') se pueden unir al fuste (2) en varios puntos por medio de una celosía (9) situada en los huecos (8) (reiv. 7).

El documento D01 se considera el más próximo del estado de la técnica al objeto de la invención, y divulga (las referencias en paréntesis corresponden a este documento): un aerogenerador offshore, cuyo fuste (3), se encuentra sobre una cimentación (2). El fuste (3) es telescópico y dispone de una parte superior (3b) y una inferior (3a). En la figura 11 se muestra una variante que tiene unos refuerzos (60) en la parte baja del fuste, que se encuentran apoyados en su parte superior en el fuste (3) y en su parte inferior en la cimentación (2), dejando un hueco creciente. Por tanto, la unión entre los refuerzos y el fuste se hace en el punto correspondiente al extremo superior, con un tramo lineal. Los refuerzos (60) son de sección uniforme. El fuste (3) está hecho preferiblemente de metal, y la parte inferior puede estar rellena de hormigón.

Las principales diferencias entre el documento D01 y el objeto de la invención son que por un lado la sección del fuste no es uniforme, ya que dispone de un fuste telescópico, además los refuerzos no se sabe de qué material son, ni si la sección es rectangular, además no tiene celosía en el hueco.

El documento D02 se refiere a (las referencias en paréntesis corresponden a este documento): una torre de un aerogenerador que está compuesta por varios elementos cilíndricos de hormigón pretensado (11), todos ellos con una sección uniforme. Además, la torre dispone de unos elementos de refuerzo laterales de hormigón pretensado (20).

Para un experto en la materia, resultaría obvia la utilización de los elementos de hormigón del fuste de sección uniforme, junto con unos refuerzos laterales de hormigón divulgados en el documento D02, junto con los elementos divulgados en D01, dando como resultado el objeto técnico recogido en las reivindicaciones 1, 2, 4, 6 y 8 de la solicitud.

Con respecto a la reivindicación 3, el hecho de tener unos refuerzos con sección rectangular, se considera una variante de diseño que podría ser considerada por cualquier experto en la materia, ya que no se deduce de la explicación que el poner unos refuerzos rectangulares produzca ningún efecto sorprendente sobre la invención.

De la misma manera, no se hace referencia en la descripción que el poner unos refuerzos con sección variable provoquen algún efecto sorprendente sobre la invención y por tanto, se considera una variante de diseño.

Por tanto, las reivindicaciones 3 y 4 carecen de actividad inventiva.

Por último, en relación a la reivindicación 7, según se puede ver en el documento D03, correspondiente a la torre de un aerogenerador (las referencias en paréntesis corresponden a este documento): los huecos existentes entre los segmentos de hormigón (25) se unen mediante una celosía (35). El hecho de utilizar una celosía como la divulgada en D03, se considera para el experto en la materia como una yuxtaposición de elementos existentes en el estado de la técnica y por tanto, el objeto de la reivindicación 7 carece de actividad inventiva.

Como conclusión, las reivindicaciones 1 a 8 carecen de actividad inventiva (Artículo 8.1 LP 11/1986).