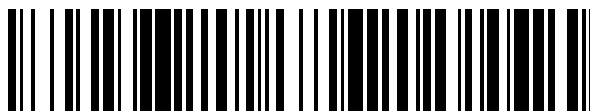


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 352**

51 Int. Cl.:

F03D 1/00 (2006.01)

B63B 1/00 (2006.01)

F03D 13/25 (2006.01)

B63B 35/44 (2006.01)

B63B 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.02.2010 PCT/EP2010/052152**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.08.2010 WO10094776**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2010 E 10711622 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2017 EP 2399026**

54 Título: **Parque eólico en mar abierto**

30 Prioridad:
20.02.2009 EP 09153330

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.04.2018

73 Titular/es:
XEMC DARWIND B.V. (100.0%)
Oude Enghweg 2
1217 JC Hilversum, NL

72 Inventor/es:
DE BOER, GERLOF JOHANNES

74 Agente/Representante:
ARIAS SANZ, Juan

ES 2 663 352 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

Parque eólico en mar abierto

5 La invención se refiere a una granja eólica o parque eólico en mar abierto (*offshore*) que comprende dos turbinas eólicas. En este contexto, la expresión en mar abierto significa cualquier ubicación en el agua, por ejemplo, en el mar, el océano o un lago, cerca de la costa o lejos de la costa.

10 Las ubicaciones en mar abierto son particularmente útiles para parques eólicos, ya que se pueden obtener mayores rendimientos de energía eólica que en tierra y hay menos restricciones espaciales. Para construir parques eólicos en mar abierto, se pueden utilizar plataformas flotantes, como el sistema WindFloat® de la empresa estadounidense Marine Innovation & Technology, o el parque eólico flotante divulgado en la publicación de Internet "Oregon's floating wind farm" de Todd Woody (<http://www.priciple-powerinc.com/news/articles/fortuneOregonOff-Shore.pdf>). La patente holandesa NL 1008318 divulga soportes flotantes que soportan una pluralidad de turbinas eólicas.

15 En parques eólicos o granjas eólicas en mar abierto, se requiere una distancia mínima entre las turbinas eólicas para evitar que la turbulencia causada por una turbina eólica perturbe el flujo de viento que incide sobre una turbina eólica adyacente. La figura 1 muestra esquemáticamente el efecto de estela calculado de una turbina eólica de 5 MW con un diámetro de rotor de 115 metros. La distancia entre una turbina eólica corriente arriba y otras turbinas eólicas en su lado de sotavento ha de ser suficiente para mantener las turbinas eólicas fuera del área de estela de la turbina eólica corriente arriba, a fin de evitar una caída de la eficiencia de conversión de energía y cargas indeseables, que podrían causar un deterioro acelerado de los componentes de la turbina eólica. La figura 1 muestra el área de estela en caso de una dirección del viento invariable. Sin embargo, generalmente la dirección del viento varía. Esto da como resultado un área de estela ampliada y efectos de estela parciales, lo que requiere más separación entre turbinas eólicas vecinas.

20 Las turbinas eólicas están generalmente provistas de sistemas de guiñada que les permiten virar con el viento y mantener una orientación a barlovento o a sotavento con cada dirección del viento para maximizar la eficiencia energética. El área de estela gira con la guiñada de la turbina eólica. Como resultado, la distancia entre las turbinas eólicas debe ser suficientemente grande en todas las direcciones.

30 El documento WO 02/073032 divulga una planta de generación de energía eólica flotante en mar abierto con un flotador triangular con un sistema de amarre de punto único y una turbina eólica en cada una de sus esquinas. El flotador forma un triángulo equilátero. Las turbinas eólicas tienen una orientación paralela. En la dirección del viento, una de las turbinas eólicas se encuentra a cierta distancia de las otras dos. Las distancias entre las turbinas eólicas deben ser suficientemente grandes como para mantener las turbinas eólicas en el lado de sotavento fuera del área de estela de la turbina eólica delantera. Por lo tanto, se deben utilizar grandes estructuras flotantes.

40 El documento WO 2007/009464 divulga una planta para explotar la energía eólica en el mar. La planta comprende una serie de pontones que soportan una estructura de apoyo sobre la que se apoya una gran viga horizontal que soporta una pluralidad de pares de turbinas eólicas. La viga horizontal sirve de plataforma o de túnel. Debido a la alta densidad de turbinas eólicas la eficiencia de conversión será baja. La estructura parece demasiado compleja para ser útil.

45 El objeto de la invención es mejorar la producción de energía de un parque eólico en mar abierto de un tamaño dado. Otro objeto es proporcionar un parque eólico de alta rentabilidad con turbinas eólicas de construcción sencilla.

50 El objeto de la invención se obtiene mediante un parque eólico según la reivindicación 1. De esta manera, la turbulencia causada por las turbinas eólicas no perturba el flujo de viento que impacta sobre las turbinas eólicas vecinas. Las dos turbinas eólicas pueden estar mucho más juntas de lo que sería posible si una tercera turbina eólica delantera estuviera presente sobre la estructura flotante a una distancia por delante de las dos turbinas. Por ejemplo, la distancia entre las dos turbinas eólicas puede ser inferior al doble del diámetro del área de pala de rotor, por ejemplo, aproximadamente 1,5 veces el diámetro del área de pala de rotor. Puesto que la estructura flotante se puede hacer mucho más compacta, pueden utilizarse más turbinas eólicas por área de superficie y puede implementarse un parque eólico compacto con alta densidad de turbinas. La distancia entre la sección de amarre y las turbinas eólicas mejora la alineación automática con la dirección del viento mediante efecto veleta.

60 Cada una de las turbinas eólicas comprende un rotor con una o más palas de rotor que definen un plano de rotación. La interferencia por turbulencia se minimiza si los planos de rotación de las turbinas eólicas se encuentran dentro del mismo plano. Si una o más de las turbinas eólicas comprende un mecanismo de guiñada para virar a lo largo de un determinado intervalo angular, las turbinas eólicas pueden posicionarse de tal manera que los planos de rotación se encuentren dentro del mismo plano cuando las turbinas eólicas estén en la posición central de guiñada.

65 Aunque las palas de rotor definen un plano de la rotación, no se requiere que las palas tengan ejes longitudinales rectos paralelos. Las palas pueden estar total o parcialmente curvadas, torcidas y/o cónicas en relación con el buje, si así se desea. Sin embargo, en la impresión general, las palas definirán un plano de rotación.

- Las turbinas eólicas por ejemplo pueden tener una orientación fija en relación con la estructura flotante. En tal caso no necesitan tener un mecanismo de guiñada. Sin mecanismo de guiñada, la turbina eólica comprende menos partes móviles y requiere menos mantenimiento y reparación. La estructura flotante se puede girar para posicionar las turbinas eólicas en una posición a barlovento o a sotavento. Opcionalmente, una o más de las turbinas eólicas pueden tener un mecanismo de guiñada que permita un movimiento de guiñada limitado, por ejemplo, una guiñada a lo largo de un intervalo de unos 20 grados, por ejemplo aproximadamente unos 10 grados, para permitir la corrección cuando, en caso de desalineación entre la dirección del viento y la corriente del mar, las turbinas eólicas se muevan fuera de la dirección del viento.
- La estructura por ejemplo puede comprender una sección de amarre para amarrar los cables que anclan la estructura flotante a un lecho marino.
- Esta sección de amarre puede formar un punto de rotación. Los sistemas de amarre de torreta son especialmente apropiados. Un sistema de amarre de torreta es un sistema de amarre en el que los cables están conectados a una torreta que, a través de rodamientos, permite que la estructura flotante gire alrededor de las patas de anclaje. Los sistemas de amarre de un solo punto permiten que la estructura flotante se posicione por efecto veleta en la posición deseada.
- Opcionalmente, la estructura puede estar provista de una o más unidades motrices, por ejemplo, uno o más propulsores en una o más esquinas, para un posicionamiento más exacto de la estructura flotante. Esto puede, por ejemplo, ser deseable para compensar la corriente que mueve las turbinas eólicas flotantes alejándolas de la posición óptima en relación con el viento.
- En otra realización posible, la torreta puede ser una torreta desconectable, por ejemplo, que comprende una boya de amarre sumergible que puede ser acoplada de forma liberable a la torreta. Ejemplos de sistemas de torretas desconectables adecuados son el sistema de amarre de torreta ascendente (RTM, Riser Turret Mooring) y el sistema de amarre de torreta flotante (BTM, Buoyant Turret Mooring) de SBM Imodco Inc. de Houston, Texas. El uso de un sistema de torreta desconectable para amarrar una estructura flotante que soporta una o más turbinas eólicas tiene la ventaja de que la estructura flotante puede ser desconectada y transportada a otro lugar, por ejemplo, para el mantenimiento o la reparación o para el almacenamiento temporal en otro lugar para mantenerla a salvo frente a condiciones meteorológicas extremas previstas, como huracanes. Después de la desconexión de la boya de amarre sumergible, esta puede ser mantenida flotando por debajo del nivel del mar para evitar el impacto del movimiento de las olas. La boya puede llevar el extremo de conexión de los cables de alimentación que conectan las turbinas eólicas a una red eléctrica.
- Las turbinas eólicas serán típicamente de igual tamaño, potencia, tipo y altura. Sin embargo, si así se desea, se pueden utilizar turbinas eólicas diferentes, por ejemplo, turbinas eólicas de diferente altura.
- Las turbinas eólicas en la estructura flotante se colocan en una fila en disposición paralela. Los planos de rotación de las turbinas eólicas deben estar dentro del mismo plano si las turbinas eólicas tienen una orientación fija en relación con la estructura flotante. Si tienen un mecanismo de guiñada que permite la guiñada a lo largo de un intervalo angular limitado, los planos de rotación de todas las turbinas eólicas deben encontrarse preferiblemente dentro del mismo plano cuando las turbinas eólicas están en la posición de guiñada central.
- Para minimizar la diferencia de velocidad entre dos puntas de pala que pasan de las dos turbinas eólicas adyacentes, las turbinas eólicas pueden estar configuradas para girar en sentidos contrarios. En tal caso, las turbinas eólicas pueden, por ejemplo, tener geometrías de pala en espejo o las palas de rotor pueden tener geometría de pala de rotor simétrica. Alternativamente, las turbinas eólicas pueden estar dispuestas para girar en el mismo sentido si así se desea.
- Las esquinas que soportan las turbinas eólicas y la tercera esquina con la sección de amarre forman una disposición triangular. Esta configuración triangular por ejemplo puede formar un triángulo equilátero. Alternativamente, la distancia entre la sección de amarre y una turbina eólica puede ser mayor que la distancia entre las dos turbinas eólicas o la distancia puede ser menor, si así se desea. En general, la estructura flotante en su conjunto tendrá un contorno triangular, aunque otras formas también se pueden usar si así se desea.
- El parque eólico por ejemplo puede comprender equipos eléctricos, tales como un convertidor y/o transformador, compartidos por ambas turbinas eólicas, estando ubicados los equipos eléctricos en o cerca de la tercera esquina, o de otra esquina libre, de la estructura flotante. Otras instalaciones compartidas también pueden estar presentes en la estructura flotante, tal como un helipuerto. Un helipuerto compartido tiene la ventaja de que con cada vuelo puede darse servicio a dos turbinas eólicas. El número de vuelos necesarios para el mantenimiento de las turbinas eólicas se puede reducir sustancialmente.
- En una realización específica, la estructura flotante puede tener un centro de gravedad ubicado en o por encima de su centro de flotabilidad.
- La estructura por ejemplo puede comprender tres columnas verticales y elementos de conexión, cada uno de los

cuales conecta dos de las columnas. Por ejemplo las columnas pueden ser semisumergibles para estabilizarla para el impacto del movimiento de las olas. Opcionalmente, la estructura puede tener una placa de atrapamiento de agua horizontal sumergida fijada al extremo inferior de cada columna, que se extiende hacia fuera formando una sección de un círculo o un polígono alrededor de la base de cada columna, en donde el área de la placa de atrapamiento de agua excede el área de sección transversal de la columna estabilizadora sobre la que se fija, y en donde la placa de atrapamiento de agua se apoya en una pluralidad de vigas radiales cada una conectada por un extremo a la base de las columnas, y por el otro extremo a los bordes de la placa de atrapamiento de agua, y vigas transversales cada una conectada por ambos de sus extremos a la base de las columnas y proporcionando apoyo continuo a la placa de atrapamiento de agua.

Opcionalmente, la estructura flotante comprende una cubierta fijada a los extremos superiores de las columnas, y/o puede estar provista de pasarelas entre las columnas.

Las turbinas eólicas comprenden típicamente una torre que soporta una barquilla o góndola con un buje de rotor que soporta un rotor con al menos una pala de rotor. La fuerza del viento sobre la una o más palas induce la rotación del rotor que está conectado, por ejemplo, sin engranajes o a través de una transmisión de engranajes, a un generador que por ejemplo puede situarse en la barquilla.

La estructura flotante puede comprender una subestructura flotante, una cubierta que lleva instalaciones mínimas en mar abierto y/o un cable umbilical entre la estructura y posibles instalaciones submarinas por debajo de la estructura flotante. La subestructura puede comprender una pluralidad de columnas flotantes verticales fijadas a una placa de atrapamiento de agua horizontal por su extremo inferior y a una cubierta que soporta instalaciones por su extremo superior. La placa horizontal puede extenderse radialmente desde cada columna para cubrir el área formada por el centro de la base de las columnas. La estructura flotante por ejemplo puede comprender otras instalaciones tales como antenas y otros equipos de comunicación para intercambiar información con una plataforma anfitriona, un helipuerto, sistemas del almacenamiento y distribución, alojamientos para pasar la noche para el personal de mantenimiento, una grúa o pórtico para desplazar equipos sobre la cubierta, un cabrestante, o similares. La estructura flotante puede ser una unidad estabilizada por columna con una gran placa de atrapamiento de agua fijada en la base de las columnas. La placa de atrapamiento de agua horizontal sumergida puede estar diseñada para proporcionar mayor resistencia a las aceleraciones verticales y a las aceleraciones rotacionales de cabeceo y balanceo. Grandes cantidades de agua son desplazadas a medida que la placa tiende a moverse verticalmente. La masa de esta agua desplazada es del mismo orden o mayor que la masa de la estructura flotante. El área total de la placa es varias veces el área de sección transversal de las columnas. El tamaño y la forma de la placa se ajustan de modo que puedan compensar no solo la oscilación vertical, sino también la fuerte fuerza del viento que actúa sobre las turbinas eólicas soportadas. Esto asegura que el movimiento de la estructura flotante se mantenga pequeño durante el funcionamiento normal. La placa puede extenderse radialmente desde cada columna formando una sección de un polígono. La distancia radial se puede ajustar para controlar el período de cabeceo y balanceo natural. El área total de la placa se ajusta para controlar el período natural de oscilación vertical. En la sección de la placa de atrapamiento de agua que se extiende hacia el exterior de las columnas, no se dispone de apoyo para otras partes del casco cerca del borde exterior de la placa y, por lo tanto, la placa de atrapamiento de agua debe estar en voladizo desde la columna. Debido a las grandes cargas hidrodinámicas resistidas por la placa de atrapamiento de agua, se requieren grandes apoyos estructurales para asegurar la integridad de la placa y de su conexión a la columna. Tal estructura flotante es apta para amortiguar el movimiento de las olas y las turbinas, permitiendo que las turbinas eólicas estén emplazadas en lugares previamente inaccesibles con fuertes vientos. Una construcción apropiada para una estructura flotante por ejemplo se divulga en el documento US 7281881, incorporado por la presente como referencia.

La invención se explica adicionalmente con referencia al dibujo adjunto, en el que:

- 50 la Figura 1 muestra esquemáticamente la estela de una turbina eólica individual;
- la Figura 2 muestra en perspectiva un parque eólico de acuerdo con la presente invención.

La figura 2 muestra una vista en perspectiva de un parque eólico 1 en mar abierto de acuerdo con la presente invención. El parque eólico 1 comprende una estructura flotante 2 que soporta dos turbinas eólicas 3. Las turbinas eólicas 3 comprenden una torre 4 que soporta una góndola o barquilla 5 con un rotor 6 que comprende un buje 7 que soporta tres palas de rotor 8. La energía eólica que incide sobre las palas de rotor 7 induce la rotación del rotor 6 que está conectado, por ejemplo, sin engranajes o a través de una transmisión de engranajes, a un generador ubicado en la barquilla, lo que convierte la energía mecánica del rotor en energía eléctrica, que se alimenta a una red de suministro eléctrico. Las palas de rotor de cada turbina eólica 3 definen un plano de rotación. Como se muestra en la Figura 1, estos planos de rotación de ambas turbinas eólicas se sitúan dentro del mismo plano. Las turbinas eólicas 3 tienen una orientación fija en relación con la estructura flotante 2 y no tienen un mecanismo de guiñada.

La estructura flotante 2 tiene un centro de gravedad ubicado por encima de su centro de flotación. La estructura 2 comprende tres columnas verticales 10 en disposición triangular. Fijada al extremo inferior de cada una de estas columnas 10 hay una placa de atrapamiento de agua horizontal sumergida (no mostrada) que se extiende hacia

fuera para formar una sección de un círculo o un polígono alrededor de la base de cada columna 3. El área de la placa de atrapamiento de agua excede el área de sección transversal de la columna estabilizadora 3 a la que está fijada. La placa de atrapamiento de agua se apoya en una pluralidad de vigas radiales cada una conectada por un extremo a la base de las columnas 3, y por el otro extremo a los bordes de la placa de atrapamiento de agua, y vigas transversas cada una conectada por ambos de sus extremos a la base de las columnas y proporcionando apoyo continuo a la placa de atrapamiento de agua.

Las tres columnas 10 forman un triángulo. Las partes superiores de las columnas 10 forman una cubierta 20. Dos de estas cubiertas 20 soportan una turbina eólica 3. La cubierta 22 en la tercera esquina 21 puede soportar instalaciones compartidas, tales como un convertidor o transformador común usado para ambas turbinas eólicas y/o un helipuerto compartido o similar (no se muestra). La cubierta 22 en la tercera esquina 21 también se utiliza como sección de amarre con una torreta (no mostrada) para fijar cables de amarre que anclan la estructura flotante 2 al lecho marino. La estructura flotante 2 puede girar alrededor de la tercera esquina 21. La fuerza del viento orientará la estructura flotante 2 con las turbinas eólicas 3 a una orientación a barlovento. Las tres columnas 10 están conectadas mediante elementos de conexión 23.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Parque eólico (1) que comprende al menos una estructura flotante (2) que soporta turbinas eólicas que tienen un rotor con palas de rotor que definen un plano de rotación, estando colocadas las turbinas eólicas en una fila en disposición paralela, teniendo la estructura flotante tres esquinas, **caracterizado por que** la estructura flotante soporta solo dos turbinas eólicas, estando provistas dos de las esquinas de una de las turbinas eólicas (3) y comprendiendo una tercera esquina (21) una sección de amarre, en el que la tercera esquina no soporta ninguna turbina eólica.
- 10 2. Parque eólico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los planos de rotación de las turbinas eólicas se encuentran dentro del mismo plano.
- 15 3. Parque eólico de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que las dos turbinas eólicas tienen una orientación fija en relación con la estructura flotante (2).
4. Parque eólico de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la estructura flotante (2) comprende un sistema de amarre de torreta.
- 20 5. Parque eólico de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el sistema de amarre de torreta comprende una torreta desconectable y sumergible.
- 25 6. Parque eólico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la distancia entre las turbinas eólicas (3) es menos del doble del diámetro de área de pala de rotor, por ejemplo alrededor de 1, 5 veces el diámetro del área de pala de rotor.
7. Parque eólico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura flotante (2) está provista de uno o más propulsores.
- 30 8. Parque eólico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura flotante (2) tiene un centro de gravedad ubicado por encima de su centro de flotabilidad.
- 35 9. Parque eólico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura flotante (2) comprende tres columnas verticales (10) y una placa de atrapamiento de agua horizontal sumergida fijada al extremo inferior de cada una de las columnas que se extiende hacia fuera para formar una sección alrededor de la base de cada columna, en el que el área de la placa de atrapamiento de agua excede el área de sección transversal de la columna estabilizada (10) sobre la que está fijada, y en el que la placa de atrapamiento de agua se apoya en vigas radiales cada una conectada por un extremo a la base de las columnas, y por el otro extremo a los bordes de la placa de atrapamiento de agua, y vigas transversales cada una conectada, por ambos de sus extremos, a la base de las columnas y proporcionando apoyo continuo a la placa de atrapamiento de agua.
- 40 10. Parque eólico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura flotante (2) comprende instalaciones compartidas para las dos turbinas eólicas, tales como un helipuerto y/o equipos eléctricos, tales como un convertidor y/o transformador, estando ubicadas las instalaciones compartidas en o cerca de la tercera esquina (22).
- 45

Fig. 1

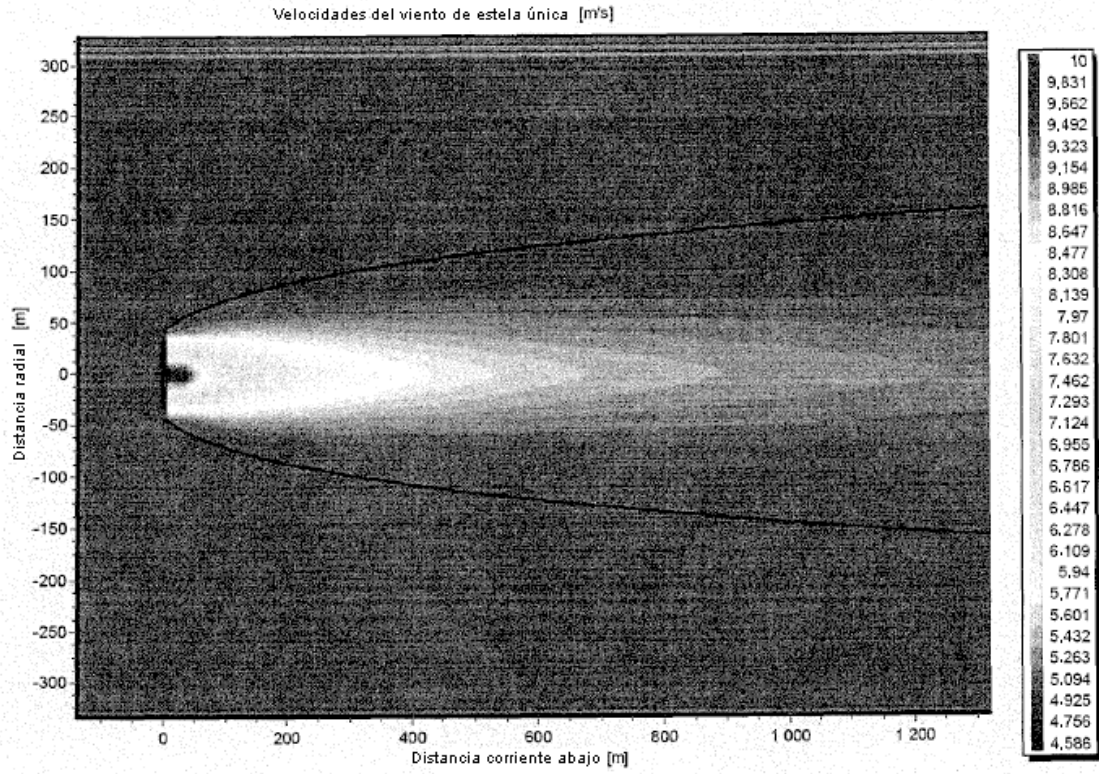


FIG 2

