

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 153**

51 Int. Cl.:

**B63B 35/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2010 E 10798831 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2013 EP 2493753**

54 Título: **Embarcación de transporte para turbinas de viento parcialmente sumergible**

30 Prioridad:

**27.10.2009 US 255261 P**

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

**27.12.2013**

73 Titular/es:

**WINDFLIP AS (100.0%)  
NTNU Alfred Getzvei 3 Sentralbygg 1  
7491 Trondheim, NO**

72 Inventor/es:

**HYNNE, ANDERS y  
MANNSAKER, TORBJORN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 436 153 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**

Embarcación de transporte para turbinas de viento parcialmente sumergible

**Campo de la invención**

5 La invención presente se refiere a embarcaciones adecuadas para el transporte por el agua de turbinas de viento o eólicas, y más particularmente a una embarcación parcialmente sumergible capaz de transportar una turbina de viento elevada por fuera del agua y entregar la turbina de viento en una posición de flotación vertical para instalarla en un lugar deseado, y un método para transportar y entregar una carga flotante. El documento de los EE.UU. 7.112.010 B1 representa la técnica anterior más parecida.

**Antecedentes de la invención**

10 Las turbinas de viento convencionales instaladas frente a la costa se asientan típicamente sobre torres introducidas profundamente en el suelo oceánico. Dichas turbinas de viento deben ser instaladas en lugares donde la profundidad del agua es típicamente 15 metros o menos. Para superar esta restricción se han creado turbinas de viento flotantes. La estructura flotante está formada por un cilindro de acero, u otro material similar de alta resistencia lleno de un lastre. El lastre puede ser agua, tierra, rocas y similares. Una turbina de viento flotante de gran capacidad puede extenderse 100 metros por debajo de la superficie marina. Dichas unidades se aplican al suelo oceánico usando un sistema para fondearlas. Estas turbinas de viento flotante pueden estar situadas mucho más dentro del mar que las turbinas de viento oceánicas montadas en tierra, donde la velocidad media del viento es mayor, dando como resultado un mejor rendimiento en la generación de energía.

15 Para situar estas turbinas de viento flotantes en el lugar deseado frente a la costa, deben ser remolcadas mientras flotan en su posición sustancialmente vertical. Esto tiene como consecuencia una resistencia al remolque muy grande. Como resultado de la gran resistencia al remolque, se requieren grandes remolcadores. Otra consideración cuando se remolcan turbinas de viento es el considerable movimiento lateral que se produce debido a la generación de vórtices. El movimiento lateral hace que sea muy difícil el remolque de turbinas de viento en una posición vertical a velocidades superiores a dos nudos. Por esta razón, el traslado de una turbina de viento flotante desde un lugar a otro puede requerir un tiempo sustancialmente largo.

20 Una ventaja de remolcar turbinas de viento en su posición vertical es que se requiere poca innovación para remolcar las turbinas. La tecnología existe en la actualidad, y está bien establecida.

25 Para aumentar la velocidad a la que una turbina de viento puede ser transportada, la turbina de viento puede ser elevada completamente fuera del agua y luego situada en una barcaza en posición horizontal. Sin embargo, si se usa una tecnología y un equipo convencionales dicha solución requiere una embarcación con grúa para elevar la turbina de viento sobre una barcaza o una embarcación para el transporte. En cuanto la turbina de viento y la barcaza llegan al destino deseado, la embarcación con grúa, que ha acompañado a la barcaza, debe levantar a continuación la turbina de viento fuera de la barcaza y hacerla bajar para introducirla en el agua. Considerando el peso y el tamaño de dichas turbinas de viento flotantes, que puede aproximarse a 6.500 toneladas, 8.000 toneladas, o incluso más, no existen en el mundo muchas embarcaciones con grúa con suficiente capacidad de elevación, por eso su disponibilidad puede ser problemática. Además, dicha operación puede requerir múltiples embarcaciones para manejar y entregar la turbina de viento.

**Sumario de la invención**

30 Existe una necesidad de una solución para la entrega de turbinas de viento flotantes en los lugares acuáticos deseados de una manera más efectiva y eficiente que remolcar la turbina de viento por el agua en posición vertical, o usar múltiples embarcaciones para transportar la turbina de viento fuera del agua. La invención presente está destinada a soluciones adicionales para hacer frente a esta necesidad, además de tener otras características deseables.

35 Según una realización de la invención presente, una embarcación parcialmente sumergible incluye un casco que tiene un lado de babor, un lado de estribor, una popa y una proa, el casco tiene un estrechamiento hacia la proa. Un tanque de ala de babor está dispuesto a babor del casco y un tanque de ala de estribor está dispuesto a estribor del casco. Hay dispuesto un aparato de montaje de turbina de viento en una cubierta de la embarcación y está configurado para soportar una turbina de viento situada en general horizontal o lateralmente respecto a la cubierta. La embarcación está configurada para girar, mientras flota, alrededor de un eje lateral del casco alterando una inclinación de la embarcación de tal manera que sumerge completamente la popa y eleva la proa hasta una posición del casco sustancialmente vertical. La posición del casco sustancialmente vertical se caracteriza por un eje longitudinal del casco que es sustancialmente perpendicular a una superficie superior del agua. Una línea de flotación del casco cuando éste flota en la posición del casco sustancialmente vertical se encuentra sustancialmente entre el estrechamiento y la proa.

40 Según aspectos de la invención presente, la embarcación puede tener un calado de aproximadamente 120 metros o menos. La embarcación puede estar configurada además para girar alrededor del eje lateral del casco para sumergir

y mantener la proa a 5 grados aproximadamente de la horizontal. La embarcación puede ser una barcaza. La embarcación puede incluir además una configuración de popa abierta que tenga una cubierta plana inclinada.

5 Según una realización ejemplar de la invención presente, un método para transportar y entregar una carga flotante incluye cargar la carga inclinada sobre una embarcación parcialmente sumergible, siendo elevada la carga por encima de una superficie de agua en la que flota la embarcación. La embarcación es situada en un lugar de entrega deseado. Se introduce lastre en una pluralidad de tanques de desplazamiento para hacer que la embarcación pivote alrededor de un eje lateral, sumergiendo una porción de popa de la embarcación y elevando una porción de proa de la embarcación, hasta que la embarcación haya girado desde una posición sustancialmente horizontal hasta una posición sustancialmente vertical. La carga flotante es retirada de la embarcación para situarla y fondearla.

10 Según aspectos de la invención presente, el método puede incluir además llenar con lastre dos o más tanques de ala, los tanques de ala están dispuestos en la embarcación de tal manera que se encuentran por encima de una línea de flotación de la embarcación cuando la embarcación está en la posición horizontal, y por debajo de una línea de flotación de la embarcación cuando la embarcación está en la posición vertical.

Según aspectos adicionales de la invención presente, la carga flotante puede ser una turbina de viento flotante.

### 15 Descripción breve de los dibujos

Se comprenderá mejor la invención presente haciendo referencia a la descripción siguiente con los dibujos que la acompañan, en los que:

La Figura 1 es una vista en perspectiva esquemática de una embarcación de transporte de turbina de viento parcialmente sumergible, según una realización de la invención presente;

20 La Figura 2 es una vista lateral esquemática de una embarcación de transporte de turbina de viento parcialmente sumergible, según una realización de la invención presente;

La Figura 3 es una vista desde arriba esquemática de la embarcación de la Figura 2, según un aspecto de la invención presente;

25 La Figura 4 es una vista lateral esquemática de la embarcación en una posición vertical, según un aspecto de la invención presente;

La Figura 5 es una vista en perspectiva esquemática de una pluralidad de tanques de desplazamiento dispuestos dentro de la embarcación, según un aspecto de la invención presente;

La Figura 6 es una vista lateral esquemática de la embarcación en una posición de proa sumergida, según un aspecto de la invención presente; y

30 La Figura 7 es una vista en perspectiva de una configuración de popa abierta según un aspecto de la invención presente.

### Descripción detallada

Una realización ilustrativa de la invención presente se refiere a una embarcación de transporte de turbina de viento parcialmente sumergible. La embarcación está formada por un casco que tiene un lado de babor, un lado de estribor, una popa y una proa, con un estrechamiento hacia la popa de tal manera que la anchura de la manga del casco se reduce al aproximarse a la proa. Un tanque de ala de babor está dispuesto a babor del casco y un tanque de ala de estribor está dispuesto a estribor del casco. Un aparato de montaje de turbina de viento está dispuesto en una cubierta de la embarcación y está configurado para soportar una turbina de viento situada en general horizontal o lateralmente con relación a la cubierta. La embarcación está configurada para girar, mientras flota, alrededor de un eje lateral del casco, alterando una inclinación de la embarcación de tal manera que sumerge completamente la popa y eleva la proa hasta una posición del casco sustancialmente vertical. Este giro se consigue llenando con agua una pluralidad de tanques de lastre, incluyendo los tanques de ala de babor y de estribor. Esto puede realizarse, por ejemplo, abriendo válvulas que conducen a los tanques, y se puede controlar remotamente desde un barco cercano por medio de control remoto. La posición del casco sustancialmente vertical se caracteriza por un eje longitudinal del casco que está sustancialmente perpendicular a una superficie superior del agua. Una línea de flotación del casco cuando éste flota en la posición del casco sustancialmente vertical está sustancialmente entre el estrechamiento y la proa. Cuando se desea que el casco retorne a la posición horizontal, se vacían los tanques de lastre usando aire a presión. El aire a presión puede proceder de un barco cercano.

50 Las Figuras 1 a la 7, en las que las partes similares son designadas con números de referencia similares, ilustran realizaciones ejemplares de una embarcación parcialmente sumergible capaz de transportar turbinas de viento flotantes, según la invención presente. Aunque se describe la invención presente haciendo referencia a las realizaciones ejemplares ilustradas en las Figuras, será evidente que muchas formas alternativas pueden incorporar la invención presente. A una persona experta en la técnica se le ocurrirán diferentes maneras adicionales de alterar los parámetros de las realizaciones descritas, tales como el tamaño, la forma, o el tipo de los elementos o de los

materiales, de una manera que seguirá ajustándose al espíritu y al alcance de la invención presente.

La Figura 1 es una vista en perspectiva de una embarcación parcialmente sumergible 10, adecuada para transportar turbinas de viento, según una realización de la invención presente. La embarcación 10 tiene un lado de babor 12, un lado de estribor 14, una popa 16 y una proa 18. La embarcación 10 puede incluir espacios auxiliares 20 para alojar tripulación, controles de la embarcación, un puente, bodegas, acoplamientos a suministros externos, y similares. Cualquiera de estos espacios auxiliares 20 puede ser incluido, o no, dependiendo del uso que se pretende dar a la embarcación 10. Un casco 22 de la embarcación 10 está construido con materiales de cascos convencionales, tales como metal, fibra de vidrio, y/o materiales compuestos conocidos por personas con una experiencia ordinaria en la técnica. La embarcación 10 puede ser del tipo autopropulsado, o puede tener la forma de una barcaza, que requiere ser remolcada por un remolcador o barco similar.

También mostrada en la Figura 1 hay una turbina de viento flotante 24 situada inclinada sobre una cubierta de la embarcación. Una turbina de viento flotante 24 es una turbina de viento que tiene suficiente flotabilidad para flotar en el agua en una configuración sustancialmente vertical durante la operación. La turbina de viento flotante 24 puede ser manufacturada por un número de fabricantes diferentes. En cuanto la turbina de viento flotante 24 ha quedado situada en el agua en un lugar deseado, es anclada o fondeada mediante múltiples anclas o amarres, y a continuación flota en su sitio mientras está operativa. Un ejemplo de turbina de viento flotante 24 es la turbina de viento de Hywind, fabricada por Siemens y Tehchnip para StatoilHydro. Esta turbina de viento produce 2,3 MW, tiene un peso de 6.500 toneladas, una altura de 65 m, un calado de 100 m, puede ser instalada en el agua a profundidades de 120 - 700 m, y requiere tres líneas de amarre. Será evidente para una persona con experiencia ordinaria en la técnica que la invención presente no está de ninguna manera limitada a operar siguiendo este ejemplo específico de turbina de viento flotante, sino que otras turbinas de viento flotantes que tengan atributos y características similares, y que se ajustan a las embarcaciones del tipo descrito en esta memoria para el transporte y entrega, han sido anticipadas para ser usadas en la invención presente.

La Figura 2 ilustra una vista lateral de una embarcación parcialmente sumergible 10 según otra realización de la invención presente. En esta realización, la embarcación 10 tiene una configuración de barcaza, sin mecanismo de autopropulsión. En esta Figura se pueden ver el lado de estribor 14, la popa 16, la proa 18, y la turbina de viento 24. Además, se muestra un tanque de ala de estribor 28 extendiéndose hacia arriba desde el nivel de una cubierta de la embarcación 10. La Figura 3 muestra una vista desde arriba de la embarcación 10 en la que se pueden ver el tanque de ala de estribor 28 y un tanque de ala de babor 30. El tanque de ala de estribor 28 y el tanque de ala de babor 30 son simétricos entre sí y se elevan por encima del nivel de la cubierta de la embarcación 10. Esta configuración es útil en la operación de la embarcación, según se describe en esta memoria. El tanque de ala de estribor 28 y el tanque de ala de babor 30 son tanques de desplazamiento añadidos a una pluralidad de tanques de desplazamiento 36 distribuidos por todo el casco 22 de la embarcación 10 (véase la Figura 5).

La expresión un "tanque de desplazamiento" se refiere a cualquier tanque adecuado según se describe en esta memoria que puede estar configurado para contener agua, aire a presión y similares, El tanque de desplazamiento puede servir para una variedad de cometidos, incluyendo controlar el desplazamiento ajustando el tipo, cantidad, etc. de contenido de fluido o de aire a presión dentro del tanque. De esta manera, será evidente para una persona con experiencia ordinaria en la técnica que en algunas realizaciones de la invención presente, un tanque de lastre puede servir como un tanque de desplazamiento adecuado.

El casco 22, según se muestra en la Figura 3, incluye un estrechamiento 32 entre una sección principal del casco 22 y la proa 18. El estrechamiento 32 es una transición entre la anchura de la manga del casco 22 de la sección principal, y la anchura de la manga del casco en la proa 18. El estrechamiento 32 reduce la anchura de la manga del casco 22 en un punto a lo largo de la eslora del casco antes de una línea de flotación definida a lo largo del casco 22 cuando la embarcación 10 está en una condición de parcialmente sumergida, según se describe en esta memoria. La reducción de la anchura de la manga del casco 22 en el estrechamiento 32 permite que el casco 22 tenga una relación similar de desplazamiento al área del plano de flotación que la turbina de viento flotante 24. Dicho de otra manera, la reducción de la anchura de la manga hace que disminuya el área de la línea de flotación de la embarcación cuando ésta está en la posición vertical. Esta reducción es necesaria para conseguir una relación similar de área del plano de flotación ( $A_{WL}$ ) al desplazamiento ( $\Delta$ ), ( $A_{WL}/\Delta$ ), cuando la turbina de viento 24 está siendo transportada y entregada.

La Figura 4 ilustra la embarcación parcialmente sumergible 10 después de haber sido hecha pivotar o girar alrededor de su eje lateral 90 grados aproximadamente desde la horizontal, situando de esta manera la embarcación 10 en una posición sustancialmente vertical. Una línea imaginaria denominada "WL" muestra la línea de flotación de la embarcación 10 cuando ésta flota en el agua en su posición vertical. Como puede verse, la línea de flotación WL está por encima de la parte más ancha del casco 22, y del estrechamiento 32.

La Figura 5 es una representación esquemática de la pluralidad de tanques de desplazamiento 36 distribuidos por todo el casco 22 de la embarcación 10. En la ilustración, para mayor claridad, el casco 22 y las estructuras circundantes han sido retirados y se muestra la estructura interna de los tanques de desplazamiento. Como puede verse, la pluralidad de tanques de desplazamiento 36 llena y replica sustancialmente la forma del casco 22 que mantiene los tanques. Cada uno de la pluralidad de tanques de desplazamiento 36 puede contener agua o aire a

presión que se le suministra para controlar el desplazamiento. El agua es tomada del cuerpo de agua en el que la embarcación 10 flota. El aire a presión es suministrado por uno o más tanques de aire a presión o por compresores situados ya sea en la embarcación 10 ó en una embarcación o en una estructura cercanas. Será evidente para una persona con experiencia ordinaria en la técnica que el aire a presión puede ser suministrado de varias maneras diferentes, incluyendo tanques o mediante un compresor. Conforme cada uno de la pluralidad de tanques de desplazamiento 36 se va llenando de agua, la embarcación 10 se sumerge progresivamente y pivota o gira alrededor de su eje lateral L (véase la Figura 3). La embarcación 10 puede pivotar o girar, alterando una inclinación de la embarcación 10 de manera que sumerge completamente la popa 16 y eleva la proa 18 hasta alcanzar una posición del casco sustancialmente vertical (según se muestra en la Figura 4). Este giro es realizado llenando de agua una pluralidad de tanques de lastre, incluyendo los tanques de ala de babor y de estribor, abriendo válvulas de la cubierta, según una realización de la invención presente. Esto puede hacerse remotamente desde un barco cercano por medio de control remoto, o mediante equipo de a bordo. La posición del casco sustancialmente vertical se caracteriza porque un eje longitudinal del casco está situado sustancialmente perpendicular a una superficie superior del agua en la que flota la embarcación.

Durante la operación, la embarcación parcialmente sumergible 10 soporta la carga en la forma de la turbina de viento flotante 24 montada sustancialmente horizontal de un extremo a otro de la cubierta de la embarcación 10. La turbina de viento flotante 24 puede ser montada usando un número de estructuras y configuraciones de montaje diferentes para mantener la turbina de viento flotante 24 en su sitio en la cubierta durante el transporte. Debido a que la turbina de viento flotante 24 está completamente por encima del agua, la turbina de viento flotante 24 no causa directamente ninguna resistencia adicional sobre la embarcación 10 cuando ésta se mueve por el agua. De la misma manera, la embarcación 10 en sí mantiene un casco con forma sustancialmente convencional, con una sección de proa estrechada 18 para cortar el agua cuando la embarcación 10 se desliza.

Cuando la embarcación 10 llega a un lugar de instalación deseado para la turbina de viento flotante 24, la embarcación detiene su movimiento hacia delante. La introducción de agua en la pluralidad de tanques de desplazamiento 36 de una manera ordenada causa que el casco 22 pivote o gire alrededor de su eje lateral L. Cuando el agua llena la pluralidad de tanques de desplazamiento 36, la popa 16 se sumerge en el agua y la turbina de viento flotante 24 empieza de igual manera a ser sumergida en el agua. Al ir llenando continuamente la pluralidad de tanques de desplazamiento, y el tanque de ala de estribor 28 y el tanque de ala de babor 30, la embarcación 10 continúa pivotando o girando 90 grados aproximadamente hasta una posición sustancialmente vertical (según se muestra en la Figura 4). Los dos tanques de ala 28, 30 proporcionan estabilidad y control adicionales cuando la embarcación 10 transita desde la posición horizontal hasta la posición sustancialmente vertical.

En la posición sustancialmente vertical, la embarcación 10 y la turbina de viento flotante 24 flotan en el agua, con una línea de flotación WL, aproximadamente en la situación mostrada en la Figura 4. Flotando con esta configuración, y con las posiciones relativas descritas de la turbina de viento 24 y la embarcación 10, la relación de desplazamiento al área del plano de flotación de la turbina de viento 24 y de la embarcación 10 son sustancialmente similares. Dicho de otra manera, cuando la turbina de viento 24 y la embarcación 10 flotan en la posición vertical, el volumen desplazado cerca de la superficie del agua es relativamente pequeño. Las partículas de agua se mueven a la mayor velocidad cerca de la superficie del agua. La velocidad de las partículas de agua decae exponencialmente según aumenta la profundidad del agua. La fuerza ejercida por las partículas de agua sobre un cuerpo es mayor donde la velocidad de las partículas de agua es más elevada. Para minimizar las fuerzas ejercidas sobre un cuerpo, es por tanto deseable minimizar el volumen donde el movimiento de las partículas es mayor. De esta manera, un cuerpo con menor volumen cerca de la superficie del agua sufrirá menos impactos que un cuerpo con mayor volumen. Según esto, es deseable reducir el volumen del cuerpo 10 de la embarcación en la superficie del agua cuando ésta está en la posición vertical. Como resultado del pequeño volumen desplazado cerca de la superficie, la turbina de viento 24 y la embarcación 10 pueden tener cada una unos movimientos verticales, de cabeceo, balanceo, guiñada, oleaje y vaivén muy pequeños. Es por tanto posible ajustar las características de movimiento de la embarcación 10 para que las características de movimiento de la embarcación 10 sean coherentes con las características de movimiento de la turbina de viento 24. Como resultado, se minimiza el movimiento relativo entre los dos cuerpos. Proporcionar una relación similar de desplazamiento al área del plano de flotación a la embarcación 10 y a la turbina de viento 24 causa que ambos cuerpos reaccionen de manera similar a las olas. Con reacciones similares, resulta menor la necesidad de tomar medidas contra colisiones potenciales entre los dos cuerpos cuando están en posición vertical.

Con respecto a la pluralidad de tanques de desplazamiento 36, según una realización ejemplar de la invención presente, los tanques son llenados con agua abriendo válvulas situadas en la cubierta de la embarcación 10. La operación de las válvulas puede ser realizada remotamente, y las válvulas pueden estar dispuestas donde sea necesario para controlar la entrada de agua dentro de los tanques. La pluralidad de tanques de desplazamiento 36 puede ser vaciada más adelante mediante la introducción de aire a presión procedente de tanques o de compresores. Una razón para usar aire a presión es evitar la necesidad de un casco de presión que tenga capacidad de absorber fuerzas hidrostáticas muy grandes. Con el uso de aire a presión es posible mantener la misma presión sustancialmente dentro de los tanques que la presión hidrostática fuera de los tanques. Como será evidente para personas con experiencia ordinaria en la técnica, es necesaria alguna diferencia de presión entre el interior y el exterior del tanque para forzar el agua a salir. Sin embargo, esta diferencia de presión es bastante pequeña en

comparación con la presión hidrostática. El peso y el costo de la embarcación 10 se reducen sustancialmente si no es necesario que tenga un casco de presión.

5 Volviendo ahora al proceso de la entrega de la turbina de viento flotante 24, la turbina de viento 24 que flota en la posición vertical puede ser retirada de la embarcación 10 y guiada hasta un lugar deseado para ser fondeada en su sitio. En cuanto la turbina de viento 24 y la embarcación 10 están sustancialmente separadas, y se establece una distancia suficiente y segura entre la turbina de viento 24 y la embarcación 10, el proceso puede empezar haciendo que pivote o que gire la embarcación 10 desde su posición vertical hasta una posición horizontal convencional. Para hacer que gire la embarcación 10, el agua debe ser retirada de los tanques. Esto puede ser realizado de varias maneras diferentes, como será evidente para personas con una experiencia ordinaria en la técnica. El método preferido a ser usado en la invención presente es la introducción de aire a presión en los tanques. Conforme el aire a presión entra en la pluralidad de tanques de desplazamiento 36 y en los tanques de ala 28, 30, el agua sale de los tanques y la embarcación 10 pivota o gira alrededor del eje lateral L de vuelta a su posición horizontal.

10 Un aspecto importante de la invención presente es la existencia del tanque de ala de estribor 28 y del tanque de ala de babor 30. Los tanques de ala de la embarcación han sido diseñados para mejorar la estabilidad durante el proceso de basculamiento. Estos tanques están montados en la cubierta en la forma de una extensión de los lados del barco. Los tanques de ala producen un aumento del área de la línea de flotación de la embarcación. Un aumento del área de la línea de flotación total es equivalente a un aumento de la estabilidad de la embarcación. Esto puede ser demostrado mediante la ecuación siguiente que gobierna la estabilidad inicial:

$$20 \quad GM = KB + BM - KG - \frac{(A_{WL})(r_{gyr})^2}{\dot{N}}$$

25 En la ecuación anterior, "GM" es la distancia desde el metacentro a un centro de gravedad. En general, una GM mayor indica una mayor estabilidad de la embarcación. Sin embargo, una GM que sea demasiado grande puede dar como resultado una embarcación que es demasiado estable para el objetivo descrito en esta memoria, particularmente porque puede producir movimientos de balanceo muy desiguales. Para embarcaciones con forma convencional, GM debe encontrarse entre aproximadamente 0,5 y 3,0 metros en condiciones de operación. "Ñ" es el desplazamiento de la embarcación. "KB" es la distancia desde la quilla al centro de flotación. "KG" es la distancia desde la quilla al centro de gravedad. En la posición horizontal, los tanques de ala 28, 30 están por encima de la línea de flotación. De esta manera no aumentan la estabilidad de la embarcación 10 cuando la embarcación 10 está en la posición horizontal. La estabilidad de la embarcación 10, por tanto, no está próxima a una condición de una estabilidad excesiva y causar movimientos de balanceo desiguales.

30 Sin embargo, cuando la embarcación 10 pivota o gira hacia la posición vertical, los tanques de ala 28, 30 aumentan significativamente el área en la línea de flotación. Sin los tanques de ala 28, 30, la estabilidad del casco 22 es insuficiente, y el casco 22 puede volcar o dar la vuelta. Los tanques de ala 28, 30 producen un mayor efecto sobre la estabilidad a 20 grados aproximadamente de la horizontal.

35 Según se muestra en la Figura 6, la embarcación 10 de la invención presente puede incluir además la capacidad de bajar la proa 5 grados aproximadamente desde la horizontal durante la carga de una turbina de viento a la embarcación. Son posibles otras posiciones de pivotaje o giro alrededor del eje lateral L y han sido anticipadas mediante la estructura de la invención presente. Con la pluralidad de tanques de desplazamiento 36, puede conseguirse un número de posiciones del casco diferentes añadiendo y retirando agua de una manera organizada e intencional para causar que el casco pivote o gire según se desee. Además, en el caso de que la turbina de viento 24 no esté bien equilibrada en el centro de la cubierta 34, puede ser necesario controlar el lastre en la pluralidad de tanques de desplazamiento 36 desde una perspectiva de babor a estribor así como controlar el giro alrededor del eje lateral L. Toda esta funcionalidad ha sido anticipada por la embarcación 10 de la invención presente.

40 La Figura 7 es una ilustración esquemática de la popa 16 de la embarcación. Según una realización ejemplar de la invención presente, la popa 16 puede tener una configuración de popa abierta con una cubierta de plano inclinado 38. La cubierta de plano inclinado 38 es útil para bajar el centro de gravedad durante la operación, a la vez que eleva también las palas y la góndola de la turbina de viento (colectivamente, la turbina de viento 24) más lejos de la superficie del agua.

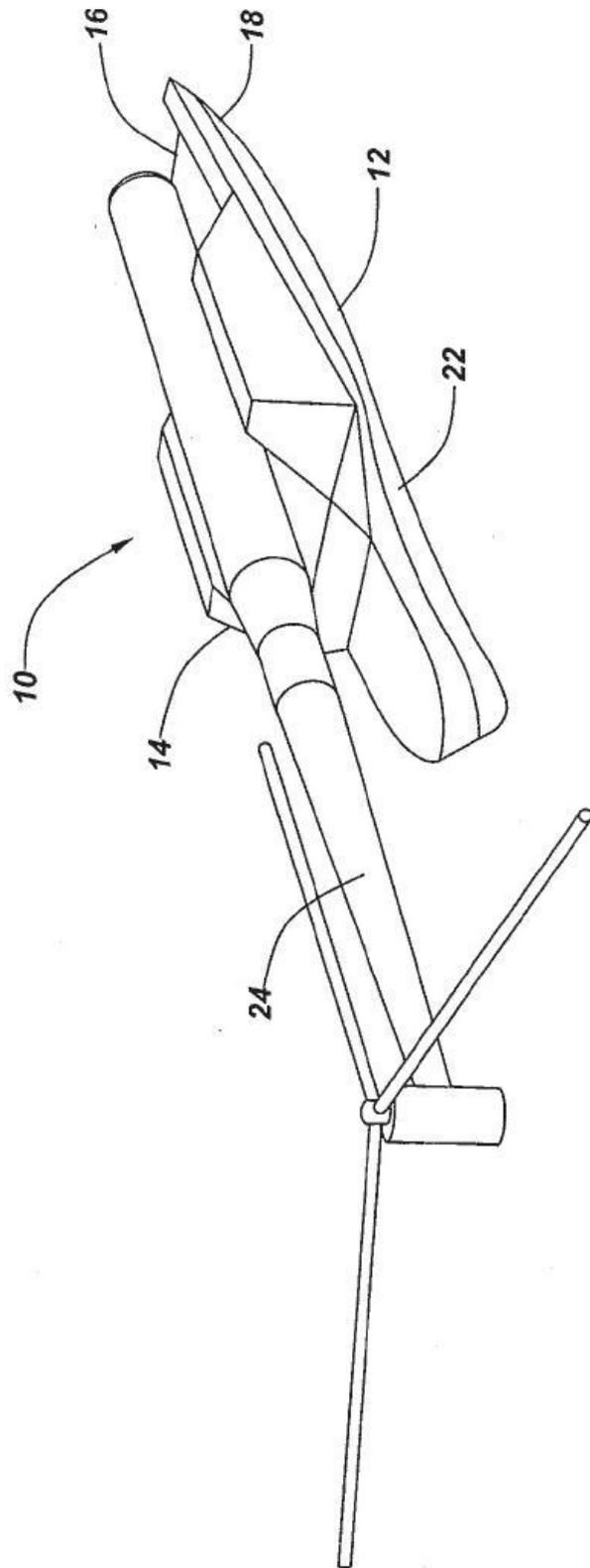
45 Se ha descrito la invención presente usando una configuración con la popa de la embarcación sumergiéndose y la proa elevándose para situar la embarcación en la posición vertical. Será evidente para una persona con experiencia ordinaria en la técnica que una embarcación que opere de forma contraria (sumergiendo la proa y elevando la popa) tiene una configuración que se considera que ha sido anticipada por la invención presente.

50 Numerosas modificaciones y realizaciones alternativas de la invención presente serán evidentes para las personas expertas en la técnica a la vista de la descripción anterior. Según lo expuesto, esta descripción debe ser considerada

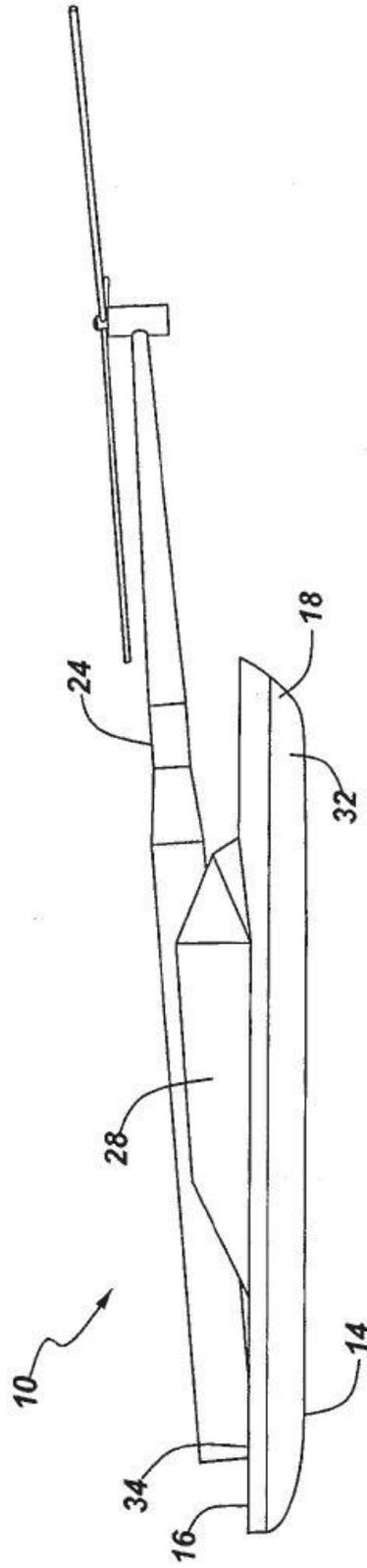
5 solamente como ilustrativa y con el objeto de enseñar a personas expertas en la técnica el mejor modo de realizar la invención presente. Algunos detalles de la estructura pueden variar sustancialmente sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Se reserva el uso exclusivo de todas las modificaciones que se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Se pretende que la invención presente se limite solamente a la extensión requerida por las reivindicaciones adjuntas y las leyes aplicables.

REIVINDICACIONES

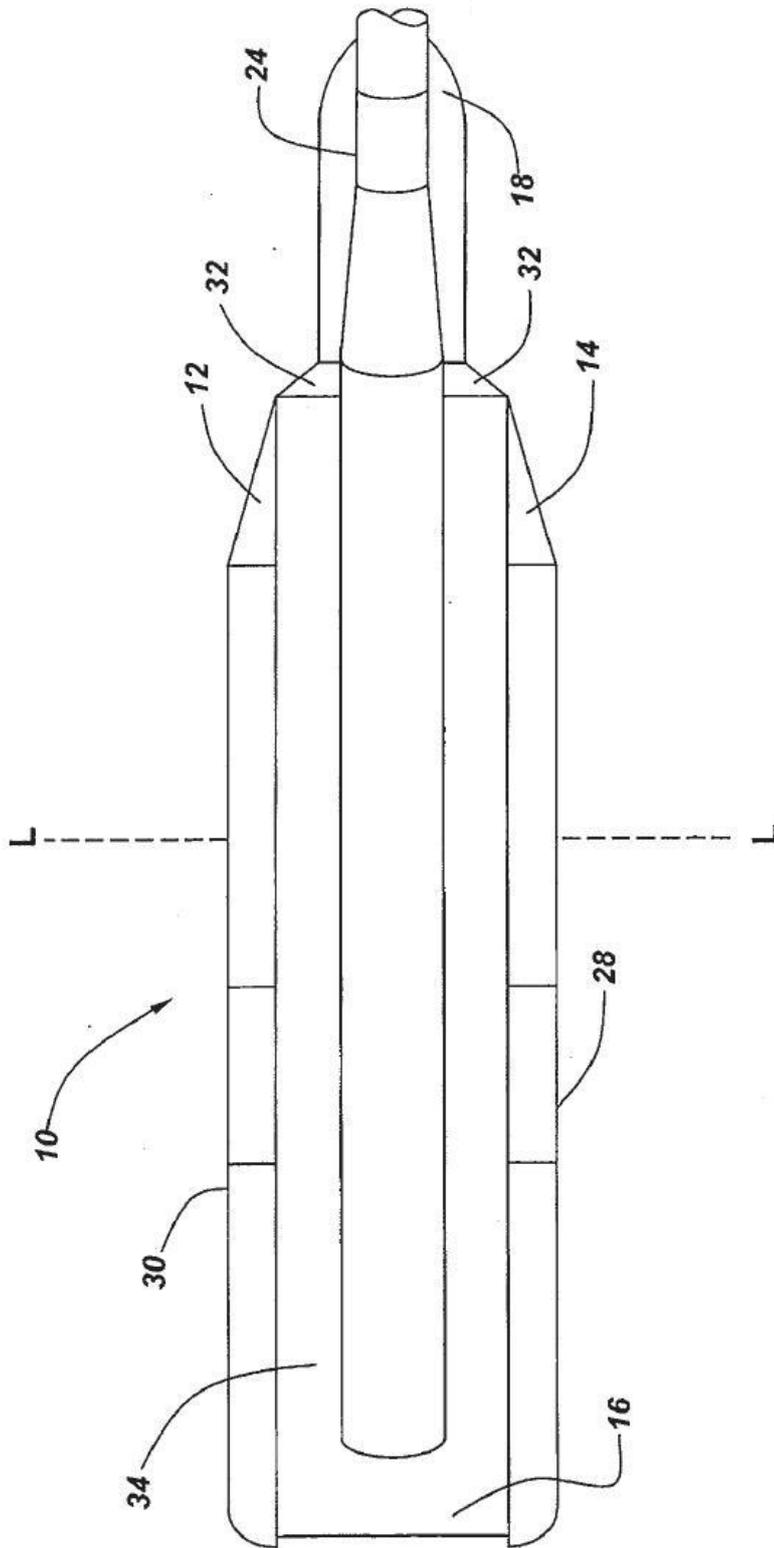
1. Una embarcación (10) que comprende:  
un casco (22) que tiene un lado de babor (12); un lado de estribor (14); una popa (16) y una proa (18); teniendo el casco un estrechamiento (22) hacia la proa;
- 5 un tanque de ala de babor (30) dispuesto a babor del casco por encima de una línea de flotación del casco y un tanque de ala de estribor (28) dispuesto a estribor del casco por encima de la línea de flotación del casco (WL) cuando el casco está en una posición horizontal ; y  
una cubierta de la embarcación configurada para soportar una turbina de viento (24) dispuesta inclinada sobre la cubierta;
- 10 **caracterizada** por que la embarcación es parcialmente sumergible y está configurada para girar, mientras flota, alrededor de un eje lateral (L) del casco alterando una inclinación de la embarcación de tal manera que hace que la popa (16) se sumerja completamente y se eleve la proa (18) hasta una posición del casco sustancialmente vertical, en donde el eje longitudinal del casco está sustancialmente perpendicular a una superficie superior del agua; y en donde una línea de flotación del casco cuando éste flota en la posición del casco sustancialmente vertical está entre el estrechamiento y la proa.
- 15 2. La embarcación de la reivindicación 1, en la que la embarcación (10) tiene un calado de aproximadamente 120 metros o menos.
3. La embarcación de la reivindicación 1, en la que la embarcación (10) está configurada además para girar alrededor del eje lateral del casco (22) para sumergir y mantener la proa (18) a 5 grados aproximadamente de la horizontal.
- 20 4. La embarcación de la reivindicación 1, en la que la embarcación (10) comprende una barcaza.
5. La embarcación de la reivindicación 1, comprendiendo además una configuración de popa abierta (16) que tiene una cubierta plana inclinada.
6. Un método para transportar y entregar una carga flotante, comprendiendo:  
25 cargar la carga flotante inclinada sobre una embarcación parcialmente sumergible, estando la carga flotante por encima de una superficie de agua en la que la embarcación flota;  
situar la embarcación en un lugar de entrega deseado;  
introducir lastre en una pluralidad de tanques de desplazamiento para hacer que la embarcación pivote alrededor de un eje lateral, sumergiendo una porción de popa de la embarcación y elevando una porción de proa de la embarcación, hasta que la embarcación haya girado desde una posición sustancialmente horizontal hasta una posición sustancialmente vertical; y  
30 retirar la carga flotante de la embarcación para situarla y fondearla.
7. El método de la reivindicación 6, comprendiendo además llenar dos o más tanques de ala con lastre, estando los tanques de ala dispuestos en la embarcación de tal manera que están por encima de una línea de flotación de la embarcación cuando la embarcación está en la posición horizontal, y por debajo de una línea de flotación de la embarcación cuando la embarcación está en la posición vertical.
- 35 8. El método de la reivindicación 6, en el que la embarcación tiene un calado de aproximadamente 120 metros o menos.
9. El método de la reivindicación 6, en el que la embarcación está configurada además para girar alrededor del eje lateral del casco para sumergir y mantener la proa a 5 grados aproximadamente de la horizontal.
- 40 10. El método de la reivindicación 6, en el que la embarcación comprende una barcaza.
11. El método de la reivindicación 6, comprendiendo además una configuración de popa abierta que tiene una cubierta plana inclinada.
12. El método de la reivindicación 6, en el que la carga flotante comprende una turbina de viento flotante.



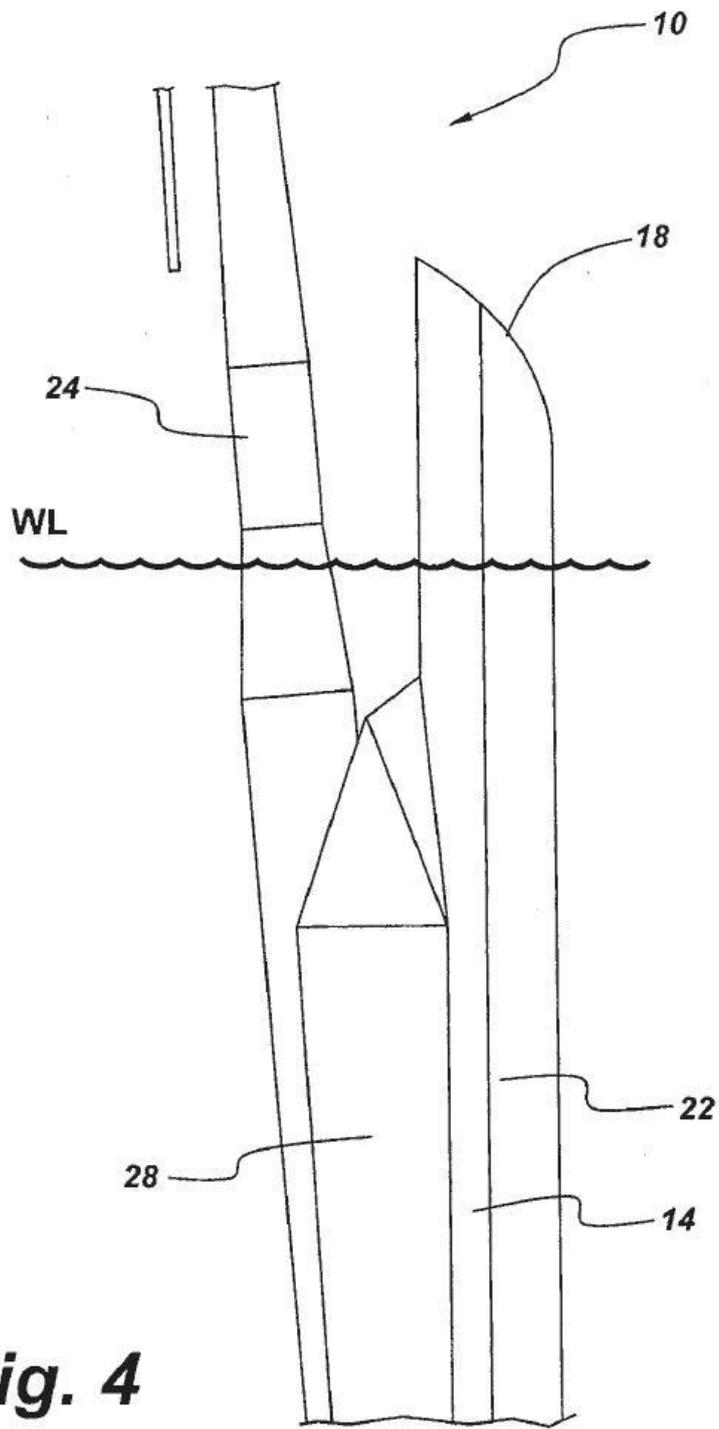
**Fig. 1**



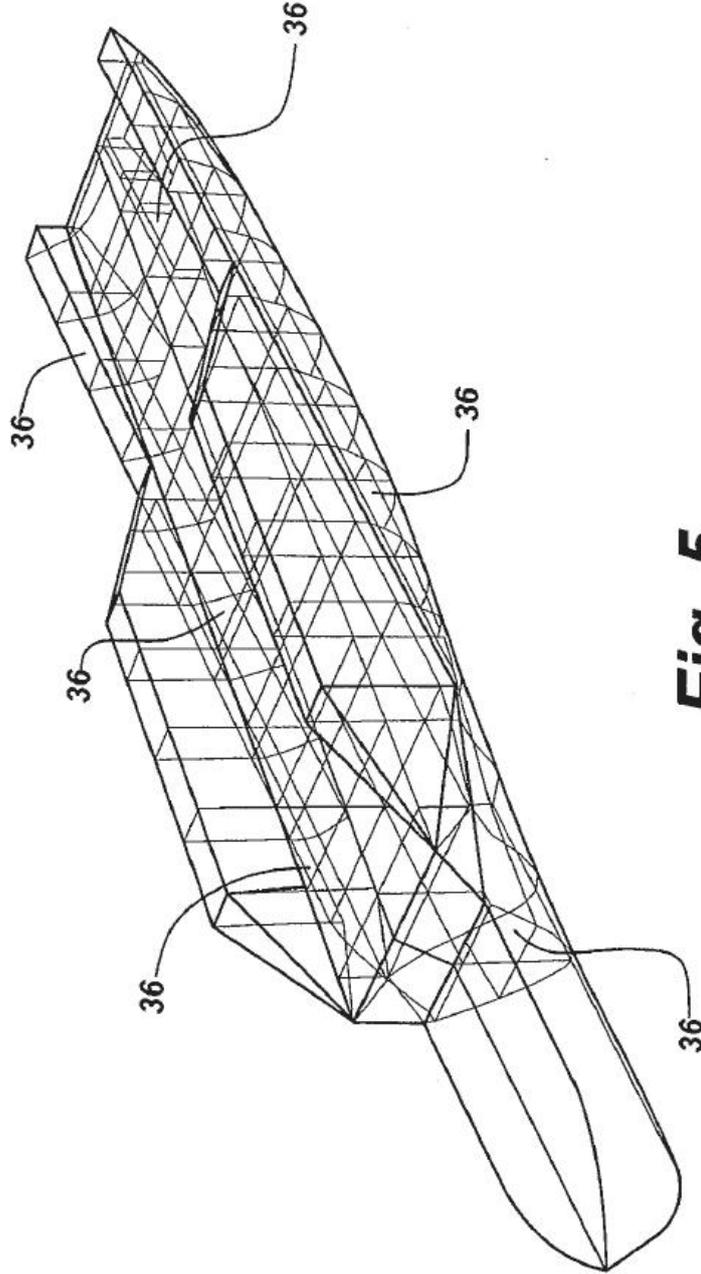
**Fig. 2**



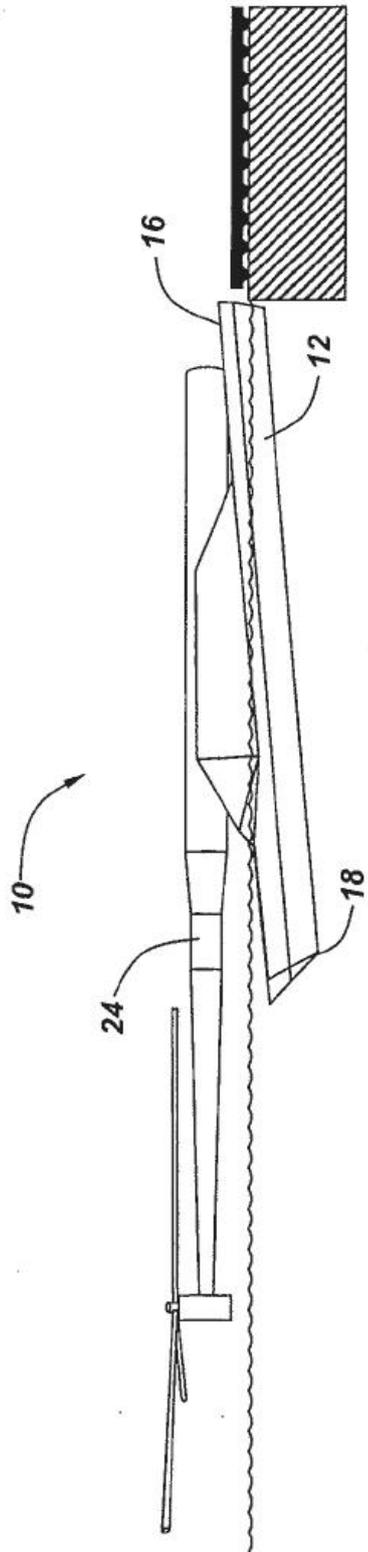
**Fig. 3**



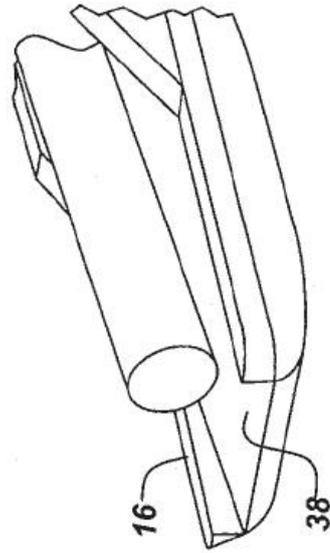
**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**