



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 328 568**

51 Int. Cl.:  
**B63B 21/00** (2006.01)  
**E02B 3/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03741711 .0**  
96 Fecha de presentación : **30.07.2003**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1534583**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.06.2005**

54 Título: **Sistema de amarre con control activo.**

30 Prioridad: **30.07.2002 NZ 520450**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.11.2009**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.11.2009**

73 Titular/es: **Cavotec MSL Holdings Limited**  
**Unit 2, Level 1 Amuri Park**  
**404 Barbadoes Street**  
**Christchurch, NZ**

72 Inventor/es: **Montgomery, Peter, James y**  
**Rossiter, Bryan, John**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 328 568 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

Sistema de amarre con control activo.

5 **Campo técnico**

La presente invención se relaciona con un sistema de amarre de navíos con control activo y más específicamente con un sistema para monitorizar las cargas de amarre aplicadas a y hacia el desplazamiento de un navío. En particular aunque no únicamente la invención se relaciona con el control de un sistema de amarre que emplea robots de amarre que tienen un elemento de unión provisto de atracción para encajar con una superficie para realizar el amarre del navío.

**Técnica anterior**

El amarre de un barco en un terminal tal como un muelle utilizando robots de amarre es conocido. Sistemas automatizados tales como estos son descritos por ejemplo en WO 0162585 la que constituye el arte anterior más cercano y tiene un número de ventajas sobre los métodos convencionales de amarre que emplean líneas de amarre.

Cuando un navío se aproxima al terminal los robots de amarre son capaces de asegurar un barco y sujetarlo con fuerzas grandes dentro de un lapso de tiempo razonablemente corto para contrarrestar cualquier fuerza dinámica significativa con el fin de reducir el movimiento del barco y por lo tanto llevarlo bajo un control preciso hacia una posición deseada respecto al terminal. Sin embargo, un problema que cualquier sistema de amarre debe contrarrestar es el efecto de las corrientes de agua y los vientos que tienden a aplicar fuerzas a la nave en una dirección que puede impulsar el barco fuera del contacto con los robots de amarre. Esto introduce importantes consideraciones de seguridad en el diseño de los sistemas robóticos que emplean elementos de unión con atracción tales como copas de vacío. Al considerar aspectos ambientales, es deseable proveer un alto nivel de seguridad a la vez que se evita también un sobrediseño y una redundancia excesiva.

Los fallos en el amarre de un navío con un robot de amarre de estilo de copas de vacío ocurren cuando las fuerzas aplicadas a un navío en una dirección tendientes a liberar el navío de las copas de vacío exceden la fuerza de succión de las copas de vacío sobre el navío. Esta fuerza de sustentación puede variar de acuerdo con el grado de succión que se aplica mediante el sistema de succión neumático. El tamaño de la fuerza de sujeción y por lo tanto la capacidad de sujeción aplicada por los robots de amarre al vacío puede variar por lo tanto. En formas más tradicionales de amarre que utilizan líneas de amarre, la capacidad de sujeción provista por las líneas de amarre está determinada por la fuerza de ruptura de las líneas de amarre o por la fuerza de las fijaciones que sostienen las líneas de amarre entre el navío y la orilla.

En métodos de amarre convencionales que emplean líneas de amarre, se han propuesto diversos métodos para monitorear las cargas de amarre y controlar el sistema de amarre para evitar fallos catastróficos. Por ejemplo, la magnitud de estas cargas de tracción en las líneas de amarre han sido monitorizadas en métodos previos para controlar los tornos de amarre automáticos. Por ejemplo la US4055137 describe el uso de detectores de tensión para determinar la fuerza de tensión dentro de una línea de amarre conectada entre un muelle y un navío. Tal información se usa para controlar los tornos con el fin de hacer ajustes a la tensión de las líneas de amarre según se desee. El sistema de la US4055137 sin embargo solamente puede ser utilizado con confianza para asegurar que ciertos límites de fuerza dentro de las líneas de amarre no sean excedidos. Tales límites están fijados dependiendo de la fuerza de tracción de las líneas de amarre o de las fijaciones en cuestión. Puesto que tales límites de fuerza de tracción no varían con el tiempo y no pueden variar con el tiempo la información obtenida a partir de las fuerzas dentro de las líneas de torsión pueden relacionarse solamente con la determinación de la fuerza de ruptura máxima final del amarre. Además puesto que no hay medición de ángulos de fuerza entre el navío y las líneas de amarre no es posible utilizar el sistema de la US4055137 para determinar la fuerza total que está siendo aplicada al navío por ejemplo en la dirección de babor a estribor y en dirección longitudinal. Además a la luz de que no hay desplazamientos angulares o mediciones de desplazamiento provistas por el sistema descrito en US4055137 la invención de la US4055137 no permite una información de posición exacta provista como parte del sistema. El sistema de la US4055137 también es incapaz de proporcionar datos de carga de amarre mientras que el navío se está moviendo con respecto al terminal, puesto que el sistema no está diseñado para mover a propósito un navío.

La US4532879 describe un robot de amarre que está directamente acoplado a un navío. Al igual que la US4055137 no se provee conexión de vacío. Mientras que se mide una fuerza de amarre en una dirección solamente por el robot de amarre de la US4532879 su propósito es restaurar el posicionamiento del navío con respecto al robot de amarre. La fuerza es medida para controlar un sistema hidráulico de presión para proveer tales fuerzas de restauración. Puesto que la capacidad final de sostenimiento del robot de amarre es determinada a partir de la fuerza de la estructura física no hay necesidad de controlar la fuerza de amarre dependiente de cualquier variación en la fuerza de sostenimiento final del acoplamiento entre el barco y el robot de amarre puesto que no hay tal variación. Además el robot de amarre de la US4532879 es capaz únicamente de medir fuerzas en una dirección puesto que el robot tiene rotación libre alrededor de un punto de pivote. Puesto que el robot de amarre no provee restricciones laterales al barco este sistema es análogo a la medición de fuerza en una línea de amarre como la mostrada por ejemplo en US4055137.

Nuestra propia publicación anterior de la WO02/090176 describe un robot de amarre al cual sin embargo no se hace ninguna referencia referente a la relación existente entre la fuerza de sostenimiento de la copa de vacío variable y las fuerzas medidas por el robot de amarre en por lo menos las direcciones de babor a estribor y longitudinal.

## ES 2 328 568 T3

Un aspecto adicional con respecto a la monitorización de las fuerzas y desplazamientos en un sistema de amarre de una línea de amarre es el hecho de que tales líneas de amarre son frecuentemente elásticas en su naturaleza. De acuerdo con lo anterior no puede medirse una determinación absoluta de las fuerzas y del posicionamiento en tal acoplamiento elástico. Mientras que las mediciones de las líneas de amarre pueden ser alcanzadas para proveer una información absoluta acerca de la misma, no es un reflejo instantáneo de la carga y el posicionamiento del navío.

De acuerdo con lo anterior algunos de los sistemas de la técnica anterior tal como se describen más arriba utilizan las provisiones de medición de fuerzas para asegurar el mantenimiento del sistema de amarre dentro de los límites de la autodestrucción. Esto es así debido al acoplamiento mecánico directo del navío con los robots de amarre del muelle.

Además la exactitud alcanzable con los sistemas de línea de amarre de la técnica anterior está limitado por las propiedades de las líneas de amarre, la cuales pueden interferir una con otra o con bolardos, etc., para producir efectos anómalos que no pueden ser medidos fácilmente.

Es de acuerdo con lo anterior un objeto de la presente invención proveer un sistema de amarre con control activo que apunte hacia las necesidades y problemas antes mencionados o por lo menos a proveer al público con una opción útil.

Aspectos adicionales y ventajas de la presente invención serán evidentes a partir de la descripción siguiente la cual se da a manera de ejemplo únicamente.

### Descripción de la invención

La invención está definida por las reivindicaciones independientes 7, 15, 18, 23 y 24.

De acuerdo con un primer aspecto la presente invención consiste en un método para controlar un sistema de amarre de navíos incluyendo dicho sistema por lo menos un robot de amarre para atar de manera temporal un navío que flota sobre la superficie de un cuerpo de agua a un terminal, incluyendo el robot de amarre un elemento anexo de fuerza de atracción que está encajado de manera móvil a una estructura de base de dicho robot de amarre, estando dicha estructura de base fija a dicho terminal, siendo dicho elemento de unión de fuerza de atracción encajable de manera liberable con una superficie del navío para atar el navío con dicho terminal, en una dirección seleccionada de una o más entre

(i) una dirección de babor a estribor,

(ii) una dirección longitudinal, y

(iii) una dirección vertical,

en donde dicho método, después de la asociación del navío con el sistema de amarre permitiendo que la superficie del navío sea enganchada por el elemento anexo de fuerza atractiva y el establecimiento de una fuerza de atracción entre dicho navío y dicho robot de amarre comprende;

(a) medir la fuerza de atracción entre la superficie del navío y el elemento de unión de fuerza de atracción, para los propósitos de determinar la capacidad de sujeción en una dirección seleccionada de por lo menos uno de

(i) la dirección paralela a la dirección de la fuerza de atracción,

(ii) la dirección normal a la dirección de la fuerza de atracción y horizontalmente, y

(iii) la dirección normal a la dirección de la fuerza de atracción y verticalmente;

(b) medir la fuerza entre el elemento de unión de fuerza de atracción y la estructura de base del robot de amarre en por lo menos una dirección seleccionada de por lo menos una o más de

(i) la dirección paralela a la dirección de la fuerza de atracción,

(ii) la dirección normal a la dirección de la fuerza de atracción y horizontalmente,

(iii) la dirección normal a la dirección de la fuerza de atracción y verticalmente; y

(c) monitorizar la relación entre la fuerza de atracción y las fuerzas medidas en (b), donde se dispara una alarma con cuando una o más de las fuerzas medidas (b) en una dirección que tiende a permitir que el movimiento relativo entre el elemento de unión de la fuerza de atracción y el dicho navío, se aproxime a una fuerza de atracción dependiente de la capacidad de sujeción en la dirección y tiende a permitir el movimiento relativo de unión de la fuerza de atracción con dicho navío.

## ES 2 328 568 T3

Preferiblemente dicho elemento de unión de la fuerza de atracción es un elemento de unión de fuerza de atracción variable y el método incluye además, cuando una o más de las fuerzas medidas en (b) alcanza un límite predefinido que tiende a permitir el movimiento relativo entre el elemento de fuerza de atracción variable y el dicho navío en una dirección paralela a tal fuerza medida, el control para variar, y preferiblemente incrementar, la fuerza de atracción entre la superficie del navío y el elemento de unión de fuerza de atracción variable en respuesta a la fuerza medida en (b).

Preferiblemente dicho elemento de unión de fuerza de atracción es un elemento de unión de fuerza de atracción variable y el método incluye además, cuando uno o más de las fuerzas medidas en (b) alcanza un límite predefinido que tiende a permitir un movimiento relativo entre el elemento de atracción de fuerza variable y el dicho navío en una dirección paralela a tales fuerzas medidas, el control para variar, y preferiblemente incrementar la fuerza de atracción entre la superficie del navío y el elemento de unión de fuerza de atracción variable proporcional a las fuerzas medidas en (b).

Preferiblemente dicho elemento de unión de fuerza de atracción es un elemento de unión de fuerza de atracción variable y el método incluye adicionalmente, cuando una o más de las fuerzas medidas en (b) alcance un límite predefinido que tiende a permitir un movimiento relativo entre el elemento de atracción de fuerza variable y el dicho navío en una dirección paralela a tales fuerzas medidas, controlando mediante el incremento de las fuerzas de atracción de la superficie del navío y el elemento de unión de las fuerzas de atracción variables cuando las fuerzas medidas en (b) alcanzan un límite máximo de un rango predeterminado.

Preferiblemente cuando las fuerzas medidas en (b) entre el elemento de unión de fuerza de atracción y la estructura de base es continuamente monitorizado y determinado a partir de una señal como respuesta a un transductor, y cuando dicha señal de respuesta a dicho transductor es presentada visualmente en un sistema de control se indica la fuerza o fuerzas entre el navío y dicha estructura de base de dicho robot de amarre.

Preferiblemente dicho sistema incluye una pluralidad de robots de amarre espaciadamente separados, cada uno presentando un elemento de unión de fuerza de atracción para enganchar con una superficie de dicho navío y donde las fuerzas tal como son medidas en (b) entre el elemento de unión de fuerza de atracción y la estructura de base de cada robot de amarre son monitorizadas continuamente y determinadas a partir de una señal de respuesta a un transductor, donde dicha señal de respuesta a dicho transductor es presentada sobre un sistema de control visualmente, para indicar las fuerzas entre el navío y dicha estructura de base de dicho robot de amarre.

Preferiblemente dicho sistema incluye una pluralidad de robots de amarre separados entre sí, presentando cada uno un elemento de unión con fuerza de atracción para engancharse con una superficie de dicho navío, y donde dicho método incluye adicionalmente, cuando una o más de las fuerzas medidas en (b) de uno de dichos robots de amarre tiende hacia permitir un movimiento relativo entre el elemento de unión con fuerza de atracción y el dicho navío en una dirección paralela a tales fuerzas medidas por tal aproximación a una capacidad de sujeción del elemento de unión con fuerza de atracción en cualquiera de tales direcciones, por lo menos uno de los otros robots de amarre es controlado en cuanto a su movimiento de su elemento de unión de fuerza de atracción con respecto a dicha estructura de base en una dirección para variar la fuerza entre su elemento de unión con fuerza de atracción y su estructura de base en una dirección opuesta a dicha dirección para reducir por lo tanto la fuerza en tal dicha dirección entre el elemento de unión con fuerza de atracción y su dicha estructura de base de dicho robot de amarre.

Preferiblemente dicho sistema incluye una pluralidad de robots de amarre espaciados entre sí, presentando cada uno un elemento de unión con fuerza de atracción variable para enganchar a una superficie de dicho navío, y donde dicho método incluye adicionalmente, cuando una o más de las fuerzas medidas en (b) de uno de dichos robots de amarre tiende a permitir el movimiento relativo entre el elemento de atracción con fuerza variable y el dicho navío en una dirección paralela a tales fuerzas medidas por tal aproximación a una capacidad de sujeción del elemento de unión con fuerza de atracción en cualquier dirección, por lo menos uno de los otros robots de amarre está controlado para variar, y preferiblemente incrementar su fuerza de atracción.

Preferiblemente cuando la fuerza de atracción entre cada elemento de unión con fuerza de atracción y la superficie del navío se mide y una señal correspondiente a la fuerza de atracción medida es transmitida para el propósito de presentación.

Preferiblemente donde la fuerza de atracción entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción y la superficie del navío es medida y una señal correspondiente a la fuerza de atracción medida es transmitida para propósitos de comparación con las fuerzas medidas de (b) donde una alarma es disparada cuando una cualquiera o más de las fuerzas medidas en (b) alcanza una proporción de una fuerza de sujeción requerida para que resulte en un movimiento relativo entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción y dicho navío, fuerza de sujeción que es dependiente de la fuerza de atracción medida.

Preferiblemente cuando la fuerza de atracción entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción y la superficie del navío es medida y una señal correspondiente a la fuerza de atracción medida es transmitida para propósitos de comparación con la fuerza medida de (b), y cuando la fuerza de atracción varía, y preferiblemente se incrementa cuando una cualquiera o más de las fuerzas medidas en (b) alcanza un límite correspondiente a una fuerza de sujeción requerida para traducirse en un movimiento relativo entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción y dicho navío, fuerza de sujeción que es dependiente de la fuerza de atracción medida.

## ES 2 328 568 T3

Preferiblemente cuando el elemento de unión con fuerza de atracción es de una clase que debe ser enganchada con una superficie plana de dicho navío con su fuerza de atracción actuando en sentido normal solamente sobre dicha superficie planar, y cuando la fuerza de atracción entre cada elemento de unión con fuerza de atracción y la superficie plana es medida y una señal correspondiente a la fuerza de atracción medida es transmitida para propósitos de comparación con la fuerza medida en (b) (ii), y cuando una alarma es disparada cuando tal fuerza en una dirección tiende a resultar en un movimiento relativo de dicho elemento de unión con fuerza de atracción y dicho navío en la dirección paralela a la fuerza medida en (b) (ii), se aproxima a la capacidad de sujeción de dicho elemento de unión con fuerza de atracción con dicho navío tal como se determina a partir de la fuerza de atracción medida.

Preferiblemente cuando el elemento de unión con fuerza de atracción es de una clase tal que debe ser enganchado con una superficie plana de dicho navío con su fuerza de atracción actuando en forma normal solamente sobre dicha superficie plana y es un elemento de unión con fuerza de atracción variable, donde la fuerza de atracción entre cada elemento de unión con fuerza de atracción y la superficie plana es medida y una señal correspondiente a la fuerza de atracción medida es transmitida para propósitos de comparación con la fuerza medida en (b) (ii) y donde, cuando tal fuerza en una dirección alcanza un límite predefinido que tiende a resultar en un movimiento relativo de dicho elemento de unión con fuerza de atracción y dicho navío en la dirección paralela a la fuerza medida en (b) (ii), se aproxima a la capacidad de sujeción de dicho elemento de unión con fuerza de atracción con dicho navío, la fuerza de atracción es variada, y preferiblemente incrementada.

Preferiblemente cuando la fuerza entre el robot de amarre y el navío paralelo a la dirección de la fuerza medida en (b) (i) tiende a resultar en una separación de dicho elemento de unión con fuerza de atracción de dicho navío excede un primer umbral el robot de amarre adopta un modo de seguridad donde la fuerza de atracción entre la superficie del navío y el elemento de unión con fuerza de atracción se adapta para ejercer una fuerza de atracción máxima.

De acuerdo con un segundo aspecto la presente invención consiste en un sistema de amarre de navíos, adecuado para amarrar un navío a un terminal, el cual puede ser un terminal fijo o flotante, que comprende,

por lo menos dos robots de amarre asegurados al terminal, incluyendo cada robot de amarre una estructura de base fija con respecto al terminal, y un elemento de unión con fuerza de atracción enganchado de manera móvil a la estructura de base, siendo dicho elemento de unión con fuerza de atracción enganchable de manera liberable con una superficie de navío adyacente para asegurar el navío a dicho terminal, siendo capaz dicho elemento de unión con fuerza de atracción de ejercer una fuerza de atracción normal a dicha superficie del navío a la cual va a ser unido para contrarrestar fuerzas de carga externas que están siendo ejercidas sobre el navío; y medios para establecer la fuerza de atracción entre dicho navío y dicho elemento de unión con fuerza de atracción;

caracterizado porque

cada robot de amarre incluye medios para actuar con movimientos del elemento de unión con fuerza de atracción con respecto a la estructura de base en por lo menos una dirección seleccionada a partir de una cualquiera o ambas entre la dirección de babor a estribor y la dirección longitudinal;

y dicho sistema incluye adicionalmente

(a) medios para medir la fuerza de atracción entre el elemento de unión con fuerza de atracción de cada robot de amarre y el navío en una dirección paralela a dicha normal para proveer una "lectura de la capacidad de fuerza de atracción" y

(b) medios para medir la fuerza entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción y la estructura de base de dicho robot de amarre en por lo menos una dirección correspondiente a cualquiera o más de una de entre:

- i. una dirección paralela a la dicha normal para proveer una "lectura normal de fuerzas"
- ii. una dirección horizontal y perpendicular a dicha normal para proveer una "lectura de fuerza de corte horizontal", y
- iii. una dirección vertical y perpendicular a la normal para proveer una "lectura de fuerza de corte vertical"

(c) medios para monitorizar la relación entre dicha lectura de capacidad de fuerza de atracción y cualquiera o más de dichas lecturas de fuerza normales, lectura de fuerza de ruptura horizontal, y lecturas de fuerza de ruptura vertical para proveer una o varias "lecturas del estado del amarre"

(d) medios para controlar cada uno de los robots de amarre que responden a dichas lecturas del estado del amarre de una forma tal que cuando una o más de dichas lecturas normales de fuerza, lecturas de fuerza de ruptura horizontal alcanzan un límite predeterminado, y las lecturas de fuerza de ruptura vertical en una dirección que tiende a permitir un movimiento relativo entre dicho navío y dicho elemento de unión con fuerza de atracción de un dicho robot de amarre, de la capacidad de dicho elemento de unión con fuerza de atracción para sujetar el navío en tal dirección, dichos medios para controlar inician por lo menos una o más acciones seleccionadas entre las siguientes:

## ES 2 328 568 T3

- i. dichos medios para establecer dicha fuerza de atracción de una forma que varíe, y preferiblemente incremente dicha fuerza de atracción,
- 5 ii. una alarma, y
- 10 iii. un desplazamiento del elemento de unión con fuerza de atracción de por lo menos otro robot de amarre con respecto a su estructura de base, en una dirección opuesta a una dirección que tiende hacia permitir un movimiento relativo entre dicho navío y dicho elemento de unión con fuerza de atracción de dicho robot de amarre, para incrementar la fuerza de carga sobre dicho por lo menos un robot de amarre y reducir la fuerza de carga sobre el dicho robot de amarre en dicha dirección que tiende hacia permitir un movimiento relativo entre dicho navío y dicho elemento de unión con fuerza de atracción de dicho robot de amarre.

15 Preferiblemente dicho elemento de unión con fuerza de atracción es una almohadilla o copa de vacío y dichos medios para establecer la fuerza de atracción entre dicho navío y dicho elemento de unión con fuerza de atracción es un sistema de vacío en comunicación fluida con dicha copa de vacío e incluye un generador de vacío. Preferiblemente, el generador de vacío es una bomba de vacío.

20 Preferiblemente cuando un conjunto curvado de por lo menos dos robots de amarre están provistos para ser enganchados cerca al canto de proa de dicho navío, y un conjunto de barras de por lo menos dos robots de amarre son provistos para ser enganchados cerca al árbol de dicho navío, cuando dichos medios para controlar pueden controlar la fuerza de atracción de cada elemento de unión con fuerza de atracción de una forma en la que las fuerzas de atracción aplicadas a la superficie del navío por al menos uno de dichos robots de amarre de cada conjunto alcanza un primer umbral los medios para controlar operan de una manera tal que normalizan la fuerza de atracción de cada robot de cada conjunto.

25 De acuerdo con un aspecto adicional la presente invención consiste en un sistema de amarre de navíos, adecuado para amarrar un navío a un terminal, el cual puede ser un terminal fijo o flotante tal como un segundo navío, comprendiendo dicho sistema de amarres de navío

30 por lo menos dos robots de amarre asegurados a un terminal, siendo el terminal bien un muelle fijo o flotante (o un segundo navío) incluyendo cada robot de amarre una estructura de base fija con respecto al terminal, un elemento de unión con fuerza de atracción enganchado a la estructura de base, donde dicho elemento de unión con fuerza de atracción es enganchado de manera liberable con una superficie adyacente del navío para asegurar el navío a dicho terminal, siendo capaz dicho elemento de unión con fuerza de atracción de ejercer una fuerza de atracción normal a dicha superficie del navío y cuando va a ser enganchado, para contrarrestar fuerzas de carga que están siendo ejercidas sobre el navío; y medios para establecer la fuerza de atracción entre dicho navío y dicho elemento de unión con fuerza de atracción;

40 caracterizado porque

para cada robot, dicho sistema incluye adicionalmente

45 (a) medios para medir la fuerza de atracción entre el elemento de unión con fuerza de atracción y el navío para proveer una "lectura de capacidad de fuerza de atracción" y

(b) medios para medir la fuerza entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción y la estructura fija de dicho robot de amarre por lo menos en una dirección paralela a la dicha normal para proveer una "lectura de fuerza normal"

50 (c) medios para monitorizar la relación entre dicha lectura de capacidad de fuerza de atracción y dicha lectura de fuerza normal para proveer una "lectura del estado de amarre"

55 (d) medios para controlar el robot de amarre que responde a dicha lectura de estado de amarre de una forma tal que cuando la lectura de fuerza normal en una dirección que tiende a separar el elemento de unión con fuerza de atracción de dicho navío alcanza un umbral de lectura de fuerza de atracción, dicho medio para controlar inicia por lo menos una cualquiera o ambas de las siguientes acciones:

- i. dichos medios para establecer dicha fuerza de atracción en una manera que varíe, y preferiblemente incremente dicha fuerza de atracción, y
- 60 ii. una alarma.

65 Preferiblemente donde cada robot de amarre incluye medios para actuar en un movimiento traslacional del elemento de unión con fuerza de atracción con respecto a la estructura de base en por lo menos una dirección de babor a estribor, y donde dichos medios para control pueden en el evento de que las fuerzas de carga alcancen un umbral predeterminado, iniciar además un desplazamiento del elemento de unión con fuerza de atracción de otro robot de dicho sistema en la dirección de estribor a babor hacia su dicha estructura de base, causando con ello que dicho otro robot de amarre contrarreste una parte incrementada de las fuerzas de carga ejercidas sobre el navío.

## ES 2 328 568 T3

Preferiblemente, dicho sistema comprende adicionalmente

5 a. medios para determinar la capacidad de sostener la fuerza de ruptura entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción y dicho navío resultante de dicha lectura de la capacidad de fuerza de atracción, en una dirección horizontal y perpendicular a dicha normal, para proveer una “lectura de la capacidad de sujeción de la fuerza de ruptura”

10 b. medios para medir la fuerza de dirección de ruptura, siendo una fuerza paralela a dicha fuerza de sujeción de ruptura, entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción y dicha estructura fija de dicho robot de amarre para proveer una “lectura de fuerza de ruptura”

10 c. medios para monitorizar la relación entre dicha lectura de capacidad de fuerza de ruptura y dicha lectura de fuerza de ruptura para proveer una “segunda lectura del estado de amarre”

15 donde dichos medios para controlar el robot de amarre también responden a dicha segunda lectura de estado de amarre de una forma tal que cuando la lectura de fuerza de ruptura en una dirección que tiende a permitir el movimiento relativo de dicho navío y dicho elemento de unión con fuerza de atracción, alcanza un límite predeterminado, dichos medios de control inician por lo menos uno o más seleccionados de entre los siguientes:

20 i. dichos medios para establecer dicha fuerza de atracción de una forma que varíe, y preferiblemente incremente dicha fuerza de atracción, y

ii. una alarma.

25 Preferiblemente dichos medios para actuar en un movimiento traslacional del elemento de unión con fuerza de atracción son unos actuadores lineales operables en por lo menos la dirección de babor a estribor.

30 Preferiblemente dichos medios para actuar en movimiento traslacional del elemento de unión con fuerza de atracción son un actuador lineal hidráulico que opera por lo menos en la dirección babor a estribor, derivada dicha medición de fuerza normal de medios para percibir la presión hidráulica de dicho actuador lineal hidráulico.

30 De acuerdo con un aspecto aun adicional la presente invención consiste en un sistema de amarre de navíos para controlar el amarre de un navío con una instalación de muelle comprendiendo dicho sistema:

35 Por lo menos un robot de amarre para atar de manera liberable a dicho navío dicho robot de amarre incluyendo

i. una estructura fija atada a dicha instalación de muelle,

40 ii. un elemento de unión con fuerza de atracción para un enganche liberable con una superficie vertical plana del navío, estando dispuesto dicho elemento de unión con fuerza de atracción de manera móvil a partir de dicha estructura fija para permitir su movimiento relativo con respecto a dicha instalación en tres direcciones ortogonales, siendo estas tres direcciones una dirección vertical, una primera dirección horizontal normal a la superficie vertical y una segunda dirección horizontal paralela a la superficie vertical plana, siendo capaz dicho elemento de unión con fuerza de atracción de ejercer una fuerza de atracción normal a dicha superficie del navío a la cual se va a unir para contrarrestar las fuerzas de carga que están siendo ejercidas sobre el navío,

45 caracterizado porque

50 el robot de amarre incluye adicionalmente medios para actuar en movimiento del elemento de unión con fuerza de atracción en por lo menos dicha primera y segunda dirección horizontal; y el sistema incluye adicionalmente

50 medios para generar una señal de fuerza representativa de una fuerza entre la estructura fija y dicho elemento de unión con fuerza de atracción en una dirección paralela a dicha primera dirección horizontal;

55 medios para generar una señal de fuerza representativa de una fuerza entre la estructura fija y dicho elemento de unión con fuerza de atracción en una dirección paralela a dicha segunda dirección horizontal;

medios para determinar una señal de fuerza representativa de una fuerza de sujeción de tracción entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción y dicho navío en dicha primera dirección horizontal;

60 medios para determinar una señal de fuerza representativa de una fuerza de sujeción de ruptura entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción y dicho navío en dicha segunda dirección horizontal; y

medios que responden a dichos primero y segundo y tercero medios mencionados para generar una señal de fuerza, los cuales cuando una o más condiciones son verdaderas, condiciones que son seleccionadas de:

65 (a) la fuerza medida por dichos primeros medios para generar una señal de fuerza alcanzan un valor predefinido que se aproxima a la fuerza de sujeción de tracción y

## ES 2 328 568 T3

(b) la fuerza medida por dichos segundos medios mencionados para generar una señal de fuerza alcanzan un valor predefinido que se aproxima a la fuerza de sujeción de ruptura

inicia una o más seleccionadas de entre las siguientes:

(a) una alarma y

(b) una variación, y preferiblemente un incremento, en la fuerza de atracción de dicho elemento de unión con fuerza de atracción con dicho navío y

(c) los medios de actuación para cambiar en la disposición de dicho elemento de unión con fuerza de atracción con respecto a dicha instalación de muelle en una dirección para reducir una o ambas de las fuerzas de sujeción de tracción y la fuerza de sujeción de ruptura por debajo de dichos valores predefinidos.

De acuerdo con lo anterior en aún otro aspecto la presente invención consiste en un sistema de amarre para fijar de manera liberable un navío que flota sobre la superficie de un cuerpo de agua a un terminal que está asegurado al fondo de dicho cuerpo de agua donde dicho navío está sujeto fuerzas de carga resultantes de uno o más entre viento, mareas, corrientes de agua, olas, niveles de carga del navío y movimiento actuado por dicho sistema, comprendiendo dicho sistema

Por lo menos un robot de amarre que incluye

a) una estructura de base fija a uno de dicho terminal o dicho navío,

b) un elemento de unión con fuerza de atracción enganchado a dicha estructura de base, estando adaptado dicho elemento de unión con fuerza de atracción para estar fijo y para establecer una unión con una superficie del otro de dicho uno de dicho terminal o navío, siendo dicha unión de una naturaleza de atracción que establece una fuerza de sujeción de atracción normal a la superficie a la cual se une;

caracterizado porque el sistema incluye adicionalmente

medios para determinar una fuerza de sujeción en dirección de ruptura horizontal entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción y dicha superficie en una dirección de ruptura horizontal cuando dicho elemento de unión con fuerza de atracción está en una relación de unión con dicha superficie;

medios para determinar una fuerza de dirección de ruptura de sujeción entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción y dicha superficie en una dirección horizontal y en una dirección perpendicular a dicha normal cuando dicho elemento de unión con fuerza de atracción está en una relación de unión con dicha superficie,

medios para determinar por lo menos uno o más seleccionados del grupo consistente de

a. la fuerza de tracción, siendo dicha fuerza de tracción la fuerza aplicada por dicha superficie a dicho elemento de unión con fuerza de atracción en una dirección paralela a dicha normal, y

b. la fuerza de ruptura horizontal, siendo dicha fuerza de ruptura horizontal la fuerza aplicada por dicha superficie a dicho elemento de unión con fuerza de atracción en una dirección horizontal y perpendicular a dicha normal; y medios para permitir la comparación entre

iii) dicha fuerza de sujeción de atracción y dicha fuerza de tracción y

ii) dicha fuerza de sujeción en dirección de ruptura horizontal y dicha fuerza de ruptura horizontal.

Preferiblemente dichos medios para permitir la comparación actuarán, cuando uno o ambos de las siguientes condiciones ocurran:

i. dicha fuerza de tracción alcanza un límite predeterminado siendo un límite por debajo de dicha fuerza de sujeción de atracción pero que se aproxima a dicha fuerza de sujeción de atracción en una dirección que tiende hacia la liberación de dicho elemento de unión con fuerza de atracción con dicha superficie, y

ii. dicha fuerza de ruptura horizontal alcanza un límite predeterminado siendo un límite por debajo de la fuerza de sujeción en dirección de ruptura horizontal pero aproximándose a dicha fuerza de sujeción en dirección de ruptura horizontal en una dirección que tiende hacia un movimiento relativo en una dirección horizontal entre dicha superficie y dicho elemento de unión con fuerza de atracción,

uno o más seleccionado de

i. un medio para establecer y variar dicha fuerza de atracción, de una forma que varíe, y preferiblemente incrementemente, dicha fuerza de sujeción de atracción, y

ii. una alarma.

## ES 2 328 568 T3

Preferiblemente dichos medios para determinar la fuerza de sujeción de atracción de dicho elemento de unión con fuerza de atracción cuando dicho elemento de unión con fuerza de atracción está en una relación de unión con dicha superficie incluyen un sensor adecuado para determinar la fuerza entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción y dicha superficie en una dirección normal a dicha superficie, y medios que responden a la señal de dicho sensor para determinar la fuerza de sujeción de atracción efectiva.

Preferiblemente dicho elemento de unión con fuerza de atracción es enganchado de manera móvil a dicha estructura de base mediante un mecanismo de unión y se proveen medios para que actúen activamente con el movimiento de dicho elemento de unión con fuerza de atracción con respecto a dicha estructura de base en una dirección paralela a dicha fuerza de dirección de ruptura horizontal y en una dirección paralela a dicha dirección de la fuerza de tracción.

Preferiblemente dicho elemento de unión con fuerza de atracción es enganchado de manera móvil a dicha estructura de base mediante un mecanismo de unión y se proveen medios para que actúen activamente con el movimiento de dicho elemento de unión con fuerza de atracción con respecto a dicha estructura de base paralela a dicha dirección de fuerza de ruptura horizontal y medios para que actúe activamente con el movimiento paralelo a dicha dirección de fuerza de tracción donde dichos medios para permitir la comparación pueden iniciar además, cuando una o ambas de las siguientes condiciones se satisfacen:

i. dicha fuerza de tracción alcanza un límite predeterminado siendo un límite por debajo de la fuerza de sujeción de atracción pero aproximándose dicha fuerza de sujeción de atracción en una dirección que tiende hacia la liberación de dicho elemento de unión con fuerza de atracción con dicha superficie, y

ii. dicha fuerza de ruptura horizontal alcanza un límite predeterminado sin un límite por debajo de la fuerza de sujeción de la dirección de ruptura horizontal pero aproximándose dicha fuerza de sujeción de la dirección de ruptura horizontal en una dirección que tiende hacia un movimiento relativo en una dirección horizontal entre dicha superficie y dicho elemento de unión con fuerza de atracción,

un cambio en velocidad de dicho elemento de unión con fuerza de atracción por uno o ambos de dichos medios para actuar activamente en el movimiento con el fin de que dicha fuerza de tracción y/o fuerza de ruptura horizontal permanezcan por debajo de sus límites respectivos.

Preferiblemente dicho elemento de unión con fuerza de atracción es un elemento de unión con fuerza de atracción variable donde su fuerza de atracción puede ser variada por medios para controlar la fuerza de atracción.

Preferiblemente dicho elemento de unión con fuerza de atracción es una copa de vacío que define una cavidad con presión controlable cuando se engancha con dicha superficie y donde dichos medios para controlar la fuerza de atracción incluyen un vacío que incluye medios que están en comunicación fluida con dicha cavidad para controlar la presión en dicha cavidad.

Preferiblemente dichos medios para determinar la fuerza de sujeción de dirección de ruptura de dicho elemento de unión con fuerza de atracción con dicha superficie cuando dicho elemento de unión con fuerza de atracción está en una relación de unión con dicha superficie también determina la fuerza de sujeción en dirección de ruptura vertical en una dirección verticalmente y perpendicular a dicha normal y donde se proveen medios para medir la fuerza de ruptura vertical aplicada por dicha superficie a dicho elemento de unión con fuerza de atracción en una dirección vertical y perpendicular a dicha normal, para los propósitos de comparación de dicha fuerza de sujeción de dirección de ruptura vertical con dicha fuerza de ruptura vertical.

Preferiblemente dichos medios para permitir la comparación también iniciarán, cuando dicha fuerza de ruptura vertical alcance un límite predeterminado siendo un límite por debajo de la fuerza de sujeción de dirección de ruptura vertical pero que se aproxime a dicha fuerza de sujeción de dirección de ruptura vertical en una dirección que tiende hacia un movimiento relativo en una dirección vertical entre dicha superficie y dicho elemento de unión con fuerza de atracción,

uno o más seleccionado de

i. medios para establecer y variar dicha fuerza de atracción, de una forma que varíe, y preferiblemente incrementemente, dicha fuerza de sujeción de atracción, y

ii. una alarma.

Preferiblemente dicho medio para determinar la fuerza de ruptura horizontal y/o la fuerza de tracción incluye un medio para medir la respuesta a tal fuerza(s) y que es capaz de generar una señal indicativa de tales fuerzas, y medio para leer la señal generada, y donde dichos medios para medir y dichos medios para leer proveen una señal utilizable por dichos medios que permitan la comparación.

## ES 2 328 568 T3

Preferiblemente dichos medios para determinar la fuerza de sujeción con atracción incluyen medios para medir la respuesta a tal fuerza, y que es capaz de generar una señal indicativa de tal fuerza, y medios para leer que son capaces de leer la señal generada, donde dichos medios para medir y dichos medios para leer proveen una señal utilizable por dichos medios que permite la comparación.

5

Preferiblemente dicho elemento de unión con fuerza de atracción es una copa de vacío que define una cavidad con presión controlable cuando se engancha con dicha superficie y donde dichos medios de control de la fuerza de atracción incluyen un vacío que incluye medios que están en comunicación fluida con dicha cavidad para controlar la presión en dicha cavidad, siendo dichos medios de medir capaces de responder a dicha fuerza de atracción siendo un transductor de presión enganchado con dicho robot de amarre de manera que mida la presión diferencial entre la cavidad de dicha copa de vacío y la presión atmosférica del ambiente.

10

Preferiblemente dichos medios para medir la dicha fuerza de sujeción en dirección de ruptura horizontal utilizan medios para calcular tal fuerza de sujeción en dirección de ruptura horizontal a partir de dicha fuerza de sujeción con atracción medida.

15

Preferiblemente, dichos medios para calcular utilizan una tabla de fuerzas de sujeción con atracción recogidos empíricamente que varían y dependen de los números reflectivos de la fuerza de sujeción en dirección de ruptura horizontal sobre los cuales puede determinarse dicha fuerza de sujeción en dirección de ruptura horizontal.

20

Preferiblemente, dichos medios para actuar activamente incluyen por lo menos un ariete hidráulico.

Preferiblemente, se provee un medio para medir el desplazamiento de dicho elemento de unión con fuerza de atracción con respecto a dicha estructura de base.

25

Preferiblemente, una alarma se hace sonar cuando uno o más de los límites de movimiento de dicho elemento de unión con fuerza de atracción con respecto a dicha estructura de base es alcanzado.

Preferiblemente, el desplazamiento de dicho elemento de unión con fuerza de atracción con respecto a dicha estructura de base es representado visualmente.

30

Preferiblemente, dicha fuerza de atracción es capaz de ser controlada mediante una acción humana.

Preferiblemente dicho desplazamiento es capaz de ser controlado por una acción humana.

35

Preferiblemente las copas de vacío son de la misma forma desplazables con respecto a la estructura de base en una dirección horizontal y perpendicular a la normal y puede tenerse un control sobre la fuerza de ruptura horizontal mediante la aceleración/desaceleración de la copa de vacío en la dirección horizontal por un medio para que actúe activamente con movimiento de las copas en la dirección horizontal.

40

Los medios que pueden actuar activamente en la dirección horizontal del movimiento si dicha copa con respecto a dicha estructura de base es preferiblemente un ariete hidráulico donde la copa está montada a partir de dicha estructura fija mediante un movimiento traslacional que permite la conexión.

45

Preferiblemente dichos medios para medir dicha fuerza de tracción y/o ruptura incluyen un transductor de presión que responde directamente a un ariete hidráulico respectivo que opera el control de la posición de dichas copas de vacío en la dirección de la medición por dicho transductor de presión que está siendo acoplado a la presión hidráulica de dicho ariete hidráulico.

50

Preferiblemente dicho segundo ariete hidráulico mencionado tiene un eje de operación de movimiento que es horizontal y transversal a la dirección de dicha normal.

Preferiblemente dichos medios para medir dicha fuerza de ruptura incluyen un transductor de presión que responde directamente a la presión hidráulica de dicho ariete hidráulico.

55

El controlar la operación de un sistema de amarre de acuerdo con el método de la presente invención maximiza su rendimiento, reduce el consumo de energía y mejora la seguridad. Al proveer una alarma a medida que se acerca a la capacidad, junto con la retroalimentación de la capacidad y la magnitud de dirección de las cargas aplicadas, permite que el maestro del navío tome todas las acciones más apropiadas para asegurar la seguridad del navío en condiciones extremas.

60

Cuando se hace referencia aquí a una "dirección" paralela a la dirección que termina causando movimientos o separaciones relativas, debe considerarse que son movimientos o medidas apropiadas bien sea en la misma dirección o en la dirección opuesta.

65

## ES 2 328 568 T3

### Breve descripción de los dibujos

Aspectos adicionales de la presente invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción que se da a manera de ejemplo solamente y con referencia a los dibujos acompañantes en los cuales:

5 La Figura 1 es una vista plana que ilustra una pluralidad de robots de amarre que sujetan un navío en una condición enganchada a un muelle;

10 La Figura 2 es una vista en perspectiva de un robot de amarre enganchado a un muelle que ilustra las almohadillas de vacío en una condición lista para ser recibidas contra el casco de un navío y donde para referencia subsecuente aquí, los ejes de movimiento de las almohadillas de vacío con respecto al muelle son ilustrados;

15 La Figura 3 es una vista pictórica de una realización preferida de un robot de amarre para el sistema y para llevar a cabo el método de la presente invención;

La Figura 4 es una elevación lateral del robot de amarre de la Figura 3;

La Figura 5 es una vista en explosión del robot de amarre de la Figura 3;

20 La Figura 6 muestra parte del robot de amarre de La Figura 5 desde un punto de vista en rotación;

La Figura 7 ilustra un diagrama de fuerzas en perspectiva, de las fuerzas que pueden ser aplicadas y medidas al robot de amarre de una clase como el mostrado en La Figura 2;

25 La Figura 8 es una vista del extremo de La Figura 7;

La Figura 9 es una vista lateral de La Figura 7;

30 La Figura 10 es una vista plana de La Figura 7;

La Figura 11 es una vista en perspectiva de un diagrama de fuerzas que muestra tres ejes ortogonales en los cuales las fuerzas pueden ser medidas en un robot de amarre como por ejemplo el mostrado en La Figura 2;

35 La Figura 12 es una vista de un extremo de La Figura 11;

La Figura 13 es una vista lateral de La Figura 11;

La Figura 14 es una vista plana de La Figura 11;

40 La Figura 15 es una vista en perspectiva de un diagrama de fuerzas de un robot de amarre de una clase como la mostrada en La Figura 2 y para ilustrar que la geometría de la disposición puede ser tal que no provea una medición directa de la fuerza en el eje deseado;

45 La Figura 16 es una vista de un extremo de la figura 15;

La Figura 17 es una vista lateral de La Figura 15;

La Figura 18 es una vista plana de La Figura 15;

50 La Figura 19 es una vista frontal de una configuración alternativa del robot de amarre enganchado a un muelle o pilón o a un pilón tipo delfín;

La Figura 20 es una vista lateral de la Figura 19;

55 La Figura 21 es una vista plana de la Figura 19;

La Figura 22 ilustra un robot de amarre de las figuras 19-21 y donde se provee una defensa adicional;

60 La Figura 23 es una vista frontal de la Figura 22;

La Figura 24 es una vista lateral de la Figura 22;

65 La Figura 25 es una vista esquemática de la relación de componentes del sistema con el navío y los robots de amarre;

La Figura 26 es un dibujo esquemático que ilustra la medición de fuerza y desplazamiento que puede ser provista en un robot de amarre de la presente invención;

## ES 2 328 568 T3

La Figura 27 es una vista plana de un navío adyacente a un muelle que ilustra las coordenadas que pueden ser medidas por un robot de amarre para determinar el posicionamiento del navío con respecto al muelle;

5 La Figura 28 es una vista en perspectiva de un robot de amarre que ilustra los ejes de direcciones de movimiento de las almohadillas de vacío con respecto al muelle;

La Figura 29 es un diagrama de flujo que ilustra aspectos del control;

10 La Figura 30 es un diagrama de flujo que ilustra aspectos del control del sistema;

La Figura 31 es una vista plana de un barco más adyacente a un muelle con una pluralidad de robots de amarre enganchados al casco del navío y donde también se ilustra la distribución de fuerzas aplicadas por cada robot de amarre entre el navío y los robots de amarre;

15 Las Figuras 32 a 34 muestran algunas imágenes de pantalla como parte del sistema;

La Figura 35 es una vista plana de dos navíos posicionados adyacentes uno al otro y donde el navío A tiene fijados dos robots de amarre con los cuales el navío B puede estar enganchado;

20 La Figura 36 es una vista plana de un sistema de amarre donde las fuerzas que son medidas en un robot de amarre pueden no ser paralelas a las fuerzas que son aplicadas por el barco a la almohadilla o almohadillas de vacío del robot de amarre.

25 La Figura 37 es un diagrama de fuerzas que ilustra las matemáticas de la relación fuerza de ruptura/fuerza de tracción las cuales serán descritas más adelante;

La Figura 38 es una vista de un extremo de dos navíos adyacentes que ilustra una configuración alternativa de amarre de dos navíos entre sí mediante el uso de un robot de amarre de la presente invención;

30 La Figura 39 es una vista en perspectiva del robot de amarre que puede ser utilizado como por ejemplo se muestra en la Figura 38;

35 La Figura 40 es una vista lateral de un robot de amarre de la presente invención que ilustra el grado de libertad de movimiento de las almohadillas de vacío con respecto a la estructura fija del robot de amarre alrededor de una dirección en un eje Z;

40 La Figura 41 es una vista lateral de un robot de amarre de la presente invención que ilustra el grado de libertad de movimiento de las almohadillas de vacío con respecto a la estructura fija del robot de amarre alrededor de una dirección en un eje Y; y

La Figura 42 es una vista lateral de un robot de amarre de la presente invención que ilustra el grado de libertad de movimiento de las almohadillas de vacío con respecto a la estructura fija del robot de amarre alrededor de una dirección en el eje X.

### 45 **Descripción detallada de la invención**

Con respecto a las Figuras 1, 2 y 3 de los dibujos, la presente invención comprende un sistema de amarre que incorpora por lo menos y en una forma más preferida, una pluralidad de robots de amarres 100, los cuales pueden ser de una clase descrita en nuestra solicitud internacional PCT No PCT/NZ02/00062. La descripción de los robots de amarre en la PCT/NZ02/00062 se incorpora aquí como referencia. Otras realizaciones preferidas de un robot de amarre para el sistema de la presente invención también pueden ser utilizadas y se hará referencia aquí más adelante a una forma alternativa con referencia a las Figuras 19 a 21. El sistema de amarre puede alternativamente incluir robots de amarre 100 fijados al navío permitiendo que el navío sea atado rápidamente a una placa de soporte fijada al muelle 110 o a otro navío. Mientras se hace referencia en la forma más preferida de la invención a una configuración donde un robot de amarre está fijado a un muelle, será apreciado que tales robots de amarre pueden alternativamente estar enganchados a pilones fijos o para los propósitos de amarre barco a barco.

60 Con referencia a la Figura 1 una pluralidad de robots de amarre 100 están montados a un muelle o embarcaderos 110. El muelle o embarcadero es un terminal o base con la cual se desea atar el barco, usualmente para los propósitos de carga y descarga de la carga del navío.

65 Los robots pueden por ejemplo ser fijados a una cara de amarre frontal 112 y/o cubierta 11 del muelle. El robot de amarre 100 de la figura 3 incluye preferiblemente por lo menos 1 o un par de copas o almohadillas de vacío 1, 1' que se mantienen sustancialmente paralelas al plano de la cara de amarre frontal 112 para el enganche con el casco de un navío. En la forma más conveniente, las copas son para enganchar con superficies planas que se extienden verticalmente de un navío tales como una puerta o una escotilla lateral de la superficie del casco. Las copas son los medios para proveer selectivamente una fuerza de atracción entre la estructura fija del robot y la superficie con la cual éste se va enganchar (por ejemplo el casco del barco).

## ES 2 328 568 T3

El robot de amarre 100 es capaz de posicionar las copas de vacío 1, 1' en 3 dimensiones, denominadas aquí como "vertical", "longitudinal" y "de babor a estribor", también correspondiente a los ejes Y, Z, X, respectivamente. "Longitudinal" se refiere a una dirección perpendicular al eje vertical y paralela al eje longitudinal del navío amarrado o a la cara de amarre frontal 112 del muelle.

5

Las variaciones de los ejes X, Y y Z siendo perpendiculares uno a otro son anticipadas por los inventores y de acuerdo con lo anterior donde tales (pero menos deseables) componentes no perpendiculares de la dirección deben ser medidos, el sistema de la presente invención puede ser ajustado para acomodarse a tales desviaciones.

10

Mientras que el robot de amarre usado para el sistema de amarre puede sostener permanentemente las copas de vacío en una posición fija, en la forma preferida las copas pueden ser movidas con respecto a la estructura fija para permitir de esta manera el movimiento del navío cuando las copas están en una condición enganchada. Para tales propósitos, el robot de amarre de la Figura 3 incluye una unión de brazo paralelo para el movimiento de las copas de vacío 1, 1' en la dirección de babor a estribor. Incluye brazos paralelos superior e inferior 2, 2' conectados entre un par de columnas 114 del marco 113 y una guía vertical 10. Los brazos 2, 2' están fijados al marco 113 para permitir un movimiento de pivote alrededor de los ejes respectivos que se extienden longitudinal y horizontalmente donde cada brazo 2, 2' está fijo en rodamientos 3 asegurados a las columnas 114. De la misma forma, se provee una conexión de pivote entre los brazos 2, 2' y el ensamblaje de guía 10. La actuación de movimiento de las copas de vacío en la dirección de babor a estribor es provista por un ariete hidráulico 4 o arietes, el cual también está conectado mediante pivote entre el marco 113 y la guía 10.

15

20

Un carro 11 engancha con la guía vertical 10 para controlar el movimiento vertical. La guía 10 es un ensamblaje que incluye un par de miembros de guía elongados paralelos 5, 5' conectados por miembros en cruz 6, 7 y 8. Fijados al miembro en cruz superior 6 hay dos motores hidráulicos 9, 9' que están cada uno conectados a un bucle de cadena 20 que se extiende paralelo a cada uno de los miembros de guía 5, 5' y está conectado al carro 11 para alimentar la elevación y descenso actuados con potencia de los mismos.

25

Como una alternativa a los motores hidráulicos, pueden utilizarse arietes hidráulicos. Los arietes están cada uno conectados a un bucle de cadena para actuar el desplazamiento de los mismos apropiadamente.

30

Un submarco 12 al cual las copas de vacío 1, 1' están montadas está enganchado de manera deslizante con el carro 11 para el movimiento en dirección longitudinal de las copas de vacío 1, 1'. El carro 11 incluye canales verticales 21, 21' para enganchar con los miembros de guía 5, 5' y una guía 22 que se extiende longitudinalmente en la cual el submarco 11 es recibido de manera deslizante. El movimiento en dirección longitudinal de las copas de vacío 1, 1' es actuado por el ariete hidráulico 23 fijado en la guía 22, siendo el ariete 23 de tipo de doble acción con una barra de pistón continuo 24 que se extiende desde ambos extremos del cilindro 23.

35

Cada robot de amarre 100 incluye también una fuente de poder hidráulico preferiblemente montada dentro del marco 113 y con controles asociados.

40

Una bomba de vacío provee medios para generar vacío en las copas de vacío 1, 1'. En cuanto se haga referencia aquí a un vacío y a una bomba de vacío, debe considerarse tal como de una clase donde tal vez no se proporciona un vacío completo pero donde una presión diferencial entre las condiciones atmosféricas normales y la presión dentro del recinto definido entre el casco y las copas de vacío es de una naturaleza tal que establece una fuerza de sujeción entre las copas de vacío y el casco. De acuerdo con lo anterior puede no hablarse estrictamente de un vacío que sea provisto sino de una presión diferencial tal con respecto a la presión atmosférica del ambiente, suficiente para que una fuerza de sujeción sea establecida por succión de las copas de vacío contra el navío.

45

Detalles del sistema hidráulico y neumático de vacío y su control relacionado se describirán más adelante.

50

El robot de amarre de la Figura 3 permite que el posicionamiento de las copas de vacío sea controlado tanto en las direcciones verticales, longitudinales y babor a estribor. La actuación de los arietes hidráulicos (u otros medios de actuación) para alcanzar tal posicionamiento en esas direcciones permitirá que el posicionamiento de las almohadillas de vacío sea ajustado a la posición deseada.

55

Con referencia a la Figura 1, para asegurar un barco, las copas de vacío 1, 1' son extendidas desde la cara frontal de amarre 112 cuando se aproxima un navío 200. Las copas son preposicionadas para enganchar con una sección plana del barco. En la forma más preferida la porción plana es parte del casco del barco. Se anticipa sin embargo que las copas de vacío también pueden ser adaptadas para enganchar con una sección no plana de un casco. Además mientras que y en la forma más preferida las copas de vacío se unen a una sección del casco del navío, se considera que puntos de localización alternativos también pueden ser provistos para la unión de las copas de vacío con el navío. Parte de la superestructura puede proveer una superficie de enganche para las copas de vacío de un robot de amarre.

60

Mientras que en la forma más preferida la invención ha sido descrita aquí cuando los robots de amarre están fijados a la orilla y las almohadillas de vacío se fijan al navío, puede proveerse una disposición viceversa donde los robots de amarre formen parte del navío y las almohadillas de vacío se enganchen contra una superficie fija al muelle. Como una alternativa adicional dentro del alcance de la presente invención, un robot de amarre puede estar enganchado a un navío y estar adaptado para engancharse a un navío adyacente para establecer una relación de amarre barco a barco. Tal

65

## ES 2 328 568 T3

posibilidad se muestra por ejemplo en las figuras 38 y 39. Las figuras 38 y 39 ilustran tales configuraciones alternativas de robots de amarre que pueden ser utilizadas en particular aunque no únicamente para los propósitos de amarre de dos navíos entre sí. El robot de amarre 280 puede presentar una copa de vacío 281 del lado de una estructura fija 282 del robot de amarre 280 que permanece fijo al navío A. Un ariete hidráulico 283 puede proveer la fuente de medición de fuerza en la dirección de babor a estribor. La estructura/hidráulica y la geometría permiten que el navío se mueva/rote con respecto uno a otro en todas las direcciones y dentro del rango del sistema. Con referencia a la figura 39, también se tiene en cuenta el movimiento longitudinal en la dirección Z.

Una vez que se hace contacto con las copas contra el barco, las copas de vacío 1, 1' son evacuadas con el fin de asegurar el barco. Se provee un sistema neumático e incluye una bomba de vacío que puede ser activada hasta que una presión diferencial de un cierto umbral (por ejemplo del 80%) con respecto a la presión atmosférica del ambiente se obtenga en las copas de vacío. Un nivel apropiado de vacío se alcanza antes de actuar el robot de amarre 100 para mover el barco 200 a la posición de amarre deseada. Mientras que una bomba de vacío es la forma más preferida para establecer un vacío en las copas de vacío, pueden utilizarse medios alternativos para establecer un vacío tales como por ejemplo un sistema vénturi.

Después o antes de que la posición de amarre sea alcanzada la bomba de vacío puede ser parada y puede introducirse un acumulador de vacío (no mostrado) en el sistema incluyendo las copas de vacío 1, 1' para mantener el vacío. Una vez que las copas de vacío están enganchadas con el casco del barco 200, el control vertical de las almohadillas de vacío puede ser inactivado de manera tal que el robot de amarre se haga pasivo en el posicionamiento vertical de las copas de vacío, al menos mientras las copas permanecen fijas al barco. Cambios en la marea o en la carga del navío permitirán por lo tanto que las copas de vacío viajen libremente en una dirección vertical con respecto al muelle y a la estructura fija del robot de amarre. Las fuerzas a las cuales está sometido el navío como resultado de la carga y el estado de las mareas son de una cantidad tan grande que no se podría esperar que los robots de amarre de la presente invención reaccionaran contra tales en la dirección vertical. De acuerdo con ello una condición de flotación libre en una dirección vertical de las copas de vacío se establece una vez que las copas de vacío están enganchadas al casco.

También puede proveerse algún grado de movimiento pasivo de las almohadillas de vacío con respecto a la estructura fija del robot de amarre en ejes rotacionales paralelos a las direcciones X, Y y Z. La carga diferencial entre la puerta y la escotilla lateral de un navío pueden causar rotación de la superficie del casco alrededor del eje Z. Diferenciales similares pre y postcarga pueden causar la rotación del casco alrededor del eje X. De acuerdo con lo anterior una conexión tipo de las almohadillas de vacío con la estructura fija del robot de amarre puede ser provista.

La Figura 40 muestra que las almohadillas de vacío pueden ser montadas con respecto a la estructura fija del robot de amarre para permitir la rotación de las almohadillas de vacío alrededor del eje Z. Tal cosa permite la variación en la inclinación y escora del barco.

La Figura 41 muestra que las almohadillas de vacío pueden ser montadas con respecto a la estructura fija del robot de amarre para permitir la rotación de las almohadillas de vacío alrededor del eje X. Tal cosa permite la variación en la guiñada y desalineamiento del buque.

La Figura 42 muestra que las almohadillas de vacío pueden ser montadas con respecto a la estructura fija del robot de amarre para permitir la rotación de las almohadillas de vacío alrededor del eje X. Esto permite la variación en los cambios en el asiento del buque.

Las rotaciones de las almohadillas individuales pueden ser afectadas mediante el uso de rodamientos esféricos planos 540 que actúan como uniones universales en la parte posterior de cada copa de vacío. Las parejas de almohadillas 541 y 542 están conectadas cada una al brazo oscilante 543 que está conectado a través de un pasador de brazo oscilante 544 al dispositivo de carro 545 del robot de amarre.

Una vez enganchado al barco, se presenta el control del robot. El mismo puede ser en un aspecto el control sobre el posicionamiento de las copas de vacío en una dirección longitudinal y de babor a estribor con respecto a la estructura fija del robot de amarre que se mantiene preferiblemente mediante los arietes hidráulicos para mediante los mismos controlar la posición del barco en estas direcciones.

El sistema preferiblemente opera de tal manera que cada robot de amarre 100 mantiene el barco, dentro de ciertos límites de desplazamiento, en una condición de amarre en respuesta a las condiciones de carga cambiantes resultantes del viento, el flujo de las mareas y/o el oleaje. Alcanzando la posición de amarre deseada la bomba hidráulica que alimenta los arietes puede ser parada y puede introducirse un acumulador en las líneas hidráulicas de los arietes 4 y 24, proveyendo así un modo pasivo resiliente resistente de operación de los arietes. Cuando el desplazamiento de la posición de amarre predefinida deseada por fuerzas externas longitudinales o de babor a estribor se presenta, el acumulador se presuriza pasivamente incrementando la presión hidráulica y por lo tanto la fuerza de resistencia para los arietes 4 y 23 tendiendo a restaurar el barco a la posición de amarre deseada. El posicionamiento puede ser determinado a través de medios indicadores de la posición, parte del robot a las cuales se hará referencia aquí más adelante.

La presurización activa de los arietes se controla también preferiblemente para propósitos de reposicionamiento y/o distribución de carga. Se hará referencia a los mismos aquí más adelante.

## ES 2 328 568 T3

Mientras que en una forma preferida las bombas de vacío o hidráulicas son retiradas del sistema cuando los acumuladores son introducidos, se considera que las bombas pueden permanecer conectadas al sistema simultáneamente cuando el sistema está siendo introducido con los acumuladores. Una razón sin embargo para retirar las bombas es reducir la rata de escape.

5

Las fuerzas más críticas a las cuales está sometido el barco son aquellas causadas por corrientes o vientos que tienen un componente en la dirección babor a estribor que actúan para separar o causar movimientos de deslizamiento relativos entre el navío 200 y los robots 100.

10

Las fuerzas a las cuales puede estar sometido el barco como resultado de corrientes y/o vientos que actúan sobre el barco en la dirección de babor a estribor pueden actuar para separar el barco del muelle tendiendo hacia la separación de las copas del barco. Tal carga de tracción entre el barco y el muelle es asumida por el robot de amarre. Tales cargas de tracción actúan para mover el barco en una dirección que puede finalmente llevar al desprendimiento del barco de las copas de vacío. De la misma forma el movimiento longitudinal puede resultar en un deslizamiento de las copas a lo largo del casco del barco. La importancia de mantener una relación fija entre las copas de vacío y el navío en la dirección longitudinal también es por lo tanto importante. En particular es importante conocer las fuerzas aplicadas a la copa de vacío por tal carga en direcciones paralelas a la fuerza de succión por razones de desprendimiento y perpendiculares a la misma por razones de deslizamiento. En la forma más preferida las copas de vacío están enganchadas a una superficie vertical del barco. Esto resulta en una fuerza de succión horizontal perpendicular a la dirección longitudinal y a la dirección vertical. Más adelante se hará aquí referencia a la fuerza de sujeción en dirección longitudinal (una fuerza de ruptura opuesta a una fuerza de tracción). Se hará primeramente referencia a la carga de babor a estribor que el navío puede aplicar al robot de amarre, en particular en la dirección para promover la separación en la dirección de la tracción del navío con el robot de amarre.

25

La fuerza de babor a estribor induce una fuerza de tracción entre las copas de vacío y el navío. Con el fin de permitir que el nivel de vacío apropiado sea aplicado por las copas de vacío para asegurar el barco al robot de amarre es importante conocer las cargas que están siendo aplicadas por el barco al robot de amarre.

30

En primer lugar es importante reconocer, con referencia a la Figura 36 que es una vista plana de un barco adyacente a un muelle, que un robot de amarre 600 puede presentar las copas de vacío 601 donde la fuerza de succión normal a la superficie del navío donde la copa de vacío 601 está enganchada no es paralela a la dirección de babor a estribor y puede por lo tanto no ser paralela a la fuerza medida  $F_m$  entre la copa de vacío 601 y la estructura fija 602 del robot de amarre. Sin embargo puesto que es importante conocer la fuerza entre el robot de amarre y el navío en una dirección paralela a la normal, para propósitos de determinar si la capacidad de sujeción en esta dirección está siendo alcanzada, será necesario llevar a cabo cálculos adicionales para convertir la fuerza medida  $F_m$  a la fuerza de tensión real  $F_p$  a la cual la copa de vacío 601 está siendo sometida por el barco. El ángulo  $\theta$  puede necesitar ser medido para los propósitos de convertir la fuerza  $F_m$  en la fuerza  $F_p$ . La Figura 36 ilustra un no alineamiento de la fuerza  $F_p$  con la fuerza  $F_m$  en una vista plana sin embargo alternativamente o además, un ángulo de variación, no solo alrededor del eje Y sino en cambio de ello o además alrededor del eje Z también puede necesitar ser tomado en consideración. Esto es particularmente así para barcos donde la superficie con la cual están enganchadas las copas de vacío no se presenta sustancialmente de forma vertical y/o paralela al borde longitudinal de un muelle.

35

40

45

Las copas de vacío pueden ser operadas en un amplio rango de vacío con el fin de mantener una conexión con el navío. En efecto cuando el viento o la fuerza de la marea aplicada contra el barco en una dirección tal que el barco es empujado contra las copas de vacío, teóricamente, no necesita proveerse ningún vacío. Sin embargo bajo cargas de tracción (opuestas a las cargas de compresión) necesita aplicarse vacío a las copas de vacío con el fin de asegurar que se mantiene una conexión entre el barco y los robots de amarre. Sin embargo tal vacío no necesita ser provisto con el máximo vacío posible para proveer la máxima fuerza de sujeción entre las copas de vacío y el navío. Monitorizando la fuerza que se aplica al navío por el robot de amarre el sistema puede en un aspecto ejercer un control sobre el vacío en la copa de vacío con el fin de que de tal manera se mantenga un nivel adecuado suficiente para mantener una conexión de amarre. Cuando la carga de tracción aplicada por el navío al robot de amarre excede un cierto umbral, el sistema de vacío puede ser operado para incrementar el vacío que se provee a las copas de vacío para mediante ello incrementar la fuerza de sujeción de las copas de vacío con el navío. Por ejemplo en una condición de operación normal el vacío puede ser mantenido en el intervalo entre 60 y 80%. Como resultado de un incremento en la carga de tracción aplicada por el navío a las copas tal como se mide entre las copas y la estructura fija del robot de amarre, tan pronto como tales fuerzas alcanzan un límite predeterminado, las bombas de vacío pueden ser actuadas con el fin de incrementar el vacío y por lo tanto la capacidad de sujeción de la fuerza de tracción. Por el contrario cuando la carga de tracción aplicada por el barco al robot de amarre cae por debajo de un cierto umbral (bien si este es el mismo umbral que el umbral para activar las bombas de vacío u otras) el vacío puede ser reducido o la bomba de vacío puede ser detenida. Los límites de vacío pueden ser diferentes para proveer mediante ello un efecto de histéresis en la configuración del sistema de amarre del sistema neumático.

50

55

60

65

Bastante separadamente pero bastante apropiado para ser mencionado en esta etapa, está también el factor de que el sistema de vacío puede no ser completamente a prueba de fugas. El vacío puede caer como resultado del escape hasta por debajo de un cierto umbral mínimo (tal como por ejemplo 60%). Como resultado de una monitorización por el sistema de la presión de vacío (dentro del recinto definido por las copas y el navío) la bomba de vacío puede iniciarse de manera que incremente el vacío hasta una condición de operación predeterminada (tal como por ejemplo entre 60 y 80% de vacío). Así además de que el control del grado de vacío en respuesta a la carga de tracción que es

## ES 2 328 568 T3

aplicada por el barco al robot de amarre, la presión de vacío *per se* puede ser monitorizada y controlada por el sistema de la presente invención.

5 El mantenimiento de la conexión entre las copas de vacío y el barco también es importante durante cualquier momento cuando ocurre el reposicionamiento del barco o cuando sea necesario. Los robots de amarre son preferiblemente capaces de reposicionar el barco hasta una nueva localización (en un desplazamiento longitudinal y/o de babor a estribor) los arietes hidráulicos del robot de amarre para posicionar las copas de vacío de babor a estribor y/o longitudinalmente pueden ser actuados para los propósitos de mover las copas de vacío mientras están enganchadas al barco. Tal movimiento resultará por lo tanto en el movimiento del barco con respecto al muelle. Como se apreciará 10 un barco de un tamaño significativamente grande o de una masa significativa tendrá una masa inercial sustancial que debe ser considerada durante el movimiento del barco por parte de los robots de amarre. La aplicación de fuerza al barco por los robots de amarre para los propósitos de desplazar el barco necesitará tomar en consideración tal inercia particularmente con el fin de asegurar que durante el desplazamiento las copas de vacío permanecerán en una condición con suficiente vacío para permanecer unidas al navío. Por ejemplo la aplicación de una fuerza grande por el ariete 15 4 en una dirección para mover el navío hacia el muelle resultará en un incremento de la fuerza de tracción entre el navío y el robot de amarre particularmente hasta que una etapa tal que la velocidad del navío en la dirección hacia el muelle se incremente. La aceleración o desaceleración del navío y por lo tanto el incremento en la fuerza de tracción puede requerir un incremento en el vacío en las copas de vacío para mediante ello asegurar que las copas mantengan una conexión con el barco. Alternativa o adicionalmente, la aceleración o desaceleración puede variarse para asegurar 20 que los límites de capacidad de sujeción no son rotos.

Mientras que aquí se hará referencia primeramente a las fuerzas de babor a estribor aplicadas por el ambiente o durante el movimiento del navío, las fuerzas entre el navío y las copas en la dirección longitudinal también necesitarán ser consideradas en una manera similar y para propósitos similares. De acuerdo con ello cuando se haga referencia 25 de aquí en adelante a las fuerzas de babor a estribor, se apreciará que tales fuerzas pueden ser un resultado de las aplicadas al navío por la carga de las mareas o del viento o como un resultado del movimiento del navío en la dirección longitudinal por los robots.

La monitorización de la carga en por lo menos la dirección de babor a estribor es importante para los propósitos 30 de determinar si la carga de tracción entre el navío y las copas de vacío va a exceder un máximo después del cual pueda fallar la conexión. La monitorización de tales fuerzas para determinar cuando un límite predeterminado puede ser alcanzado pueden entonces permitir que una alarma suene antes de que tal límite se alcance de manera que pueda tomarse una acción de emergencia tal como por ejemplo asegurar medios de amarre adicionales para mantener el barco unido al muelle y/o incrementar o redistribuir el vacío y las fuerzas de carga.

35 Como se ha mencionado, se hace aquí primero referencia a la determinación de la dirección babor a estribor (o con referencia a la figura 36 a una fuerza paralela a la presión de succión o a la presión aplicada normal a la dirección de la superficie donde la copa está enganchada) de la fuerza que puede ser monitorizada por el sistema de la presente invención. En la forma más preferida y con referencia a la figura 3, la fuerza en dirección de babor a estribor entre el navío y el robot de amarre es por ejemplo monitorizada por un sensor de presión de la presión 40 hidráulica en el ariete 4. Con referencia a la figura 25, se conecta un transductor de presión a la línea de presión del cilindro o cilindros hidráulicos 4 los cuales controlan el posicionamiento de las copas de vacío en la dirección babor a estribor. Mediante la medición de la presión hidráulica por medio del transductor de presión 60 en los arietes hidráulicos 4, la fuerza que es aplicada a los arietes hidráulicos 4 puede ser determinada. Cuando el ariete hidráulico actúa en una dirección sustancialmente horizontal y perpendicular a la dirección longitudinal la presión dentro de la línea hidráulica al cilindro hidráulico 4 será proporcional a la fuerza de babor a estribor aplicada por el navío al robot de amarre. Con referencia a la figura 7 hasta la figura 10 puede verse que un ariete hidráulico 4 que se extiende en la dirección de babor a estribor tiene sus fuerzas de actuación actuando paralelamente a la dirección X de babor a estribor y de acuerdo con ello la presión hidráulica en el ariete 4 puede ser interpolada directamente a la fuerza  $F_x$  45 provista por el navío al robot de amarre. Cuando la posición del ariete hidráulico 4 con respecto a la dirección de babor a estribor X puede variar como es el caso en el robot de amarre de las figuras 3 y 4, o de la figura 36, un conocimiento del desplazamiento angular del eje de operación del ariete 4 con respecto a la dirección X de babor a estribor puede también ser necesario de determinar con el fin de que la presión hidráulica medida por el transductor 60 sea convertida a una fuerza en la dirección X de babor a estribor. Con referencia a las figuras 15 a 17 puede verse que el ariete 4 puede ser provisto en un desplazamiento angular A a la dirección X. Con un simple cálculo mediante el teorema de Pitágoras, el conocimiento de la presión hidráulica del ariete 4 y la fuerza resultante calculada a partir de la misma puede resolverse para determinar la fuerza  $F_x$  provista por el barco sobre el robot de amarre en la dirección de babor a estribor. Con referencia a la figura 4 sobre el desplazamiento de las copas de vacío 1 en la dirección X de babor a estribor las tales resultados en una variación en el ángulo de forma que el eje operacional del ariete 4 lo haga en la 50 dirección X de babor a estribor. Cuanto más las copas de vacío se alejen del muelle, mayor será el desplazamiento angular. Sin embargo debido a que los puntos de pivote entre la estructura fija 113 y la estructura móvil 10 del robot de amarre son conocidas, una medición de la extensión del ariete hidráulico permitirá un ángulo en el cual la dirección operacional del ariete hidráulico 4 se haga en la dirección X de babor a estribor. Un cálculo simple permitirá que la presión hidráulica 4 determinada por el transductor 60 sea resuelta para una fuerza en dirección X de babor a estribor. De la misma forma la masa de los componentes 100 que oscilan alrededor del pivote tal como el pivote 3 de la 65 estructura fija también pueden ser factorizadas en una ecuación para resolver la presión del ariete hidráulico 4 en una dirección de fuerza de babor a estribor. Cuanto mayor sea la extensión del ariete 4 mayor será el efecto del peso de los componentes 102 sobre el ariete hidráulico 4. Pueden proveerse medios para mediciones angulares alternativamente.

## ES 2 328 568 T3

En las configuraciones de los robots de amarre de las figuras 19 a 23, donde los arietes para desplazar las almohadillas de vacío en la dirección de babor a estribor permanecen paralelos a la dirección de babor a estribor, no se presenta un desplazamiento angular de los arietes y por lo tanto no son necesarias tales etapas adicionales de cálculo.

5 Además de la determinación de las fuerzas en dirección de babor a estribor entre el robot de amarre y el barco, es ventajoso también conocer las fuerzas de dirección longitudinal en la dirección Z entre el robot de amarre y el navío. Tales fuerzas pueden tender hacia la inducción de una ruptura entre las copas de vacío 1 y el navío 200. Es importante que la fuerza de dirección de ruptura sea resistida para asegurar que se mantiene un fuerte vacío entre las copas de vacío y el navío con el fin de prevenir que el navío se mueva en una dirección longitudinal con respecto a las copas de vacío. Sí tal movimiento ocurriera, se produciría un deslizamiento de las copas de vacío con respecto al navío lo cual probablemente llevaría al final a una desconexión entre el navío y las copas de vacío.

15 Similar a cualquier movimiento del navío en una dirección de babor a estribor por el robot de amarre, también es importante conocer las fuerzas entre el navío y el robot de amarre cuando el navío esta siendo movido por el robot de amarre en la dirección longitudinal. Es importante asegurar que las fuerzas no excedan un límite del que se sabe que produciría una falla de ruptura de conexión entre las copas de vacío y el barco.

20 En el robot de amarre de la Figura 3 pero con referencia a la vista en explosión del mismo mostrada en la Figura 5, el control del posicionamiento de las copas de vacío en la dirección longitudinal es logrado mediante el ariete 23. Una parte del ariete está enganchada a la estructura fija del robot de amarre y la otra está enganchada a la estructura móvil con las copas de vacío en la dirección longitudinal. La actuación del ariete 23 se traduce en el desplazamiento de las copas de vacío en la dirección longitudinal.

25 De una forma similar a la medición de la fuerza en la dirección de babor a estribor, puede hacerse una medición de la fuerza en la dirección longitudinal mediante la determinación de la presión hidráulica del ariete 23. Con referencia a la Figura 26, el transductor de presión 62 puede ser utilizado para la determinación de la presión hacia el ariete hidráulico 23 para de esta manera permitir la determinación de la fuerza en la dirección longitudinal Z. En la configuración del robot de amarre como se muestra en la Figura 3, el ariete 23 permanece en todas las condiciones actuando en una dirección paralela a la dirección longitudinal. De acuerdo con ello la presión determinada por el transductor de presión 62 permanecerá proporcional a la fuerza longitudinal aplicada por el barco al robot de amarre. No necesitan tomarse en consideración factores de no alineamiento del ariete con respecto a la dirección longitudinal Z en la configuración preferida.

35 La presión detectada por el transductor de presión 62 es alimentada preferiblemente a una unidad de procesamiento para propósitos de cálculo y evaluación y monitorización y comparación. Aquí más adelante se hará referencia más detallada a tal monitorización y control.

40 La hidráulica para actuar en el desplazamiento del ariete 23 puede (similar al ariete 4) ser insertada en un acumulador de bucle del sistema donde sea deseado y/o apropiado para el ariete 23 con el fin de que opere en un modo pasivo. En tal modo pasivo el ariete hidráulico operará afin a un resorte para cualquier movimiento de las copas de vacío en la dirección longitudinal Z. Un transductor lineal 63 está provisto preferiblemente para determinar el desplazamiento de las copas de vacío en la dirección longitudinal con respecto a la estructura fija del robot de amarre. El transductor lineal retroalimentará la información de desplazamiento a la unidad de procesamiento la cual puede ser configurada para controlar la actuación del ariete 23 cuando por ejemplo el desplazamiento de las copas de vacío esté cerca de los límites especificados. En tal situación la hidráulica hacia el ariete 23 puede ser cortada del acumulador en bucle y hacia una bomba en bucle para incrementar la presión hidráulica al ariete 23 apropiadamente para asegurar el mantenimiento del desplazamiento de las copas de vacío en la dirección longitudinal hasta dentro de los límites deseados.

50 Con referencia a la Figura 26 puede verse que una medición de presión hidráulica similar puede hacerse de los arietes 64 que actúan en el movimiento de las copas de vacío en la dirección vertical; sin embargo tal medición es menos consecuencial puesto que como ya se ha descrito aquí antes, en operación el robot de amarre permitirá tal movimiento vertical de forma que sea sustancialmente libre de control hidráulico por parte de los arietes 64. También se provee preferiblemente un transductor lineal 65 entre esos componentes fijos del robot de amarre y los componentes móviles en la dirección vertical para posicionar el desplazamiento vertical de las copas de vacío para determinar el posicionamiento de las copas de vacío con respecto a la estructura fija del robot de amarre. La fuerza en dirección de ruptura en la dirección vertical puede por lo tanto ser medida también.

65 Con referencia a las figuras 7 a 10 puede verse como las fuerzas  $F_x$  y  $F_z$  medidas como resultado de las presiones hidráulicas sobre los arietes 4 y 23, pueden ser utilizadas para determinar una fuerza global sobre el robot de amarre  $F_{xz}$ . De la misma forma cuando además de la medición de la presión hidráulica en los arietes 4 y 23, la presión también es determinada para propósitos de calcular la fuerza aplicada por el ariete 64, la fuerza  $F_{xyz}$  puede ser determinada como un vector suma de las fuerzas  $F_x$ ,  $F_y$  y  $F_z$  como por ejemplo se muestra en las Figuras 11 a 14. Sin embargo los componentes de la fuerza total en  $F_x$ ,  $F_z$  (y preferiblemente pero con menos importancia  $F_y$ ) son determinadas de manera más importante para propósitos de asegurar que los límites conocidos de las copas de vacío en cada una de las direcciones componentes no son excedidos. La fuerza de sujeción de las copas de vacío en las direcciones X y Z puede ser determinada fácilmente (bien matemática o empíricamente) y las fuerzas que actúan en tales direcciones componentes deben ser sabidas para asegurar que los límites finales de tal fuerza de sujeción no están siendo alcanzados.

## ES 2 328 568 T3

La presión de vacío de las copas de vacío es preferiblemente determinada también por transductores de presión 66 como se muestra por ejemplo en la Figura 26 y tal información de presión es retroalimentada a una unidad de procesamiento para el procesamiento apropiado.

5 Con referencia a la Figura 37 se muestra un diagrama de fuerzas para ilustrar la relación entre la fuerza de ruptura y la fuerza de acoplamiento de vacío. La almohadilla de vacío 380 está enganchada al casco del barco 381. En la Figura 37 la nomenclatura define lo siguiente:

10  $F_p$  = tirón de la fuerza entre el barco y la estructura fija del robot de amarre;

$F_v$  = fuerza de acoplamiento de vacío;

$P_a$  = presión atmosférica;

15  $P_v$  = presión del vacío; y

$F_s$  = capacidad de fuerza de ruptura disponible.

20 Con referencia a la Figura 37 la fuerza de acoplamiento de vacío  $F_v = (P_a - P_v) \times$  (área de succión efectiva de la copa de vacío).

El tirón de fuerza  $F_p = a$  la fuerza tal como se mide como un factor de la presión hidráulica de entrada/salida (o la que se determine a partir de medidores de tensión u otros).

25 De acuerdo con lo anterior la capacidad de la fuerza de ruptura  $F_s$  es una función que permanece acoplada/fuerza  $F_n$  normal y coeficiente de fricción  $m$  entre la almohadilla de vacío y el casco del buque. Esto de acuerdo con lo anterior puede ser expresado como:

$$30 \quad F_n = F_v - F_p$$

y

$$35 \quad F_s = mF_n$$

El coeficiente de fricción  $m$  puede ser determinado experimentalmente y normalmente será determinado durante la utilización del sistema de amarre. Una tabla de datos puede ser establecida para la capacidad de sujeción de la fuerza de ruptura en el rango de  $F_v$ . Ocurrirá alguna variación dependiente de las características de la superficie a la cual la almohadilla de vacío se unirá.

45 Además de la monitorización de la fuerza aplicada por el barco en el robot de amarre en la dirección de babor a estribor X, la posición del barco con respecto a una estructura fija del robot de amarre y/o del muelle también es determinada. Cuando el barco se mueve con relación a la estructura fija del robot de amarre más allá de ciertos límites, el acumulador puede ser cortado del sistema hidráulico del ariete 4 y las bombas pueden ser actuadas apropiadamente para mover y mantener las almohadillas de vacío y por lo tanto el barco en la dirección de babor a estribor hasta un o dentro de un rango especificado de límites de desplazamiento. Tal desplazamiento puede ser por ejemplo medido por la medición de la extensión del ariete hidráulico 4 al igual que el control posicional longitudinal puede ser ejercido.

50 Dispositivos para medición de desplazamiento conocidos pueden ser utilizados para tales propósitos. Tales pueden incluir componentes de medición ópticos o de láser o transductores lineales. Actualmente hay también disponible un sistema que lee "marcas" sobre un cilindro hidráulico que trabaja más o menos de la misma forma que un vernier electrónico. La medición del desplazamiento (por ejemplo por transductor lineal 61) en la dirección de babor a estribor al igual que la medición de la presión hidráulica por parte del transductor de presión 60 son alimentados a una unidad de procesamiento central. Con el conocimiento del desplazamiento del navío en la dirección de babor a estribor con respecto a la estructura fija del robot de amarre y con el conocimiento de las fuerzas entre la estructura fija del robot de amarre y el navío, puede mantenerse un significativo grado de control y monitorización del estado del navío por parte del robot de amarre de la presente invención.

60 Además y con referencia a la Figura 26, se proveen sensores de proximidad del casco que pueden ser utilizados durante las etapas preliminares del establecimiento de un contacto de amarre entre el robot de amarre y el navío de manera que fuerzas de choques repentinas o grandes puedan ser evitadas durante la aplicación de las almohadillas de vacío al navío. La información de proximidad provista por los sensores de proximidad del casco 67 puede ser alimentada a la unidad central de procesamiento para mediante ello controlar la posición de las copas de vacío por la actuación de los arietes hidráulicos 4 y/o 23 y/o 64 apropiadamente para establecer un contacto suave entre las copas de vacío y el navío. Mientras que en la Figura 26 la bomba hidráulica/acumuladores hidráulicos y las válvulas 68 se muestran en general una persona experimentada en la técnica de la hidráulica las provee de una forma apropiada. De la misma forma la bomba de vacío/acumuladores hidráulicos y las válvulas 69 han sido mostradas en la Figura 26.

## ES 2 328 568 T3

Con referencia a las Figuras 19 a 21 se muestra una configuración alternativa del robot de amarre 100. El robot de amarre 100 en este ejemplo consiste de cuatro almohadillas de vacío 1 soportadas por una estructura enganchada un mueble tal como la cara frontal 112 del muelle y la cubierta 113 del muelle. Un carro de desplazamiento vertical 81 es provisto para montar las copas de vacío 1 desde los rieles que se extienden verticalmente 82 para permitir que las copas de vacío viajen en una dirección vertical. Un subcarro 83 está provisto desde el carro 81 para permitir que el subcarro y por lo tanto las copas de vacío 1 viajen en una dirección longitudinal y entre los rieles 82. Los arietes hidráulicos y una estructura de soporte 84 son provistos preferiblemente para permitir el desplazamiento de las copas 1 en una dirección de babor a estribor tanto del carro 81 como del subcarro 83. El desplazamiento de las copas de vacío 1 con respecto a la estructura fija del robot de amarre 100 como se muestra en las Figuras 19 a 21 se provee preferiblemente en la dirección de babor a estribor por los arietes hidráulicos. De la misma forma el movimiento en la dirección longitudinal es provisto por arietes hidráulicos. El movimiento en la dirección vertical en esta configuración puede no ser necesariamente por arietes hidráulicos y en vez de ellos puede ser por cremallera y piñón o disposiciones similares para permitir el desplazamiento de las copas de vacío en la dirección vertical. Los arietes hidráulicos para actuar el movimiento en la dirección de babor a estribor y en la dirección longitudinal están enganchados preferiblemente a transductores de presión los cuales (para los propósitos y una configuración similar como la descrita con referencia al robot de amarre de la Figura 3) permiten la determinación de las fuerzas aplicadas por el barco en el robot de amarre en las direcciones longitudinal y de babor a estribor. Las Figuras 22 a 24 muestran mediante la región sombreada 180 el grado de libertad de movimiento que puede ser alcanzado por el robot de amarre de esta configuración hasta la posición de las copas de vacío con la envoltura 180.

La Figura 35 ilustra dos robots de amarre 250 enganchados al navío A en una forma permanente y donde las copas de vacío 251 están dispuestas desde el lado del navío A que se presenta para enganche con el navío B. En la forma más preferida las almohadillas de vacío se extienden en una condición tal que la fuerza de succión N es sustancialmente horizontal y normal a la superficie 252 del navío B contra la cual se van a enganchar las copas de vacío 251. En la forma más preferida las copas de vacío se van a enganchar con una superficie que se extiende sustancialmente de forma vertical del navío B.

Con referencia a la Figura 31, en ciertas situaciones la distribución de carga entre la pluralidad de robots de amarre puede no ser igual. En efecto puede ser que un robot de amarre esté en o aproximándose a su máxima capacidad de sujeción de fuerza de tracción. El sistema puede ser operado o puede operar automáticamente en tales condiciones para proveer una redistribución de las cargas individuales entre la pluralidad de robots de amarre. Con referencia a la Figura 31 puede verse que la magnitud de las fuerzas en la dirección de babor a estribor en estos robots hacia la fila del barco son mayores que las que van hacia el mástil. Esto puede ser el resultado de una carga diferencial de flujo de mareas o de viento y es bastante concebible en una instalación de amarre dada. Puede ser que parte de una brisa de mar adentro sea bloqueada por un edificio grande en el muelle y donde la línea del barco está sujeta a una alta carga de viento para forzar la línea del barco fuera del muelle. Con la provisión de la monitorización de las fuerzas sobre todos los robots de amarre puede establecerse un perfil de carga como un factor de distancia a lo largo del muelle. Con referencia a la Figura 31 puede alcanzarse una redistribución de las cargas sobre los robots individuales por ejemplo incrementando la fuerza en dirección de babor a estribor hacia el muelle por robots de amarre 2 y 3 para reducir mediante esto la carga en la dirección de babor a estribor del robot de amarre 1. Tal redistribución de fuerzas mediante el movimiento de un robot de amarre individual en la dirección de babor a estribor como por ejemplo hacia el muelle, también puede ser acompañada de un incremento en la fuerza de vacío de las copas de vacío del robot de amarre. En el ejemplo de la Figura 1, donde el sistema de amarre incluye por lo menos dos robots de amarre para enganchar más cercanamente a la línea de un navío y por lo menos los robots de amarre para enganchar más cercanamente el centro del navío, y donde la fuerza en la dirección de babor a estribor aplicada a un robot de amarre en el conjunto de robots de amarre excede un umbral, y ambos robots en el conjunto tienen la misma capacidad de sujeción, entonces la fuerza de babor a estribor medida sobre el otro robot de amarre del conjunto es incrementada por la actuación del robot para distribuir de manera homogénea las respectivas fuerzas de babor a estribor ejercidas por cada robot.

De la misma forma un perfil de carga en la dirección longitudinal de cada uno de los robots de amarre puede ser determinado. Puede ser que un robot de amarre esté leyendo una fuerza en la dirección longitudinal entre el navío y el robot de amarre que se está aproximando a la capacidad de sujeción de la fuerza de ruptura de la copa de vacío de tal robot. Cuando robots adyacentes del sistema de amarre están en operación dentro de los límites de la capacidad de sujeción de la dirección de la fuerza de ruptura de sus respectivas copas de vacío, tales otros robots pueden ser movidos en una dirección para reducir la carga en la dirección longitudinal del robot de amarre que se aproxima a su capacidad de sujeción en la dirección de la fuerza de ruptura. Tal movimiento puede ser en conjunción con un incremento de la presión de vacío para incrementar también la capacidad de sujeción de la fuerza de ruptura.

Conociendo todas las entradas de los datos recolectados por el sistema, un PLC es capaz de controlar y/o distribuir la capacidad de ruptura/longitudinal de cada unidad. Puesto que  $F_p$  puede variar de unidad a unidad (véase por ejemplo la Figura 31) el sistema optimiza la presión en la dirección longitudinal (dirección Z) de los cilindros hidráulicos para proveer la mejor fuerza de sujeción en la dirección Z sobre todas las unidades. Tal puede también ocurrir en conjunción con la sujeción de los navíos en los dispositivos 50 donde la capacidad  $F_n$  lo permite.

Como se muestra en la Figura 1, un sistema de amarre en la realización ilustrada incluye 2 pares de robots de amarre 100 teniendo cada uno un suministro independiente hidráulico y de vacío, estando instalados los robots 100 entre protectores absorbedores de energía 50 colocados en intervalos a lo largo de la cara frontal del muelle 12. El sistema puede ser operado o puede operar automáticamente de una manera tal que sí la fuerza aplicada a los robots

## ES 2 328 568 T3

100 tiene un componente longitudinal que excede los límites hacia la capacidad de sujeción en la dirección Z, los robots 100 son controlados para presionar el casco del navío 200 para enganchar los protectores 50. En otras palabras, a medida que la fuerza de ruptura comienza a alcanzar la capacidad y hay suficiente capacidad de sujeción en la dirección de babor a estribor, las unidades pueden retraer el navío hacia los protectores para dar una capacidad de sujeción de fricción mayor en la dirección longitudinal y por lo tanto incrementar la capacidad de sujeción de ruptura del sistema. Puesto que esto tendrá un efecto de disminución de la capacidad de babor a estribor, el uso de este proceso puede ser un poco limitado.

Algunas instalaciones de amarre pueden solamente requerir el uso de un robot de amarre en o hacia la línea o el centro de un navío y donde el otro extremo del navío es retenido con respecto a un muelle o instalación por otros medios. Por ejemplo los barcos de oscilación pueden ser amarrados frecuentemente con respecto a una instalación donde el centro del navío en el cual se provee normalmente un puente de oscilación, en una región definida por el muelle. Puesto que esta porción del barco es capturada dentro de tal región definida puede no requerir ningún amarre adicional en tal región del barco y puede ser que la línea o cercanías de la línea del barco un robot de amarre de la presente invención sea provisto. Tal es también para el ejemplo mostrado en la Figura 36.

En términos de la monitorización y control del sistema, cada uno de los robots de amarre 100 está conectado por una unión (por ejemplo inalámbrica) a una unidad de control remoto montada a bordo del navío 200. El control remoto transmite una señal a cada robot de amarre 100 para controlar su posición y operación, y recibe retroalimentación de las fuerzas de posición reales y de las presiones de vacío incluyendo la magnitud y dirección de las cargas de amarre en por lo menos la dirección de babor a estribor. Presentando la información en el puente del navío el capitán es capaz de tomar acciones para reducir o redistribuir las cargas y también recibe retroalimentación instantánea sobre los efectos de estas acciones.

Bajo la mayoría de las condiciones la operación de los robots de amarre 100 es coordinada, por ejemplo, cuando el amarre y el desamarre del barco, o cuando se llevan a cabo movimientos de desplazamiento verticales u horizontales, como se describe en WO 0162584 la cual se incorpora aquí a manera de referencia. La monitorización de las presiones hidráulicas en los arietes 4, 23 y el vacío en las copas de vacío 1, 1' permite que el rendimiento del sistema se ajuste para alcanzar un uso óptimo de cada robot de amarre 100.

Bajo condiciones normales cuando el robot de amarre 100 se aproxima al nivel de su viaje vertical el sistema inicia una secuencia de pasos que mueven cada robot de amarre 100 alternativamente paso a paso, sin embargo en este estado de alta carga, el paso a paso se previene para asegurar la seguridad del navío. Con referencia a la figura 29, se muestra un bucle de control básico que delinea el proceso para repositionar una unidad en la vertical, si el sistema tiene que ser movido fuera del rango en la dirección Y (esto es, pasos verticales). Se observará que si la carga es demasiado grande para permitir que un robot de amarre se desprenda, no ocurrirá desprendimiento. En vez de ello se enviará una alarma al personal del barco/orilla el cual tomará entonces la acción a propiedad.

La fuerza total de amarre aplicada al navío 200 por cada robot 100 cuando el casco está libre de los protectores 50 es la suma de los componentes de babor y estribor y longitudinales según se miden a través de los transductores fijados en los arietes 4 y 23 respectivamente. Conociendo la magnitud y dirección de esta fuerza de amarre total el capitán es capaz de determinar la mejor respuesta a cualquier situación.

Preferiblemente el comportamiento de variación con el tiempo del vacío en las copas de vacío y las cargas de amarre y las direcciones según se determina a través de las mediciones de presión hechas en los arietes 4 y 23 se monitorizan y registran. También se registran y monitorizan otros datos, incluyendo la posición de las copas de vacío. Opcionalmente, las mediciones ambientales de velocidad de vientos y corrientes y la dirección también pueden ser monitorizadas simultáneamente y registradas, permitiendo que los datos específicos del navío se acumulen para la predicción de las cargas.

El sistema de la presente invención proporciona una automatización completa del proceso de amarre sin requerir que se hagan ajustes manuales que involucren participación humana. El sistema permite la medición del desplazamiento del barco cuando está enganchado con un robot o robots de amarre para permitir la determinación de las distancias que se han movido desde una posición de referencia preprogramada y permitiendo por lo tanto que tales distancias sean comparadas con tolerancias definidas por el usuario. El sistema proporciona un medio para contrarrestar las fuerzas longitudinal y de babor a estribor mediante el uso de actuadores hidráulicos los cuales pueden ser actuados en respuesta a la información provista por los transductores lineales para revertir mediante ello el barco a su posición original o a un marco de desplazamiento predefinido. El sistema también provee medios para guiar activamente el barco hacia una posición preprogramada o repositionar el barco a una posición diferente. Frecuentemente puede requerirse que los barcos se muevan a lo largo de un muelle en relación a una rampa de la orilla, a dispositivos de carga/descarga en volumen o a grúas para descarga de contenedores durante su permanencia en puerto. La presente invención permite que tal desplazamiento ocurra y un control completo tanto de la posición como del grado de amarre del barco con los robots de amarre puede determinarse y mantenerse. El control de la dirección de babor a estribor del navío mediante el sistema de la presente invención también es importante para propósitos de mantener el casco lejos de los protectores y de otras estructuras del muelle reduciendo así el daño por contacto que pueda resultar en abrasión de la pintura y en desgaste mecánico.

## ES 2 328 568 T3

El sistema permite mediciones subsecuentes de fuerzas que actúan sobre el casco de los barcos como resultado del flujo de las mareas y la carga de vientos en varios planos directamente. Además el sistema puede permitir que las fuerzas verticales sean determinadas y se determine el desplazamiento vertical. Combinando algunos o todos los valores que pueden ser medidos por el sistema de la presente invención se puede lograr que todas las fuerzas y desplazamientos globales sean calculados y monitorizados de manera continua e inmediata. Se indica una alarma cuando el sistema se aproxima a su capacidad de sujeción según se determine por las cargas de tracción en cada robot que se aproximen a las capacidades de sujeción de sus respectivas copas de vacío, permitiendo así al capitán del barco tomar acciones de emergencia. Opcionalmente el capitán puede establecer una “alerta” en algún nivel por debajo de este nivel de alarma.

Con el propósito de asegurar que una conexión integral entre el muelle y el navío se mantiene, tal información también puede ser útil para análisis estadísticos y puede ser correlacionada para determinar condiciones ambientales tales como condiciones de viento y oleaje que pueden ser utilizadas en el futuro para configurar las instalaciones de amarre particulares u otras instalaciones de amarre de la presente invención para el barco en particular. Con el conocimiento de las condiciones climáticas y habiendo recolectado información estadística sobre el comportamiento de amarre de un navío particular en un puerto particular, el sistema de amarre de la presente invención puede ser configurado de una manera adecuada para amarres futuros del barco particular en circunstancias ambientales particulares. Será evidente que algunos barcos estarán sujetos a fuerzas de carga más altas como resultado de tener características de reacción al viento más altas. Un sistema de amarre particular puede ser configurado antes de recibir un barco para el cual previamente se han recolectado datos, hasta una condición en la cual va a ser adecuado para mantener una relación de amarre integral con el vacío dependiente de las condiciones ambientales en existencia en el momento del amarre inicial. El sistema puede de acuerdo con ello permitir la generación de una base de datos sobre escenarios ambientales históricos y las consecuencias de los mismos para un barco particular, los cuales pueden en el futuro ser usados para la configuración inicial apropiada del sistema de amarre durante la fase de amarre inicial del navío. Puede ser conocido por ejemplo que en una brisa de mar adentro de 20 nudos la carga de tracción a la que el barco someterá al robot de amarre requerirá que las copas de vacío operen al 90% lo cual puede estar por fuera de las condiciones iniciales de operación estándar de las copas de vacío. Con el conocimiento de la velocidad del viento en un amarre subsecuente de un navío en las instalaciones de amarre las copas de vacío pueden ser configuradas para operar inmediatamente a 90%. El sistema puede ser configurado de manera tal que el personal del barco pueda tener una autonomía completa sobre el sistema. La información sobre desplazamiento y fuerza de cada robot de amarre así como una condición de carga y desplazamiento total puede ser monitorizada así como presentada gráficamente por el sistema de la presente invención. Un sistema de alarma. Y datos monitorizados continuamente se presentan utilizando barras u otras ilustraciones gráficas sobre una pantalla de ordenador que presenta la magnitud de las fuerzas y desplazamientos de la instalación de amarre total así como de las correspondientes a los robots individuales.

Mientras que hasta un alto grado se hace referencia aquí a un robot de amarre será evidente que el navío en todas las circunstancias probables debe ser asegurado al muelle por lo menos mediante dos robots de amarre por lo menos uno preferiblemente provisto en cada extremo o hacia cada extremo del navío. Los datos obtenidos de la relación del navío entre cada robot de amarre puede ser recolectada y combinada cuando sea necesario para proveer un estado de amarre general.

Los datos recolectados son presentados preferiblemente de forma gráfica. Las Figuras 32 a 34 ilustran una imagen de pantalla que es indicativa de la clase de información que puede ser presentada como parte de la presente invención.

La Figura 32 es una imagen de pantalla de soporte del estatus de una unidad que provee rendimientos y detalles particulares de la unidad. La pantalla de resumen para cada unidad presenta las cargas en las direcciones X, Y y Z, la capacidad de carga, la posición en X, Y y Z, datos de sensibilidad de la distancia al casco y niveles de vacío. Las regiones 300 de la imagen de pantalla ilustran gráficos de barras de los niveles de vacío en cada almohadilla del robot de amarre, las regiones 301 ilustran numéricamente los niveles de vacío en cada almohadilla, la región 312 es una gráfica de barras de la capacidad de sujeción de la unidad que permanece y es adyacente y es correspondiente al valor numérico. Las regiones 303 son ilustrativas del estado del sensor de proximidad de las almohadillas cuando hay dos sensores de proximidad por cada almohadilla de vacío. Las regiones 304 ilustran la unidad de fuerza que se está aplicando al barco por parte del robot de amarre. La región 305 ilustra la extensión del robot de amarre en el posicionamiento de las almohadillas de vacío en la dirección de babor y a estribor y la región 306 ilustra el desplazamiento hacia arriba y hacia debajo de las copas de vacío. Las barras de la gráfica que ilustran el desplazamiento y las fuerzas pueden ser codificadas por colores y cambiar de color de verde a naranja y luego a rojo a medida que se aproximen a los límites predefinidos para ese parámetro en particular. El sistema puede tener tales límites preprogramados y/o puede permitir ajustes de tales variables. En la figura 32, QS1, QS2, QS3 y QS4 se refieren a los cuatro robots de amarre que están provistos a lo largo del muelle para propósitos de amarre del navío con el muelle. Al oprimir el botón para la unidad respectiva, se presentarán los datos para esa unidad en particular.

La Figura 33 es una presentación de pantalla que muestra los datos registrados de un robot de amarre para el sistema de amarre completo, en función del tiempo. La variación de fuerza y presión de uno o más robots de amarre o del navío completo con respecto al muelle serán presentados aquí. Así como los datos presentados para cada unidad individual, puede proveerse una pantalla de resumen por ejemplo como la mostrada en la Figura 34 que enseñe la capacidad de amarre como un resumen de todas las unidades permitiendo al personal tomar decisiones estando informados de un solo vistazo.

## ES 2 328 568 T3

Además, la imagen de pantalla de la Figura 34 ilustra en la región 310, botones que pueden ejecutar una secuencia de tareas.

5 La región 901 puede ilustrar las unidades de fuerza 1 y 2 que se aplican al barco en la dirección de babor a estribor, la región 902 puede mostrar las unidades 1 y 2 de la posición de babor a estribor, la región 903 puede mostrar las unidades 1 y 2 de la carga de babor a estribor en toneladas métricas.

10 La región 904 puede mostrar las unidades 1 y 2 del porcentaje de capacidad de sujeción de babor a estribor usada, las regiones 905 pueden ilustrar la misma información que las regiones 901 a 904 pero para las unidades 3 y 4. La región 906 es una gráfica del fondeadero, la región 907 ilustra las unidades 3 y 4 en su porcentaje de capacidad de sujeción pre/post utilizada, la región 908 ilustra las unidades 3 y 4 en cuanto a su carga pre/post en toneladas métricas.

15 La región 909 ilustra las fuerzas de las unidades 3 y 4 que son aplicadas al barco en la dirección pre/post, la región 910 ilustra las unidades 3 y 4 en cuanto a su posición pre y post. La región 911 ilustra la información con respecto a las unidades 1 y 2 correspondientes a las similares de las regiones 907 a 910.

20 Con referencia a la figura 25, la cual muestra una vista esquemática de la disposición preferida de los componentes para el sistema de la presente invención, puede verse que los datos recolectados a partir de los robots de amarre son procesados mediante un PLC basado en la orilla. El PLC puede ser conectado a un PC industrial para un procesamiento adicional de los datos y/o control del sistema a través del PLC. Un enlace de radio al barco puede ser provisto a partir de la orilla a partir del componente basado en la orilla del sistema de la presente invención aunque como una alternativa, tal enlace puede ser un enlace mediante un cable. Los datos recolectados por el PLC basado en la orilla pueden de tal manera ser transmitidos al barco donde puede presentarse una imagen de la información procesada por el sistema basado en la orilla y/o el procesamiento posterior de los datos desde el sistema basado en la orilla.

25 Un PLC basado en el barco y/o PC puede proveer cualquier procesamiento adicional y permitir que la información relevante sea presentada. Cualquier entrada de cualquiera de los PC basados en la orilla o basado en el barco puede ser transmitido al PLC basado en la orilla para el control activo sobre las fuerzas y el posicionamiento que se aplican para cada robot de amarre individual y el vacío en las copas de vacío para asegurar que una conexión deseable sea mantenida entre los robots de amarre y el barco. En la forma más preferida toda la retroalimentación de las unidades de amarre es comunicada al PLC basado en la orilla y luego los datos apropiados son transmitidos para su presentación sobre los PCs en la orilla y el barco. Los PLCs evalúan la retroalimentación y luego envían comandos a cada unidad para responder según sea requerido. La retroalimentación incluye la posición lineal en las direcciones X, Y y Z de los transductores lineales o de dispositivos similares y/o fuerzas en las direcciones X, Y y Z de los transductores de presión sobre cada cilindro hidráulico. Una alternativa es utilizar medidores de tensión que pueden ser posicionados en las unidades en localizaciones apropiadas para determinar las fuerzas. Por ejemplo, la Figura 30 ilustra un diagrama de flujo de un bucle de control básico para mantener el navío en un rango de amarre definido en el plano X, Z. Si el navío permanece fuera del rango durante algún tiempo y las unidades de amarre están alcanzando los límites de capacidad de sujeción y/o rango de movimiento, se envían alarmas al personal del barco/orilla. La fuerza de babor estribor, la fuerza de atracción de vacío y las señales de alarma pueden ser transmitidas (por ejemplo a una estación de monitorización central o a las autoridades del puerto) para proveer una monitorización remota del comportamiento del robot de amarre.

30

35

40

El PLC convierte información a un número que refleja la fuerza y para la presentación en los PCs. Los niveles de vacío en cada almohadilla de vacío y la información de proximidad también pueden ser procesados y presentados gráficamente. Tanto el PC del barco como el PC de la orilla pueden ser utilizados para controlar las unidades de amarre con seguridad apropiada en cada uno. Pueden proveerse comandos de control macro y pueden incluir a) ejecución de la secuencia de inicio cuando el navío está arribando, b) amarre del barco, c) desamarre del barco, d) desamarre con un impulso para dar al barco un momentum inicial para alejarlo del fondeadero cuando esté de salida, e) mover el navío hacia delante una distancia definida, f) desatar y aparcar las unidades en un modo de apagado.

45

50

El sistema también puede proveer etapas operacionales cuando hay una pérdida de potencia del sistema. En tal situación el sistema permanecerá unido al navío a través de las copas de vacío hasta que la presión dentro de la copa de vacío se aproxime a la presión atmosférica y por lo tanto la capacidad de sujeción disminuya por ejemplo debido a fugas en el sistema. Las válvulas neumáticas y de vacío en el circuito pueden regresar a su estado de apagado el cual ha sido designado de tal manera que el vacío permanezca en la copa por la mayor cantidad de tiempo posible. En su estado de apagado las válvulas remueven los componentes del circuito que puedan contribuir a fugas del sistema, particularmente las bombas neumáticas y de vacío. En el modo de pérdida de potencia los acumuladores hidráulicos pueden ser insertados en el circuito permitiendo que el sistema retenga su flexibilidad y resiliencia en el plano XY, de esta forma, la fuerza de restauración será proporcional al desplazamiento solamente y no al tiempo.

55

60

El hecho de que la presente invención utilice fluidos no compresibles y de los cuales pueden tomarse mediciones de su fuerza, un tiempo de reacción más rápido en términos de información de comunicación hacia y desde el ordenador basado en el barco pueden proveerse para ello. El tiempo real en valores absolutos tanto de fuerzas como de desplazamiento puede ser provisto por el sistema de la presente invención.

65

Mientras que el sistema puede operar para controlar la posición de robots de amarre en un modo activo continuamente, algunas respuestas promedio al control de los actuadores pueden ser una forma más apropiada para controlar los robots de amarre. De tal manera un control activo continuo sobre los robots de amarre necesita ser provisto y el

## ES 2 328 568 T3

control solamente puede ser provisto en etapas tales que el desplazamiento de las copas de vacío desde una norma predeterminada ocurra para cualquier período de tiempo especificado antes del control activo sobre las copas de vacío para restaurar estas dos dentro de el rango de desplazamiento.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Un método para controlar un sistema de amarre de un navío, incluyendo dicho sistema por lo menos un robot de amarre (100) para atar de manera liberable un navío (200) que flota sobre la superficie de un cuerpo de agua en una terminal (110), incluyendo el robot de amarre (100) un elemento de unión con fuerza de atracción (1) enganchado de manera móvil a una estructura de base (113, 602) de dicho robot de amarre (100),

siendo dicha estructura de base (113, 602) fijada a dicha terminal (110),

10 siendo dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) enganchable de manera liberable con una superficie del navío (252) para hacer atar el navío (200) con dicha terminal (110), en una dirección seleccionada de una o más de

(i) una dirección de babor a estribor,

15 (ii) una dirección longitudinal y

(iii) una dirección vertical

20 donde dicho método, después de asociar el navío (200) con el sistema de amarre permitiendo que la superficie del navío (252) sea enganchada por el elemento de unión con fuerza de atracción (1) y el establecimiento de una fuerza de atracción entre dicho navío (200) y dicho robot de amarre (100), comprende:

25 (a) medir la fuerza de atracción entre la superficie del navío (252) y el elemento de unión con fuerza de atracción (1), para el propósito de determinar la capacidad de sujeción en una dirección seleccionada de por lo menos una de

(i) la dirección paralela a la dirección de fuerza de atracción,

(ii) la dirección normal a la dirección de fuerza de atracción y horizontalmente, y

30 (iii) la dirección normal a la dirección de fuerza de atracción y verticalmente;

(b) medir la fuerza entre el elemento de unión con fuerza de atracción (1) y la estructura de base (113, 602) del robot de amarre (100) en una dirección seleccionada de por lo menos una o más de

35 (i) la dirección paralela a la dirección de la fuerza de atracción,

(ii) la dirección normal a la dirección de fuerza de atracción y horizontalmente, y

40 (iii) la dirección normal a la dirección de fuerza de atracción y verticalmente; y

(c) monitorizar la relación entre la fuerza de atracción y las fuerzas medidas en (b) donde una alarma es disparada cuando cualquiera o más de las fuerzas medidas en (b) en una dirección que tiende a permitir un movimiento relativo entre el elemento de unión con fuerza de atracción (1) y el dicho navío (200), se aproxima a una capacidad de sujeción dependiente de la fuerza de atracción en la dirección que tiende a permitir un movimiento relativo del elemento de unión con fuerza de atracción (1) con dicho navío (200).

2. Un método como el reivindicado en la reivindicación 1,

50 donde el elemento de unión con fuerza de atracción (1) es un elemento de unión con fuerza de atracción variable (1), y

55 el método incluye adicionalmente, cuando una o cualquiera de las fuerzas medidas en (b) alcanza un límite predefinido que tiende a permitir un movimiento relativo entre el elemento de unión con fuerza de atracción (1) y el dicho navío (200) en una dirección paralela a tales fuerzas medidas, el control varía la fuerza de atracción entre la superficie del navío (252) y el elemento de unión con fuerza de atracción variable (1) en respuesta a las fuerzas medidas en (b).

3. Un método como el reivindicado en las reivindicaciones 1 o 2,

60 donde el elemento de unión con fuerza de atracción (1) es un elemento de unión con fuerza de atracción variable (1), y

65 el método incluye adicionalmente, cuando una cualquiera o más de las fuerzas medidas en (b) alcanzan un límite predefinido que tiende a permitir un movimiento relativo entre el elemento de atracción con fuerza variable (1) y el dicho navío (200) en una dirección paralela a tales fuerzas medidas, el control varía la fuerza de atracción entre la superficie del navío (252) y el elemento de unión con fuerza de atracción variable (1) proporcional a las fuerzas medidas en (b).

## ES 2 328 568 T3

4. Un método como el reivindicado en las reivindicaciones 1 o 2, donde el elemento de unión con fuerza de atracción (1) es un elemento de unión con fuerza de atracción variable (1), y

5 el método incluye adicionalmente, cuando una cualquiera o más de las fuerzas medidas en (b) alcanzan un límite predeterminado que tiende a permitir un movimiento relativo entre el elemento de unión con fuerza variable (1) y el dicho navío (200) en una dirección paralela a tales fuerzas medidas, el control por variación de la fuerza de atracción entre la superficie del navío (252) y el elemento de unión con fuerza de atracción variable (1) cuando las fuerzas medidas en (b) alcanzan un límite máximo de un rango predeterminado.

10 5. Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4,

15 donde las fuerzas medidas en (b), entre el elemento de unión con fuerza de atracción (1) y la estructura de base (113, 602) es monitorizado de manera continua y determinado a partir de una señal que responde a un transductor, y donde dicha señal que responde a dicho transductor es presentada en un sistema de control (200) visualmente, para indicar las fuerzas entre el navío (200) y dicha estructura de base (113, 602) de dicho robot de amarre (100).

6. Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5,

20 donde dicho sistema incluye una pluralidad de robots de amarre espaciados entre si (100), presentando cada uno un elemento de unión con fuerza de atracción (1) para enganchar a una superficie de dicho navío (200), y

25 donde las fuerzas tal como son medidas en (b) entre el elemento de unión con fuerza de atracción (1) y la estructura de base (113, 602) de cada robot de amarre (100) es monitorizada y determinada continuamente a partir de una señal que responde a un transductor,

30 donde dicha señal que responde a dicho transductor es presentada en un sistema de control (200) visualmente, para indicar las fuerzas entre el navío (200) y dicha estructura de base (113, 602) de dicho robot de amarre (100)

7. Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,

35 donde dicho sistema incluye una pluralidad de robots de amarre espaciados entre si (100), presentando cada uno un elemento de unión con fuerza de atracción (1) para enganchar a una superficie de dicho navío (200), y donde dicho método incluye adicionalmente, cuando una cualquiera o más de las fuerzas medidas en (b) de uno de dichos robots de amarre (100) tiende hacia permitir un movimiento relativo entre el elemento de unión con fuerza de atracción (1) y el dicho navío (200) en una dirección paralela a tales fuerzas medidas por tal aproximación a una capacidad de sujeción del elemento de unión con fuerza de atracción (1) en cualquiera de tales direcciones, por lo menos uno de los robots de amarre (100) es controlado en cuanto a su movimiento por su elemento de unión con fuerza de atracción (1) con respecto a dicha estructura de base (113, 602) en una dirección con el fin de variar la fuerza entre su elemento de unión con fuerza de atracción (1) y su estructura de base (113, 602) en una dirección opuesta a tal dirección para reducir mediante ello la fuerza en tal dicha dirección entre el elemento de unión con fuerza de atracción (1) y dicha estructura de base (113, 602) de dicho robot de amarre (100).

8. Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7,

45 donde dicho sistema incluye una pluralidad de robots de amarre espaciados entre si (100), presentando cada uno un elemento de unión con fuerza de atracción variable (1) para enganchar con una superficie (252), de dicho navío (200), y donde dicho método incluye adicionalmente, cuando una cualquiera o más de las fuerzas medidas en (b) de uno de dichos robots de amarre (100) tiende hacia permitir un movimiento relativo entre el elemento de unión con fuerza de variable (1) y el dicho navío (200) en una dirección paralela a tales fuerzas medidas por tal aproximación a una capacidad de sujeción de la fuerza de atracción del elemento de unión con fuerza de atracción (1) en tal dirección, por lo menos uno de los otros robots de amarre (100) es controlado para variar su fuerza de atracción.

9. Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7,

55 donde la fuerza de atracción entre cada elemento de unión con fuerza de atracción (1) y la superficie del navío (252) es medida y una señal correspondiente a la fuerza de atracción medida es transmitida para propósitos de presentación sobre un sistema de control.

10. Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9,

60 donde la fuerza de atracción entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) y la superficie del navío (252) es medida, y una señal correspondiente a la fuerza de atracción medida es transmitida para propósitos de comparación con las fuerzas medidas de (b), y donde una alarma es disparada cuando cualquiera o más de las fuerzas medidas en (b) alcanza una proporción de una fuerza de sujeción requerida para resultar en un movimiento relativo entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) y dicho navío (200), fuerza de atracción que es dependiente de la fuerza de atracción medida.

## ES 2 328 568 T3

11. Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10,

5 donde la fuerza de atracción entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) y la superficie del navío (252) es medida y una señal correspondiente a la fuerza de atracción medida es transmitida para propósitos de comparación con las fuerzas medidas de (b), y

10 donde la fuerza de atracción es variada cuando una cualquiera o más de las fuerzas medidas (b) alcanza un límite correspondiente a una fuerza requerida para resultar en un movimiento relativo entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) y dicho navío (200), fuerza de sujeción que es dependiente de la fuerza de atracción medida.

12. Un método como el reivindicado en las reivindicaciones 1 a 11,

15 donde el elemento de unión con fuerza de atracción (1) es de una clase tal que se engancha a una superficie plana (252) de dicho navío (200) con su fuerza de atracción actuando normal sólo hacia dicha superficie plana (252), y donde la fuerza de atracción entre cada elemento de unión con fuerza de atracción (1) y la superficie planar (252) es medida y una señal correspondiente a la fuerza de tracción medida es transmitida para propósitos de comparación con la fuerza medida en (b) (ii), y una alarma es disparada cuando tal fuerza en una dirección tiende hacia resultar en un movimiento relativo de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) y dicho navío (200) en la dirección paralela a la fuerza medida en (b) (ii), se aproxima a la capacidad de sujeción de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) con dicho navío (200) como se determina para la fuerza de atracción medida.

25 13. Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, donde el elemento de unión con fuerza de atracción (1) es de una clase que se engancha a una superficie plana (252) de dicho navío (200) con su fuerza de atracción actuando normal solamente a dicha superficie plana (252), y es un elemento de unión con fuerza de atracción variable (1),

30 donde la fuerza de atracción entre dicho elemento de unión fuerza de atracción (1) y la superficie plana (252) es medida y una señal correspondiente a la fuerza de atracción medida es transmitida para propósitos de comparación con la fuerza medida en (b) (ii), y

35 donde, cuando tal fuerza en una dirección alcanza un límite predefinido que tiende hacia la generación de un movimiento relativo de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) y dicho navío (200) en la dirección paralela a la fuerza medida en (b) (ii) se aproxima a la capacidad de sujeción de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) y dicho navío (200), la fuerza de atracción es variada.

14. Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13,

40 donde la fuerza entre el robot de amarre (100) y el navío (200) paralela a la dirección de la fuerza medida (b) (i) tiende a resultar en una separación de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) de dicho navío (200) excede un primer umbral, el robot de amarre (100) adopta un modo de seguridad donde la fuerza de atracción entre la superficie del navío (252) y el elemento de unión con fuerza de atracción (1) se adapta para ejercer una fuerza de atracción máxima.

45 15. Un sistema de amarre de navío (200) adecuado para amarrar un navío (200) a un terminal (110) el cual puede ser un terminal fijo o flotante (110), que comprende por lo menos dos robots de amarre (100) asegurados al terminal (110), incluyendo cada robot de amarre (100)

una estructura de base (113, 602) fija con respecto al terminal (110), y

50 un elemento de unión con fuerza de atracción (1) enganchado de manera móvil a la estructura de base (113, 602), siendo dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) enganchable de manera liberable con una superficie del navío adyacente (252) para asegurar el navío (200) a dicho terminal (110), siendo capaz dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) de ejercer una fuerza de atracción normal a dicha superficie de navío (252) al cual se va a unir para contrarrestar las fuerzas de carga externas que están siendo ejercidas sobre el navío (200); y

55 medios para establecer (69) la fuerza de atracción entre dicho navío (200) y dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1);

**caracterizado** porque:

60 cada robot de amarre (100) incluye medios para actuar el movimiento del elemento de unión con fuerza de atracción (1) con respecto a la estructura de base (113, 602) en por lo menos una dirección seleccionada de cualquiera o ambas de dirección de babor a estribor y dirección longitudinal,

y dicho sistema incluye adicionalmente

65 (a) medios para medir la fuerza de atracción entre el elemento de unión con fuerza de atracción (1) de cada robot de amarre (100) y el navío (200) en una dirección paralela a dicha normal para proveer una "lectura de la capacidad de fuerza de atracción" y

## ES 2 328 568 T3

(b) medios para medir la fuerza entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) y la estructura de base (113, 602) de dicho robot de amarre (100) en por lo menos una dirección correspondiente a una cualquiera o más de:

- i. una dirección paralela a dicha normal para proveer una “lectura de fuerza normal”
- ii. una dirección horizontal y perpendicular a dicha normal para proveer una “lectura de fuerza de ruptura horizontal”, y
- iii. una dirección vertical y perpendicular a la normal para proveer una “lectura de fuerza de ruptura vertical”

(c) medios (60, 62, 63, 66, 66, 67) para monitorizar la relación entre dicha lectura de capacidad de fuerza de atracción y una cualquiera o más de dicha lectura de fuerza normal, lectura de fuerza de ruptura horizontal, y lectura de fuerza de ruptura vertical para proveer una, o varias, “lecturas del estado de amarre”

(d) medios para controlar cada robot de amarre (100) que responden a dichas lecturas de estado de amarre en una forma tal que cuando una cualquiera o más de las lecturas de fuerza normal, lectura de fuerza de ruptura horizontal alcanzan un límite predefinido, y cualquier lectura de fuerza de ruptura vertical en una dirección que tiende a permitir un movimiento relativo entre dicho navío (200) y dicho elemento con fuerza de atracción (1) de un dicho robot de amarre (100), de la capacidad de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) para mantener el navío (200) en tal dirección, dichos medios para controlar inician por lo menos uno o más seleccionados de los siguientes:

- i. dichos medios para establecer (69) dicha fuerza de atracción de una manera tal que varíe dicha fuerza de atracción,
- ii. una alarma, y
- iii. un desplazamiento del elemento de unión con fuerza de atracción (1) de por lo menos otro robot de amarre (100) con respecto a su estructura de base (113, 602), en una dirección opuesta a una dirección que tiende a permitir un movimiento relativo entre dicho navío (200) y dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) de dicho robot de amarre (100), para incrementar la fuerza de carga sobre dicho por lo menos un otro robot de amarre (100) y reducir la fuerza de carga sobre el dicho robot de amarre (100) en dicha dirección que tiende a permitir un movimiento relativo entre dicho navío (200) y dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) de dicho robot de amarre (100).

16. Un sistema de amarre de navío como se reivindica en la reivindicación 15,

donde dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) es una almohadilla o copa de vacío (251), y

dicho medio para establecer (69) la fuerza de atracción entre dicho navío (200) y dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) es un sistema de vacío (69) en comunicación fluida con dicha copa de vacío (1, 1') e incluye un generador de vapor.

17. Un sistema de amarre de navíos como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 15 o 16, donde un conjunto de línea de por lo menos dos robots de amarre (100) se proveen para ser enganchados en cercanía más a la línea de un dicho navío (200), y un conjunto de centros de por lo menos dos robots de amarre (100) que se proveen para ser enganchados en cercanía más al centro de dicho navío (200),

donde dichos medios para controlar pueden controlar la fuerza de atracción de cada elemento de unión con fuerza de atracción (1) en una forma donde, cuando las fuerzas de atracción aplicadas a la superficie del navío (252) por al menos uno de dichos robots de amarre (100) de cada conjunto alcanza un primer umbral, los medios para controlar operan en una forma que normalicen la fuerza de atracción de cada robot (100) de cada conjunto.

18. Un sistema de amarre de navíos, adecuado para amarrar un navío (200) a un terminal (110), que puede ser un terminal fijo o flotante (110) (o un segundo navío (200)), comprendiendo dicho sistema de amarre de navío (200)

por lo menos dos robots de amarre (100) asegurados a un terminal (110) incluyendo cada robot de amarre (100)

una estructura de base (113, 602) fija con respecto al terminal (110),

un elemento de unión con fuerza de atracción (1) enganchado a la estructura de base (113, 602), donde dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) es enganchable de manera liberable con una superficie de navío adyacente (252) para asegurar el navío (200) a dicho terminal (110), siendo capaz dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) de ejercer una fuerza de atracción normal a dicha superficie de navío (252) donde va a ser unido para contrarrestar las fuerzas de carga que están siendo ejercidas sobre el navío (200); y

medios para establecer (69) la fuerza de atracción entre dicho navío (200) y dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1)

## ES 2 328 568 T3

**caracterizado** porque

para cada robot (100), dicho sistema incluye adicionalmente

5 (a) medios para medir la fuerza de atracción entre el elemento de unión con fuerza de atracción (1) y el navío (200) para proveer una “lectura de capacidad de fuerza de atracción” y

10 (b) medios para medir la fuerza entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) y la estructura fija (113, 602) de dicho robot de amarre (100) por lo menos en una dirección paralela a la dicha normal para proveer una “lectura de fuerza normal”

(c) medios (60, 62, 63, 66, 66, 67) para monitorizar la relación entre dicha lectura de capacidad de fuerza de atracción y dicha lectura de fuerza normal para proveer una “lectura del estado de amarre”

15 (d) medios para controlar el robot de amarre (100) que responde a dicha lectura de estado de amarre de una manera tal que cuando la lectura de fuerza normal en una dirección que tiende a separar el elemento de unión con fuerza de atracción (1) de dicho navío (200) alcanza un umbral de lectura de fuerza de atracción, dichos medios de control inician por lo menos una cualquiera o ambas de las seleccionadas entre las siguientes:

20 i. dicho medio para establecer (69) dicha fuerza de atracción de una manera que varíe dicha fuerza de atracción, y

ii. una alarma.

25 19. Un sistema de amarre de navíos como el reivindicado en la reivindicación 18,

30 donde cada robot de amarre (100) incluye medios para actuar un movimiento traslacional del elemento de unión con fuerza de atracción (1) con respecto a la estructura de base (113, 602) en por lo menos una dirección de babor a estribor, y donde dichos medios para controlar pueden en el evento de que las fuerzas de carga alcancen un umbral predeterminado iniciar además un desplazamiento del elemento de unión con fuerza de atracción (1) de otro robot (100) de dicho sistema en la dirección de babor a estribor hacia dicha estructura de base (113, 602), causando por lo tanto que dicho otro robot de amarre (100) contrarreste una relación incrementada de las fuerzas de carga ejercidas sobre el navío (200).

35 20. Un sistema de amarre de navío como se reivindica en la reivindicación 18 o 19 donde dicho sistema comprende adicionalmente

40 a. medios (66) para determinar la capacidad de sujeción de fuerza de ruptura entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) y dicho navío (200) resultante de dicha lectura de capacidad de fuerza de atracción, en una dirección horizontal y perpendicular a dicha normal, para proveer una “lectura de la capacidad de sujeción de la fuerza de ruptura”.

45 b. medios (62) para medir la fuerza de dirección de ruptura, siendo una fuerza paralela a dicha fuerza de sujeción de ruptura, entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) y dicha estructura fija (113, 602) de dicho robot de amarre (100) para proveer una “lectura de fuerza de ruptura”

c. medios para monitorizar la relación entre dicha lectura de capacidad de fuerza de ruptura y dicha lectura de fuerza de ruptura para proveer una “segunda lectura del estado de amarre”

50 donde dichos medios para controlar el robot de amarre también responden a dicha segunda lectura del estado de amarre de una forma tal que cuando la lectura de la fuerza de ruptura en una dirección tiende a permitir un movimiento relativo de dicho navío (200) y dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1), alcanza un límite predeterminado, dichos medios para controlar inician por lo menos una o más seleccionadas entre las siguientes:

55 i. dichos medios para establecer (69) dicha fuerza de atracción de una forma que varíe dicha fuerza de atracción, y

ii. una alarma

60 21. Un sistema de amarre de navíos como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 19 o 20, donde dichos medios para actuar el movimiento traslacional del elemento de unión con fuerza de atracción (1) son un actuador lineal operable en cualquier dirección de babor a estribor.

65 22. Un sistema de amarre de navíos como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 19 a 21, donde dichos medios para actuar el movimiento traslacional del elemento de unión con fuerza de atracción (1) es un actuador lineal hidráulico operable en por lo menos una dirección de babor a estribor, derivado dicha medición de fuerza normal de un medio (60) para detectar la presión hidráulica de dicho actuador hidráulico lineal.

## ES 2 328 568 T3

23. Un sistema de amarre de navíos para controlar el amarre de un navío (200) con una instalación de muelle, comprendiendo dicho sistema:

5 Por lo menos un robot de amarre (100) para asegurar de manera liberable a dicho navío (200) dicho robot de amarre (100) que incluye

i. una estructura fija asegurada a dicha instalación de muelle,

10 ii. un elemento de unión con fuerza de atracción (1) para enganchar de manera liberable con una superficie vertical plana (252) del navío (200), dispuesto de manera móvil dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) desde dicha estructura fija para permitir su movimiento con respecto a dicha instalación en tres direcciones ortogonales, siendo estas direcciones una dirección vertical, una primera dirección horizontal normal a la superficie vertical y una segunda dirección horizontal paralela a la superficie vertical plana, capaz dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) de ejercer una fuerza de atracción normal a dicha superficie de navío (252) donde va a ser unida para  
15 contrarrestar las fuerzas de carga que están siendo ejercidas sobre el navío (200),

**caracterizado** porque

20 el robot de amarre incluye adicionalmente medios para actuar el movimiento del elemento de unión con fuerza de atracción (1) en por lo menos dicha primera y segunda dirección horizontal; y el sistema incluye adicionalmente

medios (60) para generar una señal de fuerza representativa de una fuerza entre la estructura fija y dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) en una dirección paralela a dicha primera dirección horizontal;

25 medios (62) para generar una señal de fuerza representativa de una fuerza entre la estructura fija y dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) en una dirección paralela a dicha segunda dirección horizontal;

medios (66) para determinar una señal de fuerza representativa de una fuerza de sujeción de tracción entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) y dicho navío (200) en dicha primera dirección horizontal;

30 medios (66) para determinar una señal de fuerza representativa de una fuerza de sujeción de ruptura entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) y dicho navío (200) en dicha segunda dirección horizontal; y

35 medios que responden a dichos primero y segundo y tercer medios mencionados para generar una señal de fuerza, los cuales, cuando se hacen verdaderas una o más condiciones, condiciones que son seleccionadas de:

(a) la fuerza medida por dicho primer medio mencionado (60) para generar una señal de fuerza alcanza un valor predefinido que se aproxima a la fuerza de sujeción de tracción, y

40 (b) la fuerza medida por dicho segundo medio mencionado (62) para generar una señal de fuerza alcanza un valor predefinido que se aproxima a la fuerza de sujeción de ruptura,

inicia uno cualquiera o más seleccionados de los siguientes;

45 (a) una alarma y

(b) una variación en la fuerza de atracción de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) con dicho navío (200) y

50 (c) el medio para cambiar la disposición de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) con respecto a dicha instalación de muelle (110) en una dirección para reducir una o ambas de las fuerzas de sujeción de tracción y la fuerza de sujeción de ruptura por debajo de dichos valores predefinidos.

24. Un sistema de amarre para fijar de manera liberable un navío (200) que flota sobre la superficie de un cuerpo de agua a un terminal (110) que está asegurado al fondo de dicho cuerpo de agua donde dicho navío (200) está sujeto a fuerzas de carga resultantes de una cualquiera o más de entre vientos, mareas, corrientes de agua, olas, niveles de carga del navío (200) y movimientos actuados por dicho sistema, comprendiendo dicho sistema por lo menos un robot de amarre (100) que incluye

60 a) una estructura de base (113, 602) fijada a uno de dicho terminal (110) o dicho navío (200),

b) un elemento de unión con fuerza de atracción (1) enganchado a dicha estructura de base, adaptado dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) para ser fijo a y establecer una unión con una superficie (252) del otro de dicho uno de dicho terminal (110) o navío (200), siendo dicha unión de una clase con atracción que establece una fuerza de sujeción con atracción normal a la superficie a la cual se va a unir;

65 **caracterizado** porque el sistema incluye adicionalmente medios (66) para determinar una fuerza de sujeción de atracción de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) cuando dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) está en una relación de unión con dicha superficie;

## ES 2 328 568 T3

medios (66) para determinar una fuerza de sujeción en dirección de ruptura horizontal entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) y dicha superficie en una dirección horizontal y en una dirección perpendicular a dicha normal cuando dicho elemento de unión con fuerza de atracción está en una relación de unión con dicha superficie,

5

medios (60, 62) para determinar por lo menos uno o más de un grupo que comprende

a. una fuerza de tracción, siendo dicha fuerza de tracción la fuerza aplicada por dicha superficie a dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) en una dirección paralela a dicha normal, y

10

b. una fuerza de ruptura horizontal, siendo dicha fuerza de ruptura horizontal la fuerza aplicada por dicha superficie a dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) en una dirección horizontalmente y perpendicular a dicha normal; y medios para permitir la comparación entre

15

i) dicha fuerza de unión de atracción y dicha fuerza de tracción y

ii) dicha fuerza de sujeción en dirección de ruptura horizontal y dicha fuerza de ruptura horizontal.

20

25. Un sistema de amarre como el reivindicado en la reivindicación 24 donde dicho medio para permitir la comparación actuará, cuando una o ambas de las siguientes condiciones ocurran

25

i. dicha fuerza de tracción alcanza un límite predeterminado siendo un límite por debajo de la fuerza de sujeción de atracción pero que se aproxima a dicha fuerza de sujeción de atracción en una dirección que tiende hacia la liberación de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) con dicha superficie, y

25

ii. dicha fuerza de ruptura horizontal alcanza un límite predeterminado que es un límite por debajo de la fuerza de sujeción en dirección de ruptura horizontal pero que se aproxima a dicha fuerza de sujeción en dirección de ruptura horizontal en una dirección que tiende hacia un movimiento relativo en una dirección horizontal entre dicha superficie y dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1),

30

uno o más seleccionado de

i. un medio para establecer (69) y variar dicha fuerza de atracción, de una manera que varíe dicha fuerza de atracción, y

35

ii. una alarma.

26. Un sistema de amarre como el reivindicado en las reivindicaciones 24 o 25,

40

donde dicho medio (66) para determinar la fuerza de sujeción de atracción de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) cuando dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) está en una relación de unión con dicha superficie e incluye

45

un sensor (66) adecuado para determinar la fuerza entre dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) y dicha superficie en una dirección normal a dicha superficie, y

medios que responden a la señal de dicho sensor (66) para determinar la fuerza de sujeción de atracción efectiva.

50

27. Un sistema de amarre como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 24 a 26, donde dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) se engancha de manera móvil a dicha estructura de base (113, 602) por un mecanismo de unión, y se provee medios para actuar activamente el movimiento de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) con respecto a dicha estructura de base (113, 602) en una dirección paralela a dicha dirección de fuerza de ruptura horizontal, y en una dirección paralela a dicha dirección de fuerza de tracción.

55

28. Un sistema de amarre como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 24 a 27, donde dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) se engancha de manera móvil a dicha estructura de base (113, 602) mediante un mecanismo de unión, y se proveen medios para actuar activamente el movimiento de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) con respecto a dicha estructura de base (113, 602) paralela a dicha dirección de fuerza de ruptura horizontal, y medios para activamente actuar el movimiento paralelo a dicha dirección de fuerza de tracción donde dichos medios para permitir la comparación inician adicionalmente, cuando una o ambas de las siguientes condiciones se satisfacen;

60

i. dicha fuerza de tracción alcanza un límite predeterminado que es un límite por debajo de la fuerza de sujeción de atracción pero que se aproxima a dicha fuerza de sujeción de atracción en una dirección que tiende hacia la liberación de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) con dicha superficie, y

65

ii. dicha fuerza de ruptura horizontal alcanza un límite predeterminado siendo un límite por debajo de la fuerza de sujeción en la dirección de ruptura horizontal pero que se aproxima a dicha fuerza de sujeción en la dirección de

## ES 2 328 568 T3

ruptura horizontal en una dirección que tiende hacia un movimiento relativo en una dirección horizontal entre dicha superficie y dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1);

5 un cambio en la velocidad de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) por uno o ambos de dichos medios para actuar activamente un movimiento con el fin de que dicha fuerza de tracción y/o fuerza de ruptura horizontal permanezcan por debajo de sus límites respectivos.

10 29. Un sistema de amarre como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 24 a 28, donde dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) es un elemento de unión con fuerza de atracción variable (1) donde su fuerza de atracción puede ser variada por medios para controlar la fuerza de atracción.

15 30. Un sistema de amarre como el reivindicado en la reivindicación 29, donde dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) es una copa de vacío (1) que define una cavidad de presión controlable cuando se engancha con dicha superficie y donde dichos medios de control de la fuerza de atracción incluyen un medio que induce vacío (69) que está en comunicación fluida con dicha cavidad para controlar la presión en dicha cavidad.

20 31. Un sistema de amarre como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 24 a 30, donde dicho medio (66) para determinar la fuerza de sujeción en la dirección de ruptura de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1), con dicha superficie cuando dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) está en una relación de unión con dicha superficie también determina la fuerza de sujeción en la dirección de ruptura vertical en una dirección verticalmente y perpendicular a dicha normal y cuando el medio para medir una fuerza de ruptura vertical aplicada por dicha superficie a dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) en una dirección vertical y perpendicular a dicha normal es provista, para el propósito de comparación de dicha fuerza de sujeción en la dirección de ruptura vertical con dicha fuerza de ruptura vertical.

25 32. Un sistema de amarre como el reivindicado en la reivindicación 31, donde dicho medio para permitir la comparación también iniciará, cuando dicha fuerza de ruptura vertical alcance un límite predeterminado siendo un límite por debajo de la fuerza de sujeción en la dirección de ruptura vertical pero que se aproxima a dicha fuerza de sujeción en la dirección de ruptura vertical en una dirección que tiende hacia un movimiento relativo en una dirección entre dicha superficie y dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1),

uno o más seleccionados de

35 i. medio para establecer (69) y variar dicha fuerza de atracción, de una manera que varíe dicha fuerza de sujeción de atracción, y

ii. una alarma

40 33. Un sistema de amarre como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 24 a 32, donde dicho medio para determinar la fuerza de ruptura horizontal y/o la fuerza de tracción incluye

medios para medir la respuesta a tales fuerzas y que son capaces de generar una señal indicativa de tales fuerzas, y medios para leer la lectura de la señal generada, y

45 donde los dichos medios para medir y los dichos medios para leer proveen una señal que se puede usar por dichos medios permitiendo la comparación.

34. Un sistema de amarre como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 24 a 33, donde

50 dichos medios para determinar la fuerza de sujeción de atracción incluyen

medios para medir la respuesta a tal fuerza y que son capaces de generar una señal indicativa de tal fuerza, y

55 medios para leer que son capaces de leer la señal generada, y

donde dichos medios para medir y dichos medios para leer proveen una señal utilizable por dichos medios que permiten la comparación.

60 35. Un sistema de amarre como el reivindicado en la reivindicación 34, donde dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) es una copa de vacío que define una cavidad con presión controlable cuando se une con dicha superficie y donde dicho medio para controlar la fuerza de atracción incluye un medio para inducir el vacío que está en comunicación fluida con dicha cavidad para controlar la presión de dicha cavidad, siendo dichos medios para medir la respuesta a dicha fuerza de atracción un transductor de presión enganchado con dicho robot de amarre (100) de una manera tal que mide la diferencial de presión entre la cavidad de dicha copa de vacío y la presión atmosférica del ambiente.

65 36. Un sistema de amarre como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 24 a 35, donde dichos medios para medir la dicha fuerza de sujeción en dirección de ruptura horizontal utilizan medios para calcular tal fuerza de sujeción en la dirección de ruptura horizontal a partir de dicha fuerza de sujeción de atracción medida.

## ES 2 328 568 T3

37. Un sistema de amarre como se reivindica en la reivindicación 36, donde los medios para calcular utilizan una tabla de fuerza de sujeción de atracción empíricamente recolectada variable y dependiente de los números reflectivos de la fuerza de sujeción en la dirección de ruptura horizontal con base en los cuales dicha fuerza de sujeción en la dirección de ruptura horizontal puede ser determinada.

5

38. Un sistema de amarre como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 29 a 37, donde dichos medios para actuar activamente incluyen por lo menos un ariete hidráulico (283, 23, 4, 24).

10

39. Un sistema de amarre como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 29 a 38, donde se provee un medio para medir el desplazamiento de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) con respecto a dicha estructura de base (113, 602).

15

40. Un sistema de amarre como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 29 a 39, donde una alarma se hace sonar cuando se alcanza uno o más de los límites de movimiento de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) con respecto a dicha estructura de base (113, 602).

20

41. Un sistema de amarre como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 29 a 40, donde se representa visualmente el desplazamiento de dicho elemento de unión con fuerza de atracción (1) con respecto a dicha estructura de base (113, 602).

42. Un sistema de amarre como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 24 a 41, donde dicha fuerza de atracción es susceptible de ser controlada por la acción humana.

25

43. Un sistema de amarre como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 29 a 41, donde dicho desplazamiento es susceptible de ser controlado por la acción humana.

30

35

40

45

50

55

60

65

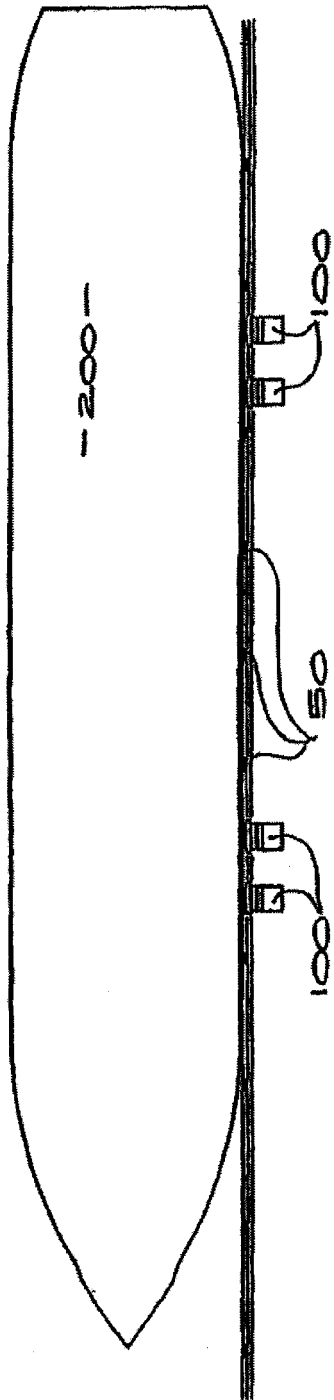


FIGURA 1

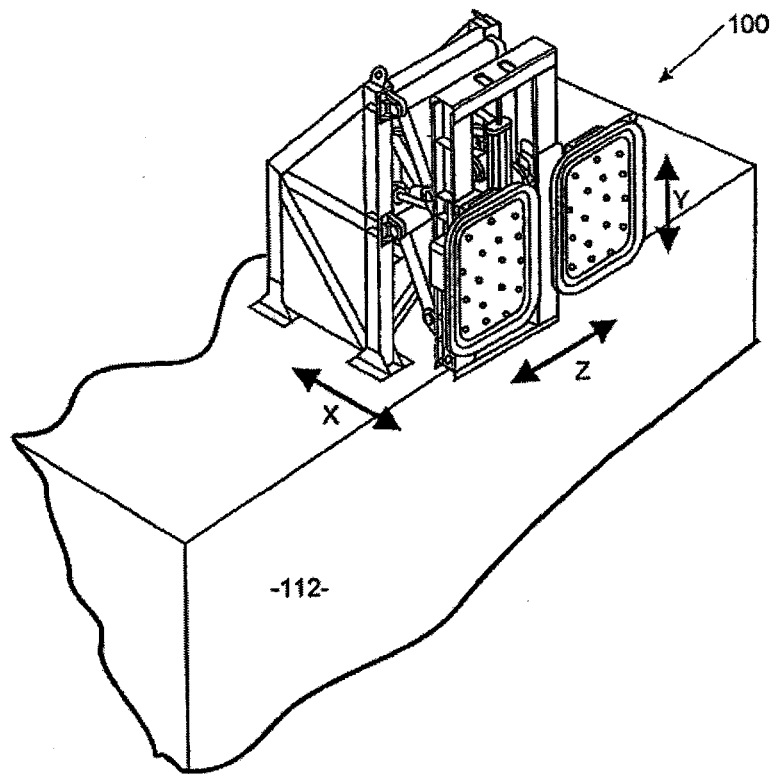


FIGURA 2

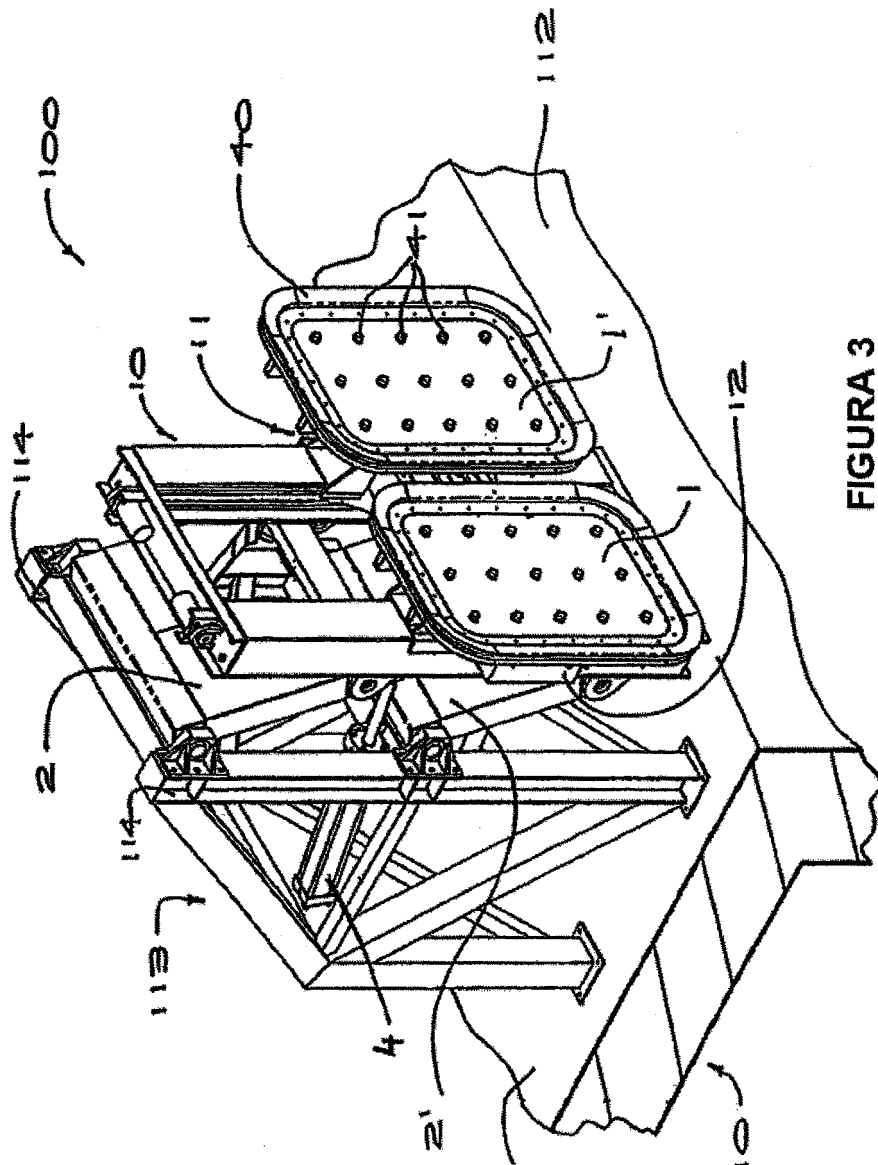


FIGURA 3

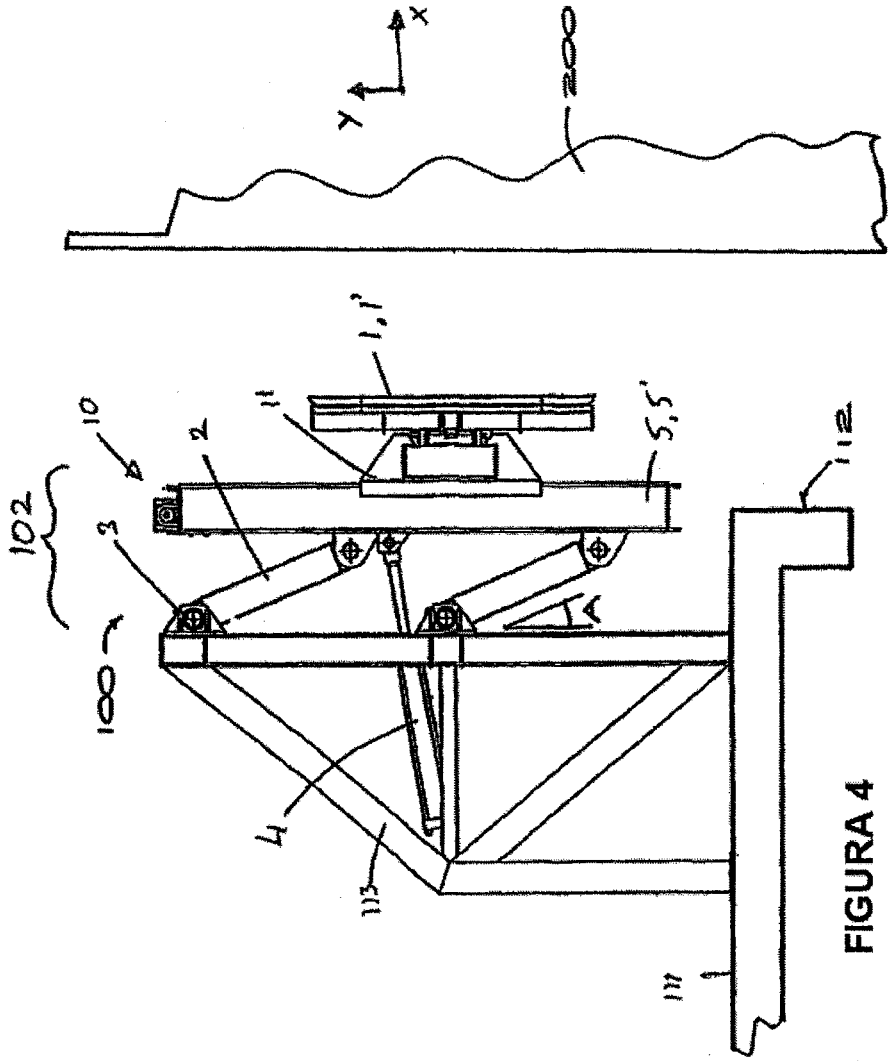


FIGURA 4

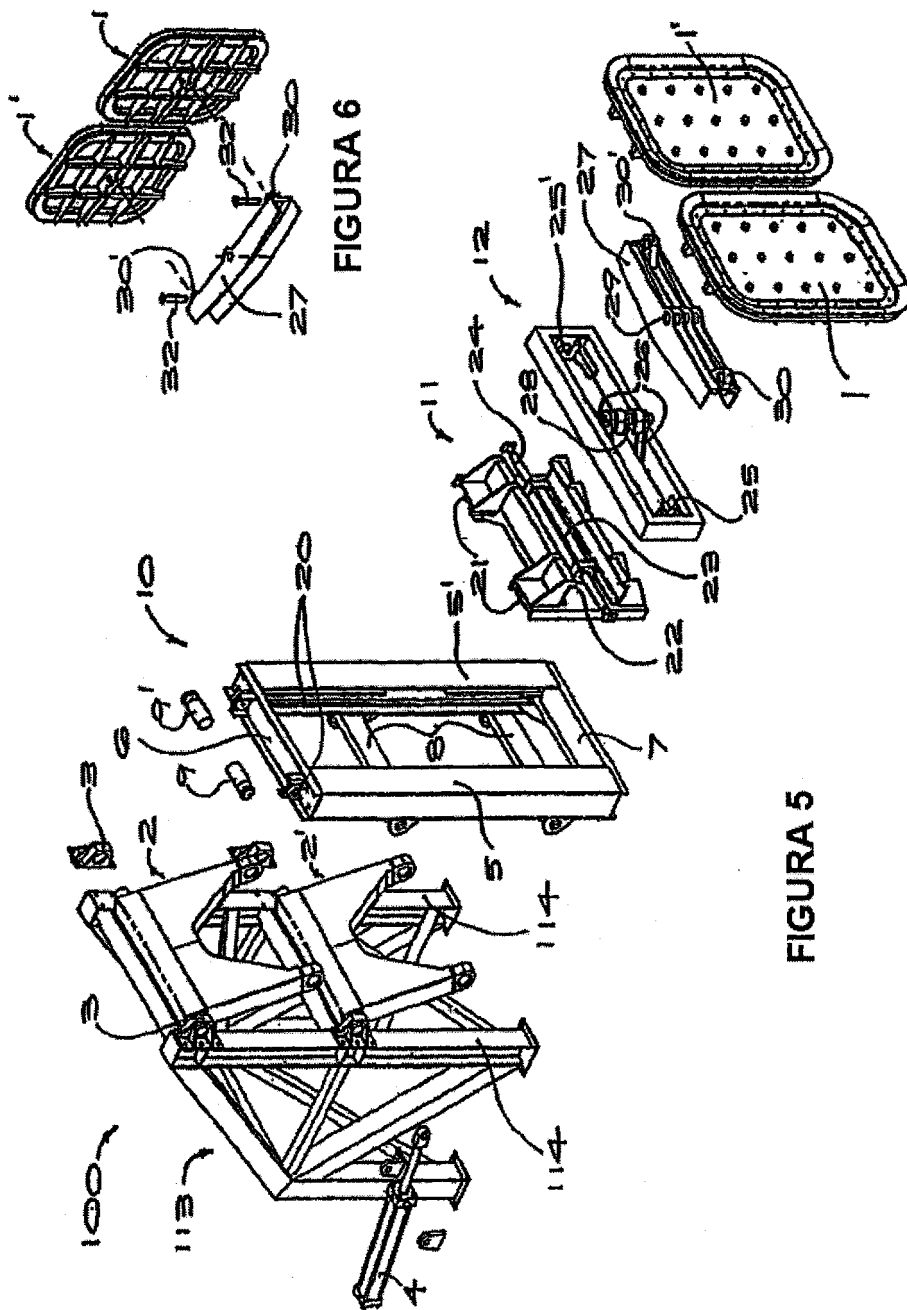


FIGURE 6

FIGURE 5

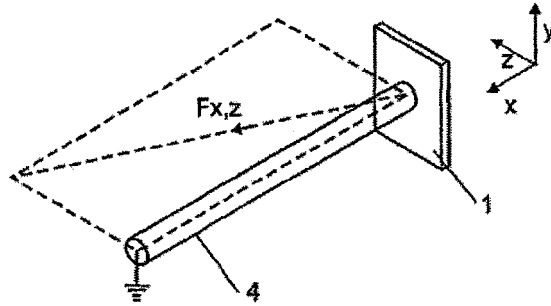


FIGURA 7

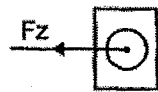


FIGURA 8



FIGURA 9

FIGURA 10

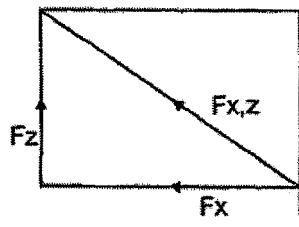


FIGURA 11

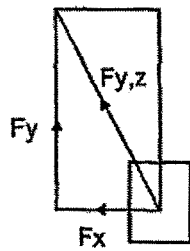
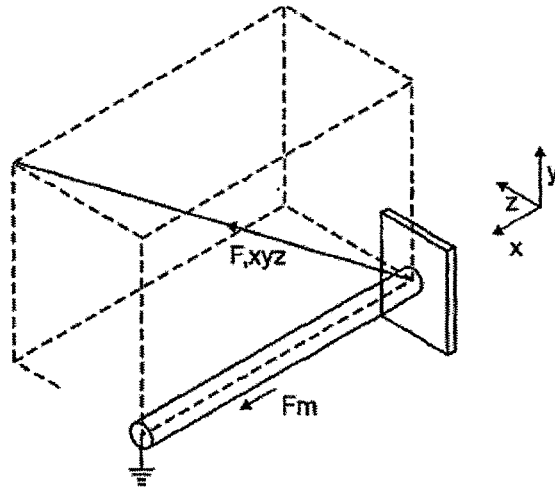


FIGURA 12

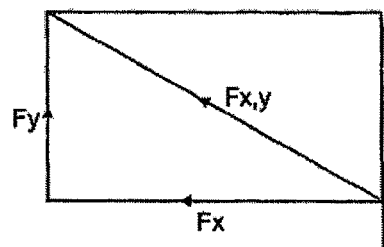


FIGURA 13

FIGURA 14

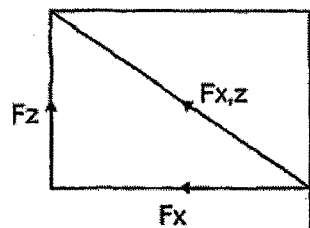


FIGURA 15

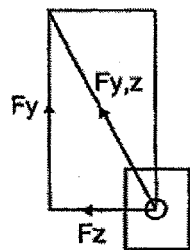
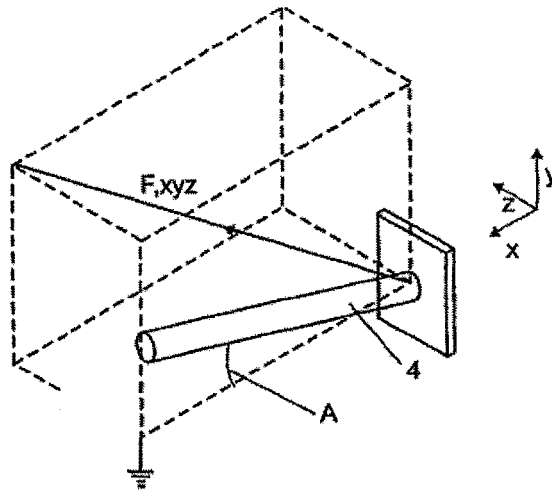


FIGURA 16

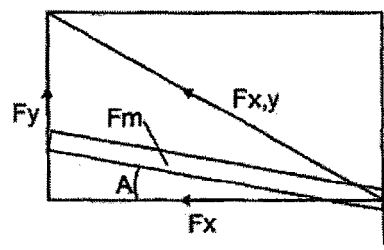


FIGURA 17

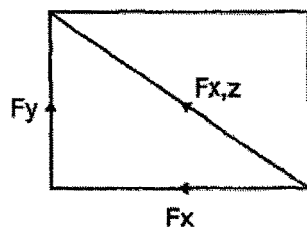


FIGURA 18

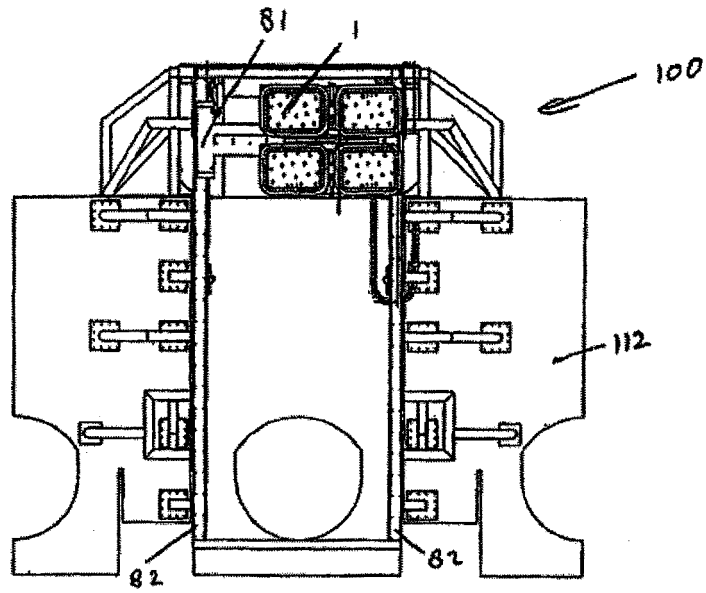


FIGURA 19

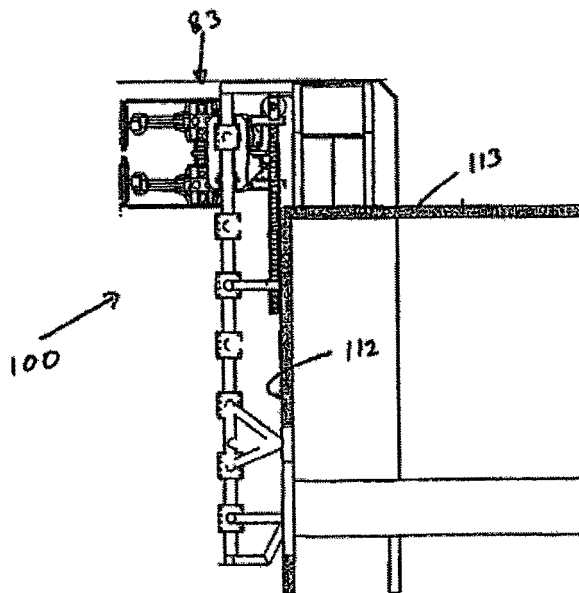


FIGURA 20

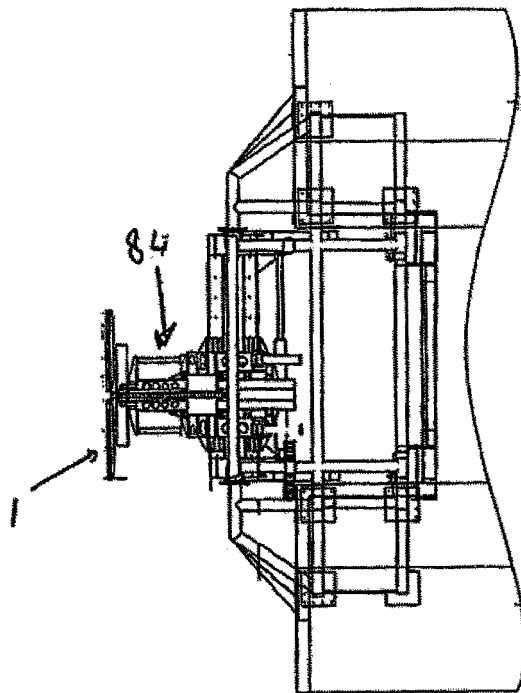


FIGURA 21

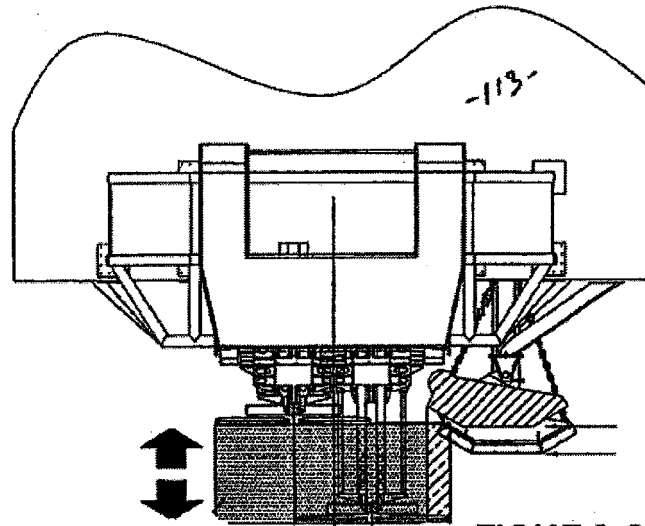


FIGURA 22

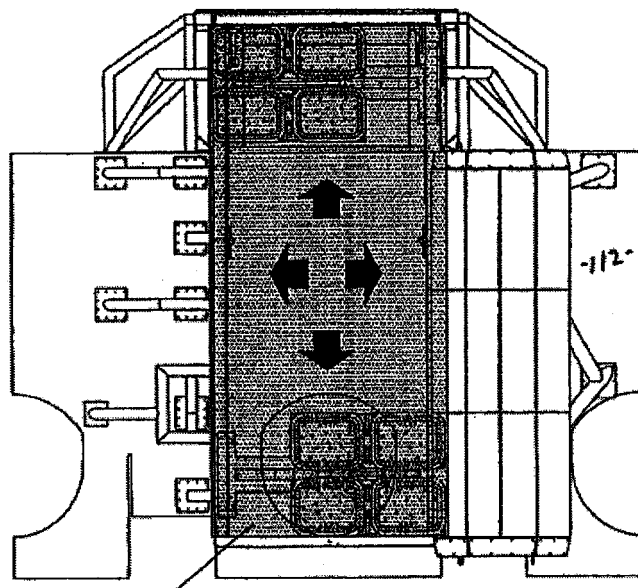


FIGURA 23

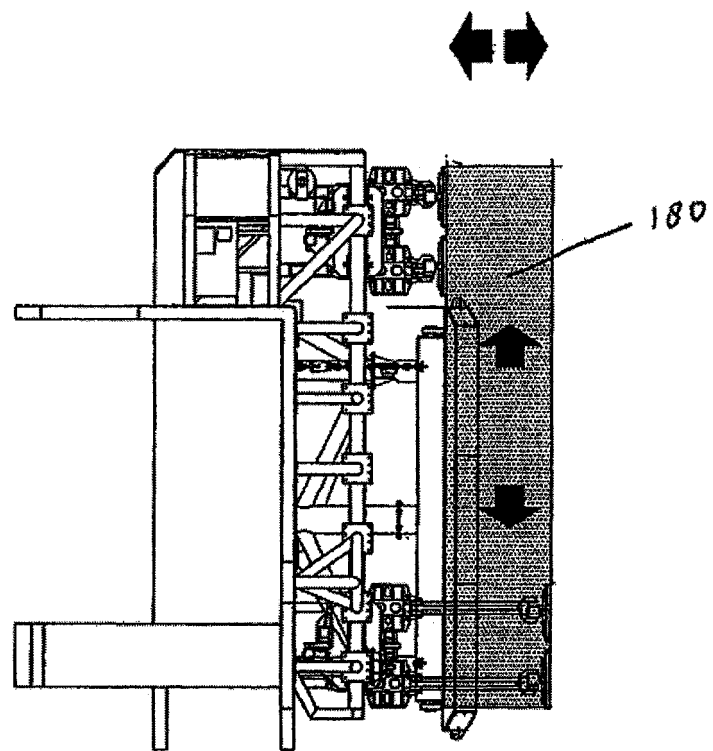


FIGURA 24

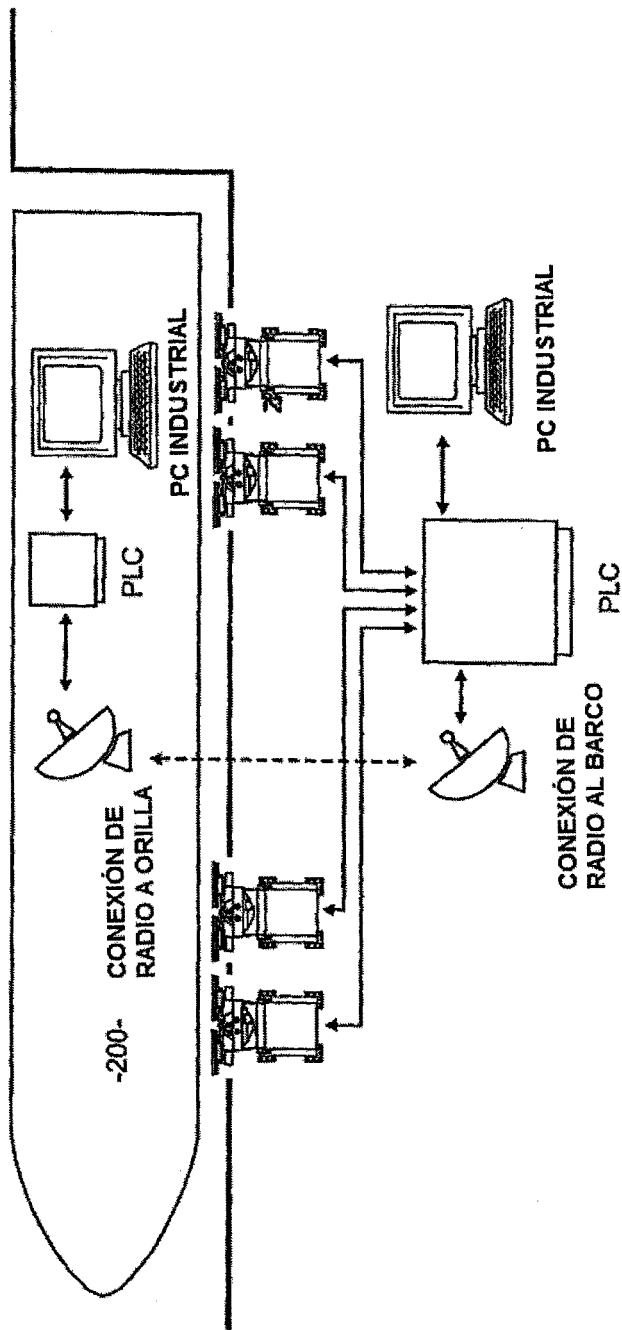


FIGURA 25

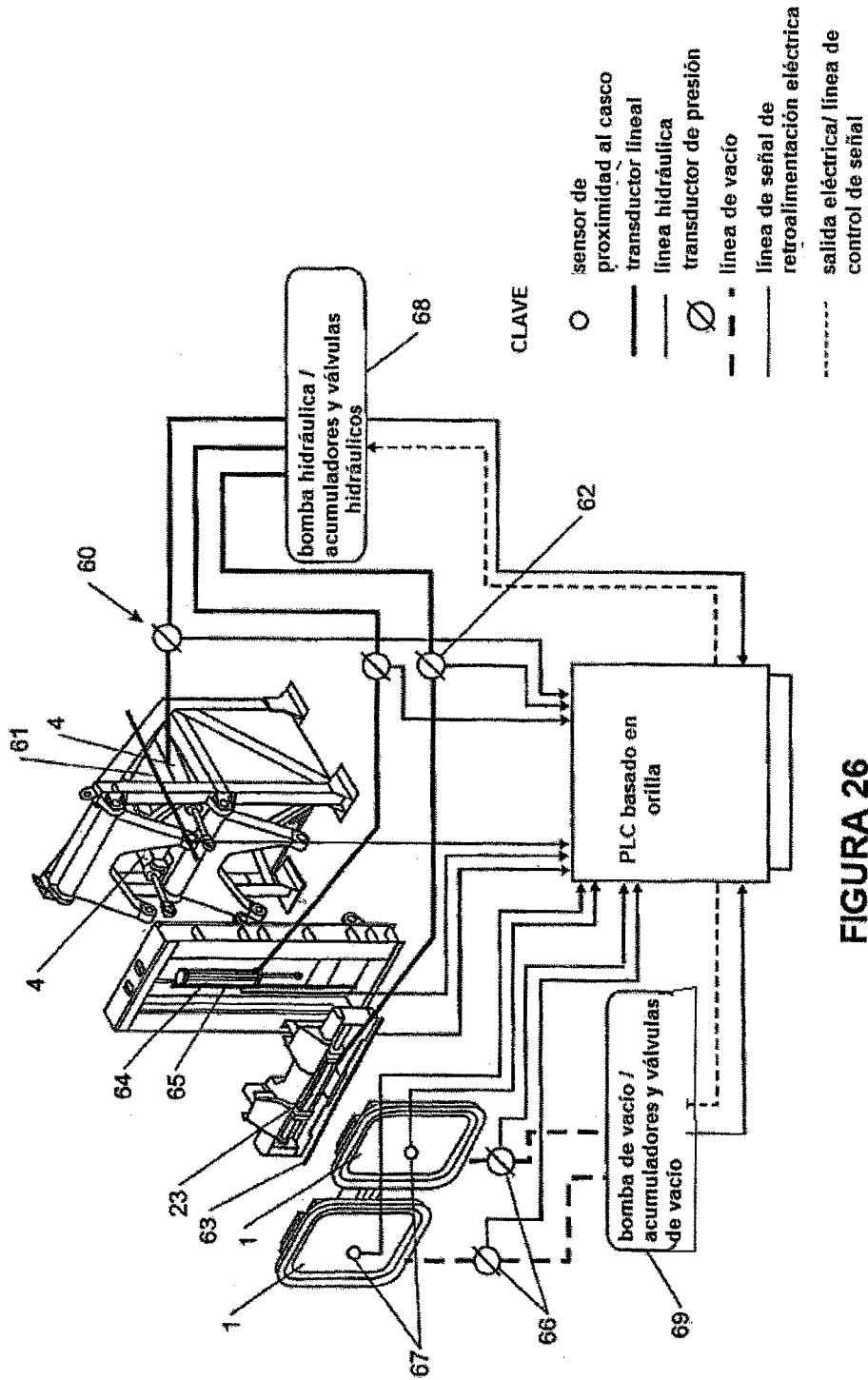


FIGURA 26

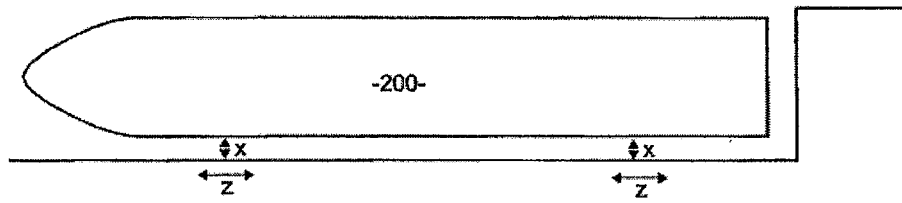


FIGURA 27

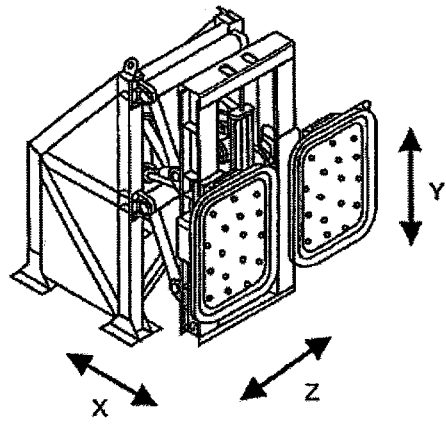


FIGURA 28

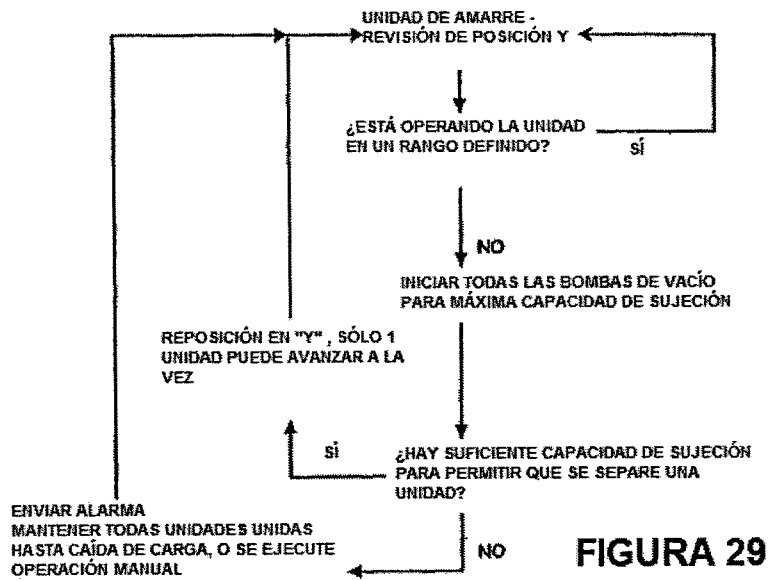


FIGURA 29

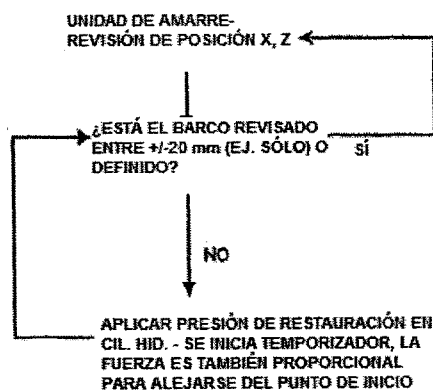


FIGURA 30

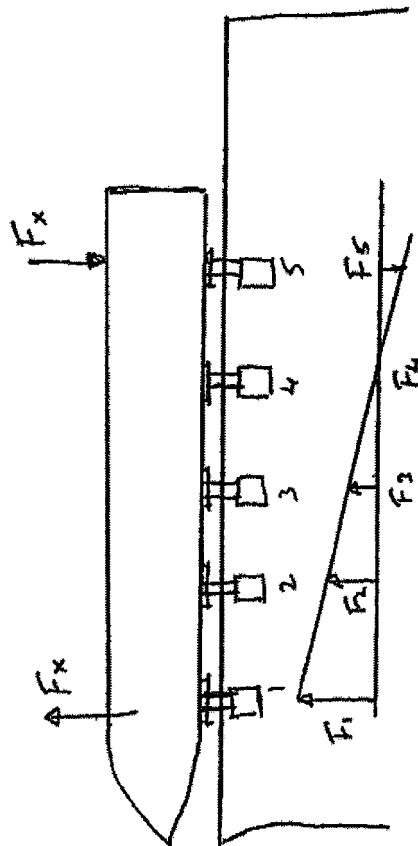


FIGURA 31

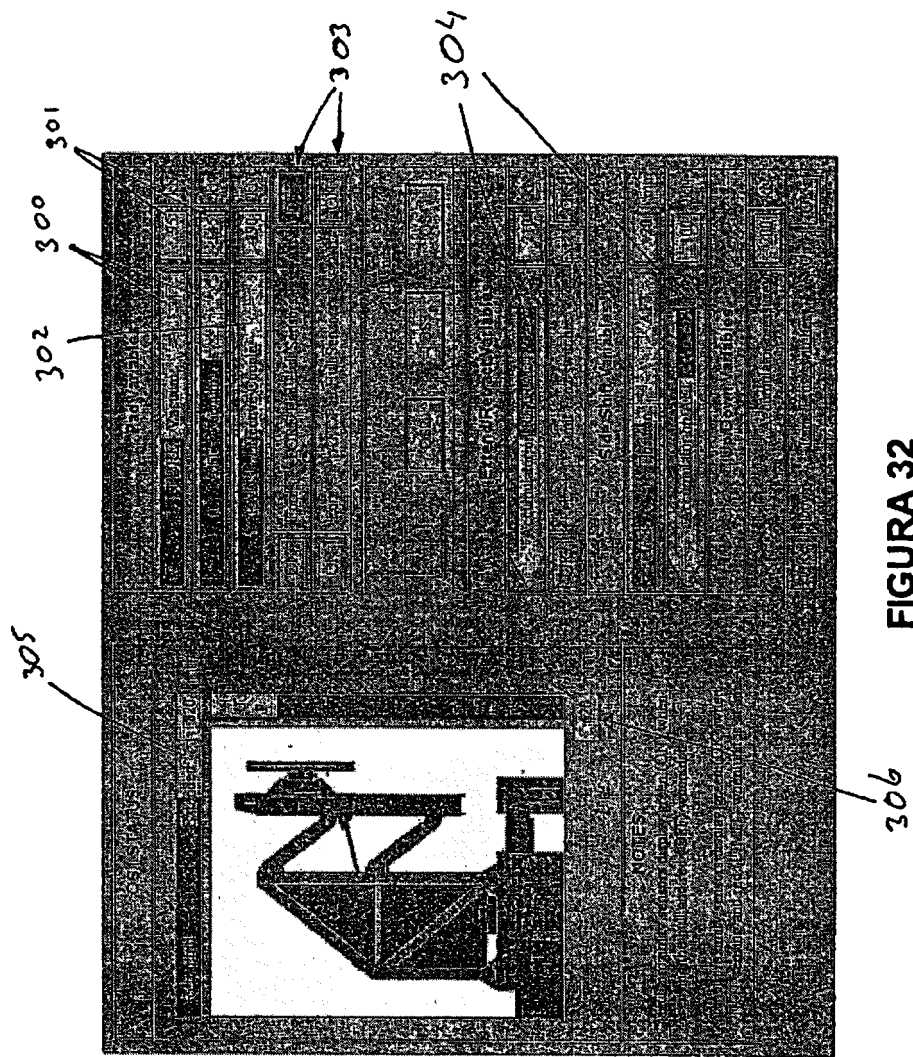


FIGURA 32

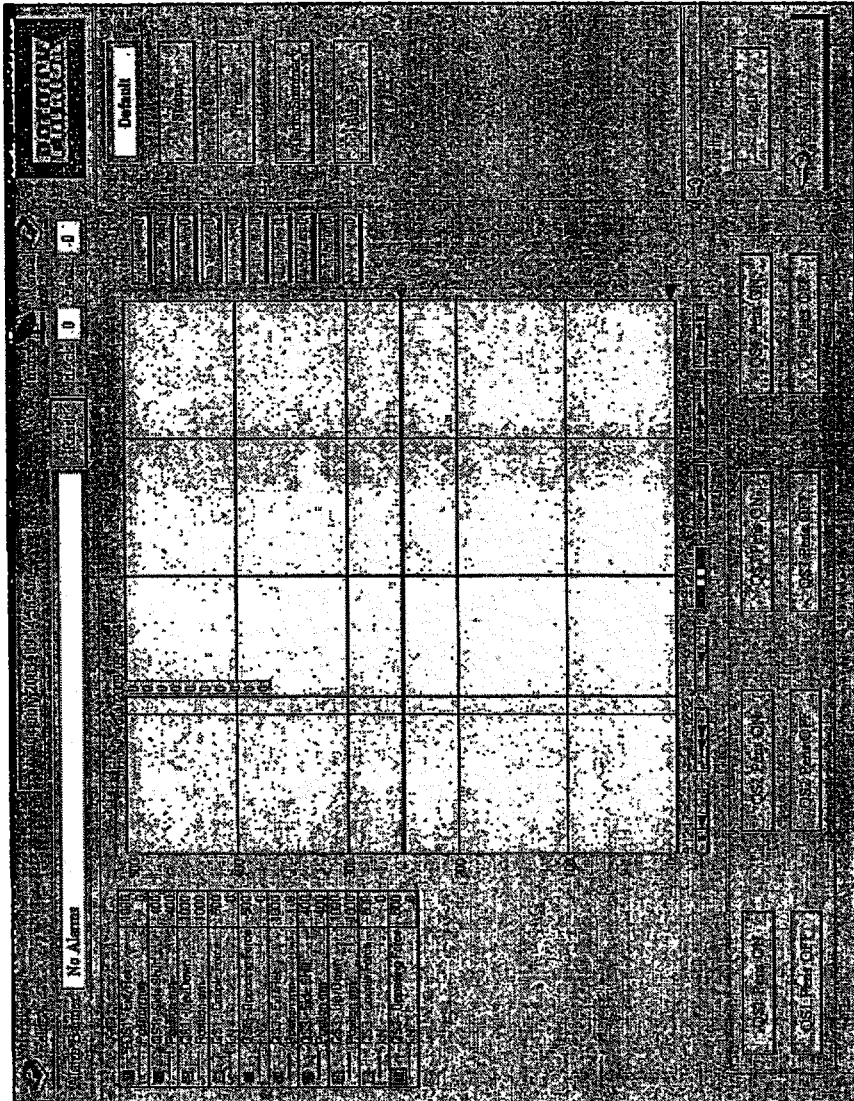


FIGURA 33

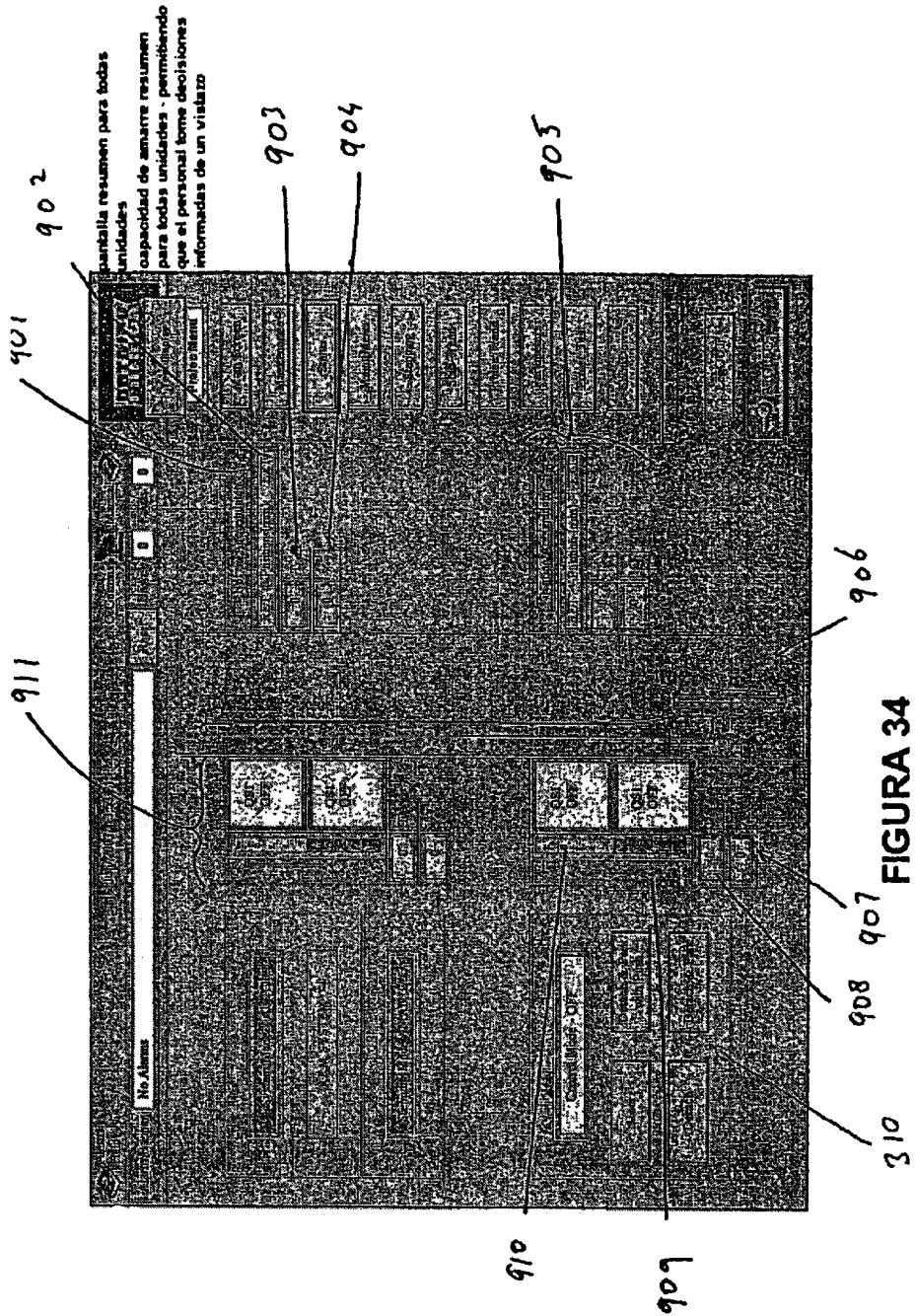


FIGURA 34

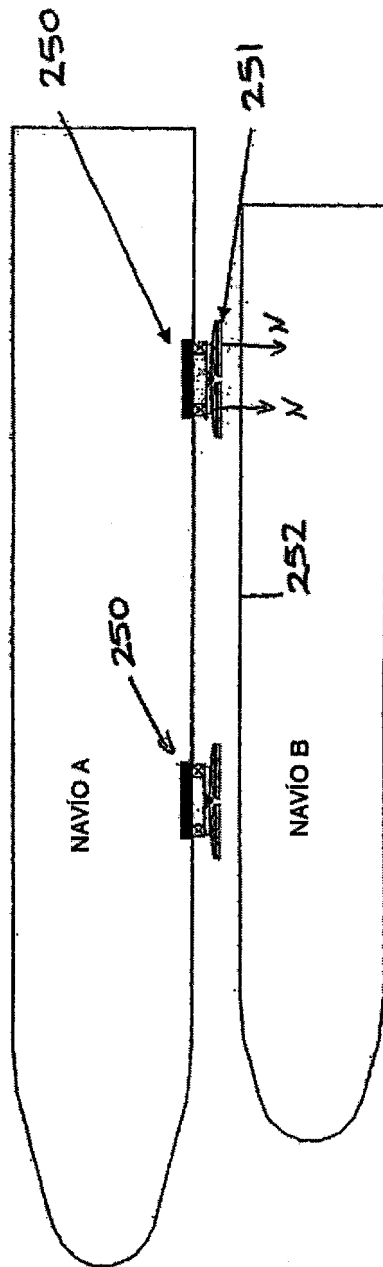


FIGURA 35

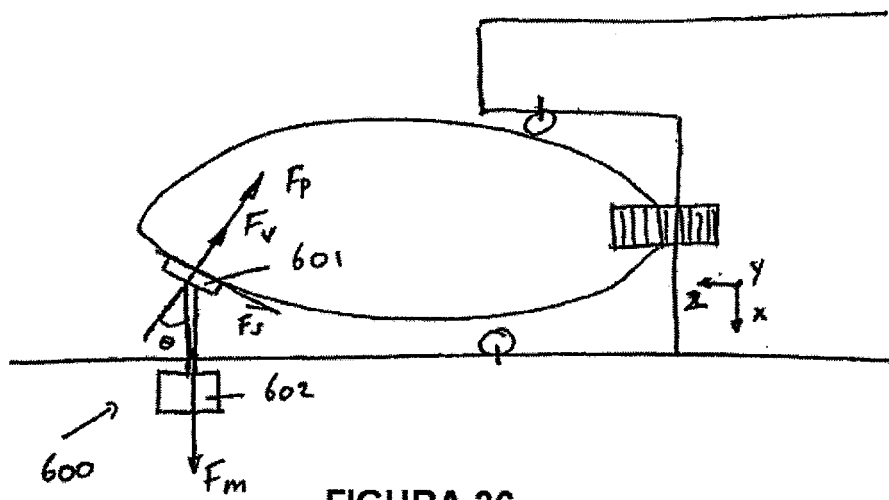


FIGURA 36

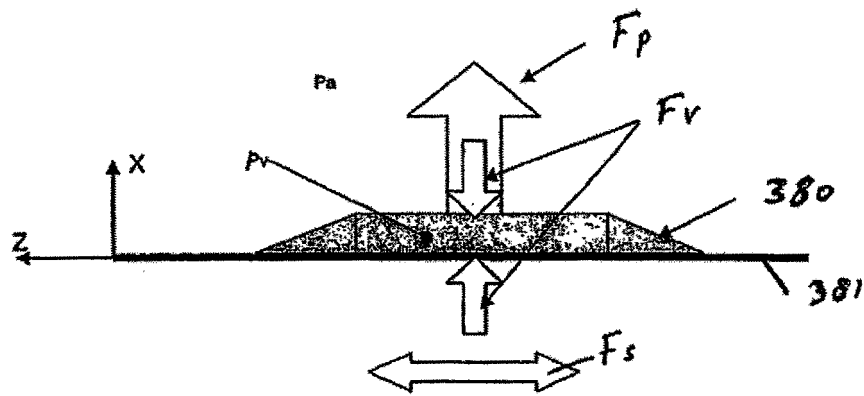


FIGURA 37

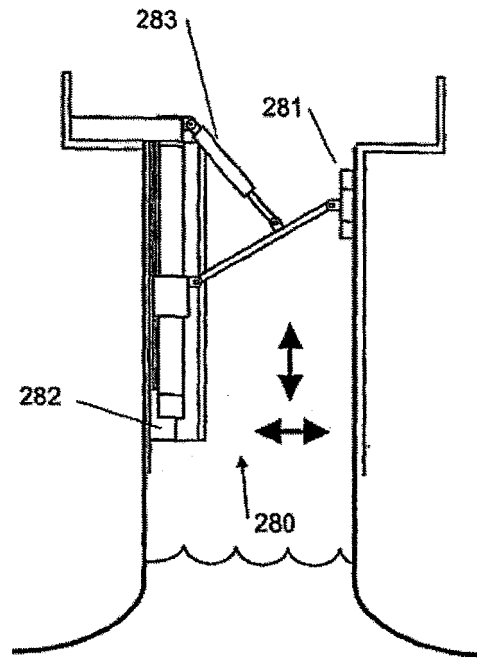


FIGURA 38

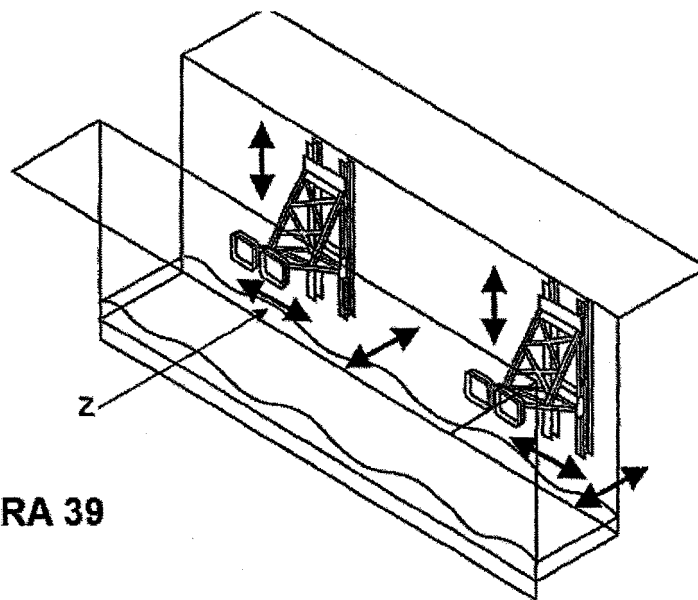


FIGURA 39

FIGURA 40

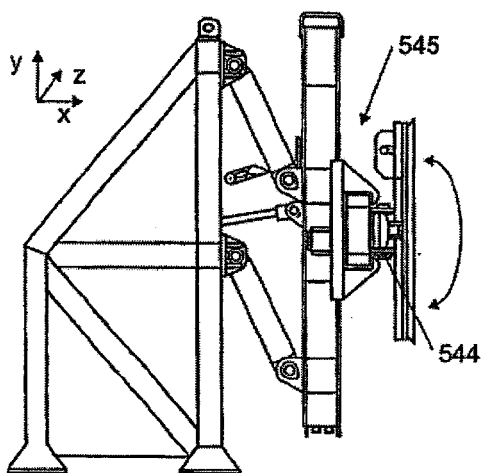


FIGURA 41

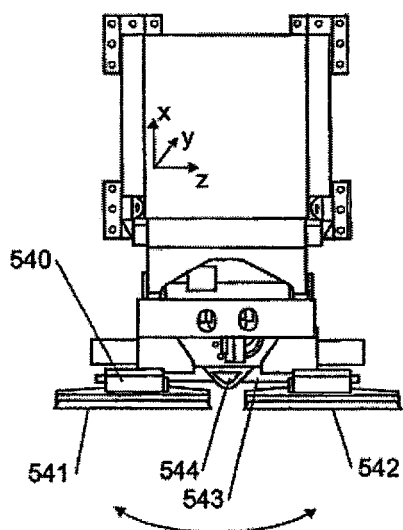


FIGURA 42

