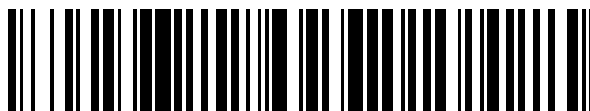


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 792 459**

51 Int. Cl.:

**E02B 3/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.06.2011 PCT/US2011/038709**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.12.2011 WO11153204**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2011 E 11724907 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 2576915**

54 Título: **Boya y sistema que comprende una boya para minimizar la erosión de playas y otras aplicaciones para atenuar la actividad de la superficie del agua**

30 Prioridad:

**23.05.2011 US 201113113298  
02.06.2010 US 350633 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.11.2020**

73 Titular/es:

**MURTECH INC. (100.0%)  
820 Cromwell Park Drive  
Glen Burnie, Maryland 21061, US**

72 Inventor/es:

**MCCORMICK, MICHAEL, E. y  
MURTHA, ROBERT**

74 Agente/Representante:

**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

**ES 2 792 459 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

Boya y sistema que comprende una boya para minimizar la erosión de playas y otras aplicaciones para atenuar la actividad de la superficie del agua

5

**Campo de la invención**

La presente invención se refiere de manera general a rompeolas y más particularmente a sistemas flotantes que incluyen por lo menos una boya dispuesta para reducir la amplitud de las olas de agua con diversos fines, por ejemplo, minimizar la erosión de playas, crear puertos abrigados, facilitar la limpieza de derrames de petróleo, calmar las condiciones de energía de las olas en la línea de costa para condiciones de crecimiento de vegetación subacuática (SAV) o de vegetación de mareas, reducir la energía de las olas para el embarque y desembarque de plataformas en alta mar a partir de barcos a flote, reducción de olas de barco en ubicaciones de canal cercanas, etc. Anteriormente, boyas tales como las dadas a conocer en la patente US nº 3.191.202 (E.H. Handler) y el documento WO 02/085697 A1 han intentado minimizar el movimiento en amarre por lo que presentan poco efecto sobre la reducción de la amplitud y energía de las olas.

10

15

**Antecedentes de la invención**

Se ha considerado el fenómeno de enfoque por difracción de olas de agua para potenciar la energía de las olas. En particular, el fenómeno de enfoque por difracción de olas de agua para conversión de energía se propuso inicialmente por Budal y Falnes en su artículo "A Resonant Point Absorber of Ocean Waves", *Natures*, vol. 256, págs. 478-479 (1975). Estos autores denominaron a los cuerpos pequeños que producían el fenómeno "absorbedores puntuales". Esencialmente, es un enfoque de energía de olas incidentes en un cuerpo pequeño que presenta resonancia en uno o más modos con la ola incidente. De manera resumida, el cuerpo actúa como una antena hidrodinámica. "Ocean Wave Energy Conversion" de M. E. McCormick, publicado por Wiley-Interscience, Nueva York (1981, reimpresso por Dover Publication, Long Island, Nueva York en 2007) denomina al fenómeno "enfoque de antena". El efecto de enfoque se debe a una interferencia destructiva entre las olas radiadas desde el cuerpo sobre las olas incidentes. Budal y Falnes produjeron varios artículos que ilustran cómo la absorción puntual puede potenciar la conversión de energía de las olas. El libro titulado "Ocean Wave Oscillating Systems" de Falnes, publicado por Cambridge University Press, 2002, incluye un resumen de los hallazgos de estos dos investigadores. En la conversión de energía de las olas mediante un absorbedor de punto, la conversión debe ser "activa" en el sentido de que debe utilizarse una turbina o algún otro tipo de sistema de toma de potencia. Además, debe incorporarse un sistema de control. Los recientes avances en los subsistemas tanto de toma de potencia como de control se presentan en los procedimientos de la conferencia europea sobre la energía de las olas y las mareas, celebrada en Suecia en septiembre de 2009. Ver "Comparison of Wave Power Extraction by Compact Array of Small Buoys and by a Large Buoy", procedimientos, 8th European Wave and Tidal Energy Conference, Uppsala, Suecia, 7 – 10 de septiembre, artículo VII-C-1.

20

25

30

35

40

45

50

Se ha mostrado que el fenómeno de enfoque por difracción de energía de las olas del agua provocado por movimientos de cuerpo flotante (arfada ("heaving"), estrepada ("surging") o cabeceo ("pitching")) proporciona la capacidad de que cuerpos relativamente pequeños capten energía de las olas a partir de anchuras de cresta que son varias veces la dimensión horizontal del cuerpo. Tal como se conoce, tales cuerpos en movimiento actúan como "antenas" para producir olas radiales que interaccionan de manera destructiva con las olas incidentes, provocando una transferencia de energía (mediante difracción) a lo largo de la cresta al cuerpo. Por tanto, se han propuesto tales cuerpos para formar rompeolas flotantes. Han existido rompeolas flotantes de diversos tipos desde hace muchas décadas, dado que se despliegan con relativa facilidad y presentan menos consecuencias medioambientales en comparación con estructuras rocosas. Sin embargo, la eficacia de los rompeolas flotantes es algo menor que los rompeolas de blindaje cerca de la costa. Normalmente, rompeolas flotantes, diseñados para proteger las aguas de sotavento, presentan longitudes extensas que son paralelas a la anchura de cresta de la ola diseñada. Las unidades pueden ser o bien continuas en la dirección de cresta o bien segmentadas.

También se han estudiado disposiciones de boyas con el fin de protección de la costa, en las que la separación entre las boyas de componente es relativamente pequeña. En todos estos casos, las unidades se diseñan para resonar con una ola que presenta un periodo específico,  $T$ , independientemente de la impedancia real del sistema.

55

Un estudio reciente de los efectos de impedancia de boya es el de Liang, Huang y Li en su artículo "A Study of Spar Buoy Floating Breakwater", en *Ocean Engineering*, vol. 31, n.º 1, págs. 43 - 60 (2004). En este estudio, se proponen boyas de espeque amarradas por tensión de gran calado equipadas con placas de amortiguación para protección de la costa. Las boyas absorben energía mediante movimientos de arfada, y disipan la energía en las estelas alternantes de las placas de amortiguación. El foco del estudio está en la eficacia de las placas de amortiguación en las disposiciones densamente concentradas de boyas de espeque. Otras configuraciones de rompeolas flotantes incluyen jaulas, tal como se comenta por Murali y Mani en su artículo "Performance of Cage Floating Breakwater", *Jl. Of Waterway, Port, Costal and Ocean Engineering (ASCE)*, vol. 123, n.º 4, págs. 172-179 (1997), redes de tubo y esferas, tal como se comenta por Twu y Lee en su artículo "Wave Transmission in Shallow Water through the Arrangements of Net Tubes and Buoyant Balls", procedimientos, 7ª Conf. on Ocean Engineering, Taipei, vol. II, págs. 26, 1 - 26, 21 en chino (1983). Todos estos

60

65

se basan en un método de "fuerza bruta" de extraer y disipar la energía de las olas. Es decir, hay poca sofisticación en el diseño en lo que se refiere a la impedancia. Además, por diseño, los rompeolas son impasibles puesto que o bien son largos y continuos o bien están en disposiciones densamente concentradas.

5 La patente US nº 3.848.419, que representa la técnica anterior más cercana, da a conocer una barrera contra las olas anclada flotante que comprende una pluralidad de elementos flotantes superpuestos conectados mediante una línea flexible. Los elementos flotantes se mueven verticalmente dentro del agua y desfasados unos con respecto a otros de modo que el agua entre los mismos se somete a una fuerza de compresión reduciendo de ese modo la componente vertical de velocidad de olas y acelerando la componente horizontal de velocidad de olas para formar una ola reflejada y una ola transmitida. La ola reflejada reduce la energía cinética de otras olas incidentes y la ola transmitida rellena el valle de ola de agua más allá de la barrera reduciendo de ese modo la componente vertical de velocidad de olas del agua en el valle. La estructura de la barrera es voluminosa.

10  
15 Por tanto, actualmente existe la necesidad de un rompeolas flotante que supere las desventajas de la técnica anterior. La invención objeto aborda esta necesidad.

### Sumario de la invención

20 Según un aspecto de la invención se proporciona una boya para su utilización en la reducción de la amplitud de olas en agua según la reivindicación 1. La boya está dispuesta para atarse y comprende un cuerpo configurado para adaptarse de manera resonante y por impedancia (es decir, cuando las pérdidas viscosas y por radiación son iguales la boya absorbe y disipa la energía de las olas, reduciendo significativamente de ese modo la energía de las olas transmitidas).

25 Según otro aspecto de esta invención, pueden desplegarse múltiples boyas construidas de este modo en una disposición de separación predeterminada para formar un sistema que establece un rompeolas eficaz para la protección de vías navegables y costas. La disposición puede ser individual, en línea o múltiples líneas, sintonizada a las frecuencias de olas variables, una solución de filtro de paso de banda.

30 Los materiales utilizados para la construcción de la boya pueden ser metal, plástico, materiales compuestos, naturales o cualquier combinación de los mismos. El color de las boyas puede variar. La técnica de anclaje puede variar debido a la altura de las olas y la profundidad del agua de la aplicación. El cuerpo de la boya flotante no está limitado a un cilindro circular, sino que puede ser cuadrado, hexagonal, triangular, etc., pero debe presentar por lo menos una aleta montada en el exterior con el fin de atenuación de la energía.

### 35 Descripción de los dibujos

la figura 1A es una vista isométrica de una forma de realización ejemplificativa de una boya construida según la presente invención;

40 la figura 1B es una vista en alzado lateral de la boya representada en la figura 1;

la figura 1C es una vista en planta superior de la boya representada en las figuras 1 y 1A;

45 la figura 2A es una vista isométrica de otra forma de realización ejemplificativa de una boya construida según la presente invención;

la figura 2B es una vista en alzado lateral de la boya representada en la figura 2A;

50 la figura 2C es una vista isométrica reducida de una parte de la boya representada en la figura 2B;

la figura 3A es una vista lateral parcialmente en sección vertical tomada a lo largo de la línea A-A de la figura 3B y que muestra otra forma de realización ejemplificativa de una boya construida según la presente invención;

55 la figura 3B es una vista en planta superior de la boya representada en la figura 3A;

la figura 4 es una vista en planta superior de un sistema que utiliza una pluralidad de boyas construidas según la presente invención representadas desplegadas en un entorno de olas;

60 la figura 5A es una vista en alzado lateral de otra forma de realización ejemplificativa de una boya construida según la presente invención;

la figura 5B es una vista en planta superior de la forma de realización de la boya representada en la figura 5A;

65 la figura 5C es una vista en planta superior de la separación de dos boyas construidas como las figuras 5A y 5B representadas en una aplicación ejemplificativa;

las figuras 6A a 6D son vistas en sección transversal respectivas de partes de diversas configuraciones alternativas para las aletas de boyas construidas según la presente invención;

5 las figuras 7A y 7B son vistas en sección transversal respectivas de partes de diversas configuraciones alternativas para las partes inferiores de boyas construidas según la presente invención;

10 la figura 8 es una vista en planta superior de un sistema que utiliza una pluralidad de boyas construidas según la presente invención mostradas desplegadas en un entorno de olas para crear un rompeolas o puerto para un barco;

la figura 9 es una vista en alzado lateral de una configuración de ancla por debajo de la línea de lodo construida según otro aspecto de esta invención;

15 la figura 10A es una vista en alzado lateral de una configuración de ancla por debajo de la línea de lodo con una unión de múltiples resortes de la tubería vertical de boya al ancla que se construye según otro aspecto de la presente invención;

20 la figura 10B es una vista en sección tomada a lo largo de la línea A-A de la figura 10A;

la figura 11A es una vista en alzado lateral de otra configuración posible de ancla por debajo de la línea de lodo y unión de conjunto de resorte diferente entre el ancla y la tubería vertical de boya que se construye según otro aspecto de la presente invención;

25 la figura 11B es una vista en sección tomada a lo largo de la línea B-B de la figura 11A. El número de resortes o la geometría del conjunto, así como el material de los resortes, debe tenerse en cuenta en el diseño de cada aplicación;

30 la figura 12A es una vista en alzado lateral de una plataforma de ancla en el fondo con el conjunto de unión de resorte para la conexión de tubería vertical de boya y plataforma de ancla construida según otro aspecto de esta invención. Las uniones de conjunto de múltiples resortes representadas en las figuras 11A y B también pueden utilizarse en esta aplicación;

35 la figura 12B es una vista en planta superior de la forma de realización representada en la figura 12A;

la figura 13A es una vista en alzado lateral de otra configuración posible de una plataforma en el fondo con un resorte, en la que un conjunto de unión de un único resorte está ubicado entre la técnica de ancla y la tubería vertical de boya;

40 la figura 13B es una vista en planta superior de la forma de realización representada en la figura 13A;

la figura 14A es una vista isométrica de una variante a la técnica de anclaje representada en la figura 2 construida según otro aspecto de la presente invención; y

45 la figura 14B es una vista isométrica de una elevación de marea baja de una boya, como la de la figura 14A, mostrada con el ancla de peso pesado descansando en el fondo.

#### **Descripción detallada de la forma de realización preferida**

50 Haciendo referencia a continuación a las diversas figuras del dibujo en las que caracteres de referencia similares se refieren a partes similares, en la figura 1 se muestra un dispositivo ejemplificativo construido según la presente invención. El dispositivo es una "boya de antena" flotante resonante adaptado por impedancia diseñada para captar y disipar la energía de las olas de agua. Puede desplegarse de manera individual o en disposiciones de dos o más para formar un sistema que puede utilizarse para proteger costas, puertos, vías navegables y barcos amarrados.

55 También puede utilizarse para mitigar derrames de petróleo, tales como el desastre de petróleo reciente en el golfo de México que se ha retrasado debido a mar gruesa impulsada por el viento. Para ello, un sistema de una pluralidad de boyas construidas según la presente invención puede actuar como rompeolas parcial en alta mar para permitir la limpieza del petróleo en aguas menos energéticas que están en sotavento con respecto al sistema.

60 La propiedad significativa definitoria de las boyas de esta invención es que son adaptadas por impedancia. Es decir, la energía de las olas captada y perdida por amortiguación debido a la acción de la viscosidad en uno o más de los bordes agudos o redondeados de la boya y sus apéndices sumergidos es igual a la energía perdida por radiación debido al movimiento de la boya. La boya puede funcionar en uno o más modos (radial o angular). Aunque las boyas de esta invención pueden utilizar muchas técnicas de anclaje que soportarán el sistema de disipación

65 de energía deseado, estas técnicas permiten que estas boyas se sintonicen automáticamente al cambio en el espectro de frecuencia provocado por la subida y bajada de las mareas.

Aunque se ha mostrado que el enfoque por difracción de energía de las olas de agua provocada por movimientos de cuerpos flotantes potencia la capacidad de cuerpos relativamente pequeños para aprovechar olas de agua para una conversión de energía a escala pequeña a media, las boyas de esta invención, que se basan en el fenómeno de enfoque, también pueden utilizarse para reducir significativamente la altura de las olas en aguas profundas. Es decir, una boya construida según la presente invención puede actuar como rompeolas parcial de aguas profundas. En el área de conversión de energía de las olas, cuerpos similares se denominan como "absorbedores puntuales". Los movimientos (habitualmente arfada, estrepada o cabeceo, o una combinación de los mismos) de un absorbedor de punto producen olas radiales que interaccionan de manera destructiva con las olas incidentes, provocando una transferencia de energía (difracción) a lo largo de la cresta al cuerpo. La eficacia del sistema flotante es máxima tanto si el cuerpo está en resonancia con las olas incidentes como si se adaptan las impedancias de absorción y radiación. La boya absorbe y disipa la energía de las olas, reduciendo de ese modo la energía de las olas transmitidas. Por tanto, la boya resonante adaptada en impedancia puede actuar como rompeolas flotante. Hasta la fecha, los rompeolas flotantes se diseñaron para resonar sin ninguna consideración de adaptación de impedancia.

Además, cada boya de antena de esta invención, o bien sola o bien en combinación con otras boyas similares, forma un sistema de atenuación de olas bimodal (arfada y cabeceo o balanceo) que presenta la capacidad de captar y disipar la energía de olas de agua incidentes, mientras que ocupan zonas pequeñas. Las boyas pueden desplegarse en disposiciones, en las que la distancia de separación de las unidades de boya depende de la longitud de onda incidente de diseño. Cada boya se despliega y recupera fácilmente, y el coste de unidad es una pequeña fracción de las estructuras de escollera que se utilizan normalmente para protección contra olas que provocan daño. Por tanto, el sistema de la presente invención es una alternativa rentable a técnicas de estabilización dura.

Un factor contribuyente significativo a la invención objeto es la técnica de unión para permitir el movimiento por encima del componente de ancla rígido de la boya. A medida que el nivel del agua cambia en un ciclo de marea, el sistema de boya de antena se sintoniza automáticamente con las olas dentro de los parámetros de diseño en el sitio. Esta característica se debe al efecto de péndulo del diseño mostrado en las figuras 1, 2 y 3.

La forma de realización ejemplificativa de la boya mostrada en la figura 1 se indica mediante el número de referencia 20 y es particularmente adecuada para su utilización como rompeolas, por ejemplo, la configuración se diseña para ser una unidad de una disposición para protección de costas y puertos. Tal como puede observarse, la boya 20 comprende un cuerpo o cilindro circular vertical flotante bimodal (movimientos radial y angular) equipado con aletas de amortiguación inercial verticales 24 y por lo menos una aleta de amortiguación inercial anular 26. En la forma de realización mostrada en las figuras 1A y 1B se muestran dos aletas de amortiguación inercial anulares 26. Esto es simplemente a título de ejemplo puesto que las boyas de antena de esta invención pueden presentar cualquier número de tales aletas. Debe apreciarse que el término "inercial" utilizado como parte del nombre de la aleta se refiere a la influencia de la aleta tanto sobre la masa añadida (la masa del agua del entorno afectada por los movimientos rectilíneos y angulares de la boya) como sobre el momento de inercia de masa añadida. Además, el término "amortiguación" utilizado como parte del nombre de la aleta se refiere a una amortiguación debida a la disipación de energía de las acciones de fluido viscosos sobre la aleta. Las geometrías tanto del elemento de flotación como de las aletas afectan a la masa añadida y la amortiguación de radiación. Por tanto, deben diseñarse para un periodo de ola particular.

Para un mar de diseño, no habrá ninguna aleta si la amortiguación viscosa debida a la parte inferior de la boya se adapta a la amortiguación de radiación para el periodo de la ola de diseño. Este periodo puede ser el periodo promedio o el periodo modal, siendo este último el periodo correspondiente a la energía máxima del mar. El diseño geométrico debe realizarse para satisfacer los requisitos de resonancia y adaptación de impedancia, en los que las impedancias adaptadas son las debidas a la radiación y acciones viscosas.

Tal como se observará a partir de la siguiente exposición, las boyas construidas según la presente invención se diseñan para presentar movimientos rectilíneo y rotacional simultáneos. El primero es un movimiento casi de arfada en la dirección axial de la boya; mientras que el segundo es una combinación de movimiento de estrepada-cabeceo, y puede denominarse movimiento de balanceo. La anchura de captación (la anchura de cresta desde la que se enfoca la energía de las olas) para estos movimientos debe estar en el intervalo de  $\lambda/2\pi$  a  $3\lambda/\pi$ , dependiendo del número de modos excitados. Puesto que la longitud de onda ( $\lambda$ ) es una función de tanto el periodo de ola (T) como de la profundidad del agua (h), el periodo de ola de diseño en un mar aleatorio será o bien el periodo de ola promedio del espectro o bien el periodo modal (energía de pico).

Haciendo a continuación referencia a las figuras 1A y 1B, a continuación se describirán más detalles sobre la construcción y funcionamiento de la boya 20 mostrada en las mismas. Para ello, la boya también incluye un cuello 28 flotante ubicado en la parte inferior del cilindro 22, una barra 30 flotante acoplada a través de una junta giratoria o esférica universal, o resorte o cualquier otra conexión flexible. La junta universal sirve para conectar la boya a un ancla 34. El ancla fija la boya al lecho marino. La junta universal permite el movimiento por encima de un ancla. Ha de observarse que el ancla puede adoptar diversas formas tales como un bloque, una alfombrilla, un ancla

insertada por chorro, un ancla de conexión helicoidal, una base enmarcada o de trípode o cualquier otra base de montaje. El ancla puede ubicarse encima del lecho marino o enterrarse en el mismo, por ejemplo, un ancla de peso pesado.

5 Independientemente de cómo se ancla la boya, las olas incidentes excitan la boya 20 tanto en la dirección axial (mostrada mediante la flecha de doble punta 36) de la barra 30 flotante como en una dirección angular (mostrada mediante la flecha de doble punta 38), que rota alrededor de la junta 32. Los movimientos rectilíneos y angulares de la boya 20 excitan el agua del entorno. La magnitud de la masa de agua (masa añadida) excitada por los movimientos de la boya 20, la barra 30, las aletas horizontales 26 y las aletas verticales 24 depende de la geometría de cada una. Por tanto, esas aletas pueden adoptar diversas formas y tamaños. Por ejemplo, haciendo referencia a las figuras 6A a 6E, las aletas horizontales 26 y las aletas verticales 24 pueden presentar bordes agudos (como los mostrados en la figura 6A), bordes truncados (como los mostrados en la figura 6B), bordes redondeados (como los mostrados en la figura 6C) o bordes cuadrados (como los mostrados en la figura 6D). Además, la parte inferior del cilindro 22 de boya puede presentar bordes agudos (como los mostrados en la figura 7A) o bordes redondeados (como los mostrados en la figura 7B), dependiendo de los requisitos de diseño.

10 Tal como debe apreciarse por los expertos en la materia, las amplitudes de movimiento de la boya 20 están limitadas debido a las aletas horizontales 26, las aletas verticales 24 y el borde de la boya. Estas formas determinan el coeficiente de arrastre que, a su vez, determina la disipación de energía. Tal como se observa mejor en la figura 1C, están dispuestos unos cojinetes 40 ubicados entre el cilindro 22 de boya y la barra 30 para permitir que el cilindro de boya se deslice libremente a lo largo de la barra. En particular, los cojinetes separan esos cuerpos y permiten un movimiento axial suave (movimiento a lo largo del eje longitudinal de la barra 30). Tal como se observa con mayor detalle en las figuras 1B y 1C, la dirección de una ola 42 ejemplificativa se muestra mediante la flecha 44 y es arbitraria con respecto a la orientación de las aletas verticales 24 (4).

20 El análisis que conduce al diseño apropiado de una boya construida según la presente invención es complicado. Es decir, los requisitos de la resonancia y de adaptación de impedancia deben satisfacerse simultáneamente. Cuando se diseña de manera apropiada, los movimientos bimodales pueden enfocar teóricamente la energía de las olas en la boya a partir de una anchura de cresta igual a una longitud de onda ( $\lambda$ ) dividida entre  $\pi \approx 3.1416$ . El significado de esto es que puede suministrarse protección mediante una disposición de boyas que están bien separadas.

30 En las figuras 2A a 2C se muestran dos formas de realización alternativas de boyas 20' construidas según la presente invención. Esas boyas son similares a la boya 20 de la figura 1, excepto por que el collar flotante está ubicado en la parte superior del cilindro, pero puede ubicarse en la parte inferior si se desea. La primera aplicación para la boya 20' mostrada en la figura 2A es para su utilización en aguas profundas, en la que la profundidad del agua es mayor de 20 metros y en la que la longitud de onda de aguas profundas es de aproximadamente 40 metros para un periodo de ola promedio de 5 segundos. Una aplicación ejemplificativa de este tipo es la utilización en el golfo de México. La segunda aplicación (mostrada en las figuras 3A y 3B) es en agua de 10 metros de profundidad. En ambas de estas aplicaciones el árbol de la boya está conectado al ancla mediante un cable o cadena 46 de ancla flexible en lugar de conectarse directamente al ancla a través de una junta esférica u otra junta giratoria (como la mostrada en las figuras 1A y 1B). Además, para estas aplicaciones la boya 20' únicamente incluye una aleta horizontal 26. Sin embargo, esto es a título de ejemplo, y por tanto la boya 20' puede incluir cualquier número de aletas horizontales. El lecho marino sobre el que o en el que se dispone el ancla se designa mediante el número de referencia 48.

45 Puede proporcionarse una baliza de navegación B (por ejemplo, una lámpara o algún otro dispositivo o indicador de aviso visual y/o audible) en la parte superior de la barra 30. Esta baliza o dispositivo puede alimentarse de manera solar por medios (no mostrados) o por batería (no representada).

50 Para ilustrar la posible eficacia de una boya desplegada en una masa de agua, como el golfo de México, la boya mostrada en las figuras 2A a 2C presentará aletas de amortiguación inercial horizontales, pero no aletas de amortiguación inercial verticales (y se denominará a continuación en la presente memoria "diseño de golfo"). El cuerpo de la boya consiste en un elemento de flotación circular, en el que el radio de placa y la profundidad de diseño se determinan satisfaciendo simultáneamente las condiciones de resonancia y adaptación de impedancia.

55 El análisis del funcionamiento de la boya de diseño de golfo supone que las olas incidentes son monocromáticas. El sistema se diseña suponiendo una altura de ola promedio de 1.5 metros y un periodo de ola promedio de 5 segundos. Los datos utilizados y los resultados de diseño optimizados son de la siguiente manera:

60 H (altura de ola de diseño) = 1.5 metros  
 T (periodo de ola de diseño) = 5.0 segundos  
 h (profundidad de agua de diseño) = 20 metros  
 a<sub>1</sub> (radio de boya) = 0.75 metros  
 a<sub>2</sub> (radio de placa) = 1.2 metros  
 65 d<sub>1</sub> (calado de boya) = 4.0 metros  
 d<sub>2</sub> (profundidad de placa) = 1.95 metros

Para estos valores, la impedancia de radiación y la impedancia viscosa se adaptan aproximadamente. El enfoque de las olas, suponiendo que la boya experimenta sólo movimientos de arfada, viene a partir de una anchura de cresta de  $\lambda/2\pi = 6.21$  metros, lo cual es más de 8 veces el radio de la boya y 5 veces el radio de la placa (aleta). Por tanto, las boyas de diseño de golfo pueden separarse 6.21 metros (20.3 pies). La altura de ola enfocada en la boya será de 3.05 metros, y los movimientos de arfada de la boya presentarán una amplitud de 2.1 metros. La potencia de ola promedio se reducirá en un 43%, dando como resultado una altura de ola promedio en la dirección de las olas de 1.13 metros.

En realidad, la boya representada en las figuras 2A a 2C experimentará movimientos tanto de arfada como de balanceo. Como resultado, el enfoque vendrá teóricamente a partir de una anchura de cresta de  $\lambda/\pi = 12.42$  metros (40.7 pies). Por tanto, las unidades de boya de una disposición pueden separarse 12.42 metros. Teniendo en cuenta este enfoque bimodal, el radio de placa de amortiguación es  $a_2 = 1.5$  metros y la profundidad de la placa es  $d_2 = 2.2$  metros. Para el radio  $a_1 = 0.75$  metros de la boya, el calado será de  $d_1 = 2.5$  metros. En la figura 4 se representa una vista aérea para esta condición. En esa figura, las unidades de boya en la disposición están separadas a escala y la separación de las unidades de boya se basa en la suposición de que cada unidad experimenta dos modos de movimiento, tales como arfada y cabeceo.

Para aplicaciones de agua intermedia, por ejemplo, en las que la profundidad del agua es de 10 metros y las condiciones de olas son las mismas que las descritas anteriormente, la boya se construye tal como se muestra en las figuras 3A y 3B y presenta las siguientes dimensiones:

h (profundidad del agua de diseño) = 10 metros  
 $a_1$  (radio de boya) = 0.85 metros  
 $a_2$  (radio de placa) = 1.5 metros  
 $d_1$  (calado de boya) = 2.5 metros  
 $d_2$  (profundidad de placa) = 1.95 metros

El porcentaje de la atenuación de potencia de ola debida a la boya de esta configuración es de aproximadamente el 47%, y la altura de ola se reduce desde el valor de aguas profundas de 1.5 metros en aproximadamente un 27%. Las boyas se separan 8 metros en la profundidad de agua de 10 metros.

En la figura 3A se muestra otra forma de realización de una boya de antena 20" construida según la presente invención, la boya utiliza un lastre de brazo de soporte ("sting") compuesto por 12 placas 50, cada una de 0.6 metros de diámetro y 5.1 cm de grosor. En la práctica, estas placas pueden ser placas de peso libre convencionales típicas utilizadas en culturismo. En cualquier caso, el lastre de brazo de soporte total es de aproximadamente 3,000 N, o 1.35 toneladas. Este lastre potencia el cabeceo (o movimiento de "balanceo") que, a su vez, aumenta la pérdida por radiación y la interferencia destructiva con el campo de olas incidentes. La boya 20" incluye 6 placas o aletas de amortiguación verticales 24 y una placa de amortiguación horizontal 26 (ubicada en la parte inferior del cilindro 22). El cilindro 22 es hueco e incluye lastre 52 de arena. La barra 30 flotante se extiende a través del interior del cilindro y se proporcionan cojinetes de modo que el cilindro puede deslizarse a lo largo de la barra tal como se describe haciendo referencia a las formas de realización de las figuras 1 y 2. Si se desea, puede incluirse en la boya una ayuda o baliza B de navegación, como la descrita anteriormente, por ejemplo, ubicada en la parte superior de la barra. En esta forma de realización, la boya 20" está conectada al ancla a través de un cable o cadena 46 flexible.

Para los diseños tanto de aguas profundas como de agua de profundidad finita, las boyas de la presente invención se despliegan en disposiciones, en las que la separación de las unidades en la disposición será igual a la anchura de captación bimodal,  $\lambda/\pi$ . Una vista en planta superior de una disposición de este tipo se parece a la representada en la figura 4.

Tal como debe resultar evidente, la cantidad de reducción en la potencia de ola es bastante significativa en lo que se refiere a rompeolas flotantes. Desplegando las boyas de esta invención en el mar promedio descrito anteriormente, puede conseguirse una reducción de potencia de olas de por lo menos un 40% en aguas profundas, y de un 47% en 10 metros de agua. En consecuencia, por tanto los movimientos resultantes de barcos en la dirección de las olas (aguas casi resguardadas) se reducirían significativamente. Huelga decir que tal acción puede potenciar enormemente la capacidad de desnatar petróleo para aplicaciones de limpieza de petróleo, como las que se producen actualmente debido a la fuga de BP a partir del hundimiento de la plataforma Deepwater Horizon en el golfo de México.

Para aplicaciones para protección de la costa en la bahía de Chesapeake, la construcción de la boya es ligeramente diferente de la boya de diseño de golfo. Las diferencias son las siguientes: el despliegue será en aproximadamente 3 metros de agua lo cual permitirá la sustitución de la cadena/cable de ancla por una barra de guía flotante, anclada al fondo. Debido al clima de olas reducidas en la bahía de Chesapeake, puede requerirse más de una placa de amortiguación horizontal, dependiendo de las condiciones de sitio. En las figuras 5A y 5B se muestra una boya particularmente adecuada para su utilización en la bahía de Chesapeake y constituye una ligera

variante de la boya mostrada en la figura 1. La boya se designa mediante el número de referencia 20A y se dispone para el despliegue en 2 metros de agua, en la que la altura de ola promedio es de 0.5 metros, y el periodo promedio es de 3 segundos. Esta configuración disipará y radiará más del 50% de la energía de las olas incidentes, funcionando de una manera bimodal (arfada y balanceo). Deben determinarse las dimensiones del brazo de soporte flotante. La boya presentará lastres de arena, y la boya y el brazo de soporte se fabricarán de un material sintético. La placa de amortiguación/inercial horizontal y las aletas verticales deben realizarse en metal (por ejemplo, acero o aluminio).

Para ilustrar una aplicación de un sistema de rompeolas compuesto por múltiples boyas 20 (o cualquier otra boya construida según la presente invención), se considera un barco 100 de 150 metros de eslora, tal como el ilustrado en la figura 8, que está amarrado en aguas profundas en las que la longitud de onda en aguas profundas de una ola incidente de 8 segundos es de aproximadamente 100 metros. La manga del barco es de 30 metros. Para la ola de diseño de 8 segundos, se enfoca energía a partir de una anchura de cresta de aproximadamente 31.8 metros en la boya, que presentará un diámetro (D) de 10 metros, o menos. Para esta ilustración se utiliza una unidad de 10 metros de diámetro. Una disposición de cuatro unidades, separadas 31.8 metros, proporciona una sombra protectora de aproximadamente  $4\lambda/\pi \approx 127$  metros. Por tanto, la disposición proporciona un puerto en alta mar virtual para el barco.

Pasando a continuación a la figura 9, se muestra una forma de realización de un sistema 34A de anclaje construido según un aspecto de esta invención. Este sistema de anclaje incluye una sección de ancla 54 que está conectada a la parte inferior de la barra 30 mediante un conjunto de resorte flexible 56 para permitir que la boya pivote en todas las direcciones con respecto al ancla. La sección de ancla 56 se inserta por chorro de agua en el suelo costero hasta un punto, justo por debajo del conjunto de resorte 56. El árbol vertical de boya es hueco, y la parte inferior está unida a una manguera flexible que discurre a través del centro del conjunto de resorte, y se une a la sección de ancla. El agua a presión se introduce en la parte superior del árbol de boya y se expulsa fuera de la parte inferior del ancla o fuera de orificios seleccionados (no representados) en el conjunto de ancla para licuar el suelo de barro o arena. Esta acción permite que el ancla se asiente hasta su profundidad apropiada. El conjunto de anclaje incluye múltiples paletas (no representadas) para proporcionar estabilidad al conjunto. El árbol vertical de boya se une a la parte superior del conjunto de resorte y permite que la boya atraviese la carrera de marea, si puede aplicarse a la aplicación de agua. La altura del árbol vertical de boya depende de la profundidad del agua y de la carrera de marea. El conjunto de resorte representado en la figura 9 es una configuración de un único resorte. Este conjunto de resorte proporciona resistencia y capacidad para volver a un estado vertical estático. El número de resortes, tipo de resortes, material de los resortes son todos ellos parte del diseño de la solución de boya de antena optimizada para profundidades de agua en las que este sistema de ancla es apropiado.

Pasando a continuación a las figuras 10A, 10B, 11A y 11B, se muestran ejemplos de variaciones de la forma de realización de boya de la figura 9. En particular, estas variaciones incluyen el árbol de boya, el conjunto de ancla y el conjunto de resorte anteriormente comentados, pero también incluyen la manguera flexible que une el árbol de boya y el árbol de ancla, a través del conjunto de resorte. Por ejemplo, las figuras 10A y 10B muestran un ejemplo de un conjunto de resorte 56 que contiene múltiples, por ejemplo, cuatro resortes 56A, 56B y 56C. Los resortes están ubicados entre un par de placas 58. En la forma de realización representada, las placas presentan perfil circular, pero también pueden presentar otras formas. Las figuras 11A y 11B representan un conjunto de tres resortes compuesto por los resortes 56A, 56B y 56C, que están ubicados entre un par de placas triangulares. Debe indicarse en esta ocasión que el número de resortes y tipo de resortes se selecciona o ajusta para ajustarse a la aplicación particular. Además, el/los material(es) utilizado(s) para las boyas y la geometría de los componentes de la boya son parte del diseño de rendimiento de boya de antena. Por tanto, pueden cambiarse según sea apropiado para condiciones específicas de sitio. La intención es optimizar cualquiera de las variables, geometría, material, tamaño de resorte y plataforma.

En la figura 12A se representa una forma de realización ejemplificativa de una plataforma de ancla en el fondo 60 construida según otro aspecto de esta invención para aplicaciones en las que no es posible anclar por debajo de la elevación del fondo. Esta forma de realización utiliza el conjunto de unión de resorte tal como se muestra en la figura 9 para la conexión de plataforma de ancla y elemento vertical de boya. En esta forma de realización no se requiere la unión de la manguera flexible de alta presión entre el árbol de boya, a través del conjunto de ancla y hasta la plataforma de ancla.

Debe indicarse que para una forma de realización como la figura 12A, también puede utilizarse cualquiera de las múltiples uniones de conjunto de resorte mostradas en las figuras 10A y 11A. La plataforma de ancla 60 incluye una base 62 desde la que múltiples puntales 64 sobresalen hacia arriba formando un ángulo para encontrarse en el vértice de la plataforma y desde ahí un poste 66 vertical se extiende hacia arriba hasta el conjunto de resorte 56. Las dimensiones de plataforma han de ser suficientes para resistir el vuelco. Además, se pretende que el material, el peso, las dimensiones se ajusten a las condiciones de sitio y materiales disponibles para construir una plataforma de anclaje aceptable a la que pueden unirse el árbol de boya y conjunto de resorte.

Las figuras 13A y 13B muestran otra alternativa de una plataforma de ancla en el fondo 70. El conjunto de resorte y el árbol vertical de boya se construyen de manera similar al conjunto de resorte y el árbol vertical de boya de la



5 forma de realización de las figuras 12A y 12B. Por tanto, la plataforma de ancla 70 se construye de manera similar a la plataforma 60, excepto por que no incluye una base común. En su lugar, la plataforma de ancla 70 incluye múltiples almohadillas circulares respectivas, por ejemplo, placas circulares, montadas en la parte inferior de los puntales 64. En esta forma de realización, un conjunto de unión de un único resorte está ubicado entre la plataforma de ancla y el elemento vertical de boya. Debe apreciarse que en este caso también puede utilizarse el conjunto de múltiples resortes representado en las figuras 10A y 11A.

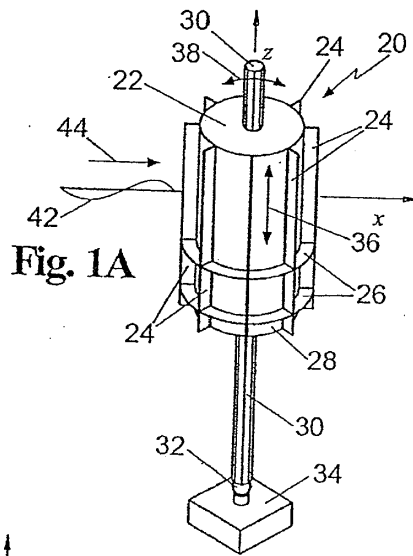
10 Haciendo referencia a las figuras 14A y 14B, se muestra una técnica de anclaje según un aspecto de esta invención y es una variante a la técnica de anclaje mostrada en la figura 2. En particular, las ilustraciones de las figuras 14A y 14B muestran la utilización de anclas de peso pesado 80A y 80B unidas a la línea/cadena 48 de ancla para permitir algo de ajuste a las condiciones de marea o una variante para sintonizar la variante flotante independiente de la boya de antena. La figura 14A es un ejemplo del despliegue de un sistema de ancla construido según la presente invención en entornos de marea alta, mientras que la figura 14B es un ejemplo del de un sistema de ancla construido según la presente invención en condiciones de marea baja. En cualquiera de estas técnicas, ajustar el ancla de peso pesado con línea con poca tensión permite que la boya 20 permanezca en una zona de colocación relativa durante los diversos intervalos de marea.

20 Tal como debe apreciarse por los expertos en la materia, el sistema de boya atenuado de esta invención puede ajustarse/sintonizarse automáticamente a la frecuencia de resonancia con la subida y bajada del nivel del agua cuando se utiliza en masas de agua influidas por la marea. Con agua poco profunda, olas más cortas, olas más largas de marea alta alcanzan la playa. El movimiento de péndulo es más corto para agua poco profunda, olas más cortas y más largo para agua más profunda, olas más largas.

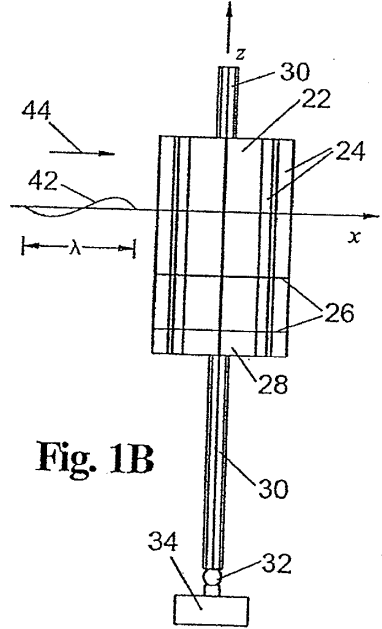
25 Debe indicarse en esta ocasión que las formas de realización ejemplificativas mostradas y descritas anteriormente constituyen unos pocos ejemplos de una gran multitud de boyas que pueden construirse según la presente invención. Por tanto, las boyas de antena de esta invención pueden presentar diferentes tamaños y formas. El tamaño, forma, construcción y separación particulares de las boyas dependerán de la aplicación particular a la que se pongan. Existen tres parámetros que parecen ser fundamentales en el desarrollo de cualquier sistema particular para cualquier aplicación particular. Estos son la masa añadida, el coeficiente de amortiguación de radiación y el coeficiente de arrastre viscoso dependiente del tiempo. Los parámetros dependen de la forma de la parte de boya del sistema, además de la frecuencia y amplitudes de los dos movimientos. Además, puesto que el diseño de cada unidad de boya de cualquier sistema se basa en un periodo de ola específico (promedio, modal, etc.), las unidades de boya individuales de una disposición se separarán según la anchura de captación para ese periodo de diseño.

**REIVINDICACIONES**

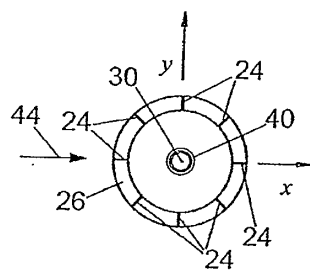
- 5 1. Boya (20) para su utilización en la reducción de la amplitud de olas en agua, estando dicha boya (20) dispuesta para constreñirse por un ancla (34) acoplada a una barra flotante (30) de la boya (20) mediante una junta esférica, una junta giratoria, un resorte u otra junta flexible, un cable de ancla flexible o una cadena (46) y que comprende un cuerpo (22),
- 10 estando el cuerpo (22) configurado como absorbedor de punto para producir olas radiales mediante un movimiento de arfada, estrepada y/o cabeceo, provocando las olas radiales que interaccionan de manera destructiva con las olas incidentes una transferencia de energía a lo largo de una cresta al cuerpo (22), en la que el cuerpo (22) está configurado para adaptarse de manera resonante con las olas incidentes y la impedancia de radiación y absorción se adaptan de manera que la energía de las olas captada y perdida por amortiguación debido a la acción de la viscosidad en uno o más de bordes agudos y redondeados de la boya (20) y sus apéndices sumergidos es igual a la energía perdida por radiación debido al movimiento de la boya (20) por:
- 15 - la boya (20) que comprende unos cojinetes (40) ubicados entre el cuerpo (22) y la barra flotante (30) para permitir que el cuerpo (22) se deslice libremente a lo largo de la barra flotante (30), y
- 20 - el cuerpo (22) que comprende por lo menos una aleta orientada horizontalmente (24) y/ o por lo menos una aleta orientada verticalmente (26), o que comprende por lo menos una aleta orientada angularmente.
- 25 2. Boya (20) según la reivindicación 1, en la que dicha boya (20) está configurada para funcionar en los modos radial y angular.
- 30 3. Boya (20) según la reivindicación 1, en la que dicho cuerpo (22) comprende un cilindro.
4. Boya (20) según la reivindicación 1, que comprende además un lastre (52).
- 35 5. Boya (20) según la reivindicación 4, en la que dicho lastre (52) está ubicado dentro de una parte interior de dicha boya (20).
6. Boya (20) según la reivindicación 4, en la que dicho lastre (52) es un lastre de brazo de soporte.
7. Boya (20) según la reivindicación 1, en la que dicha por lo menos una aleta (24, 26) se estrecha hasta un punto.
8. Boya (20) según la reivindicación 1, en la que dicha por lo menos una aleta (24, 26) se estrecha hasta un extremo truncado.
9. Boya (20) según la reivindicación 1, en la que dicha por lo menos una aleta (24, 26) se estrecha hasta un extremo redondeado.
- 40 10. Boya (20) según la reivindicación 1, en la que dicha por lo menos una aleta (24, 26) es de un grosor uniforme.
- 45 11. Boya (20) según la reivindicación 1, en la que dicho cuerpo de dicha boya (20) comprende una esquina inferior y en la que dicha esquina es aguda.
12. Boya (20) según la reivindicación 1, en la que dicho cuerpo de dicha boya (20) comprende una esquina inferior y en la que dicha esquina es curva.
- 50 13. Sistema de rompeolas flotante que comprende una pluralidad de boyas (20) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, estando la pluralidad de boyas (20) dispuestas a una separación predeterminada entre sí.
- 55 14. Boya (20) según la reivindicación 1, en la que la boya (20) está configurada para ser autoajustable a la variación en las condiciones de oleaje diseñadas provocadas por cambios en la carrera de marea de ubicación.



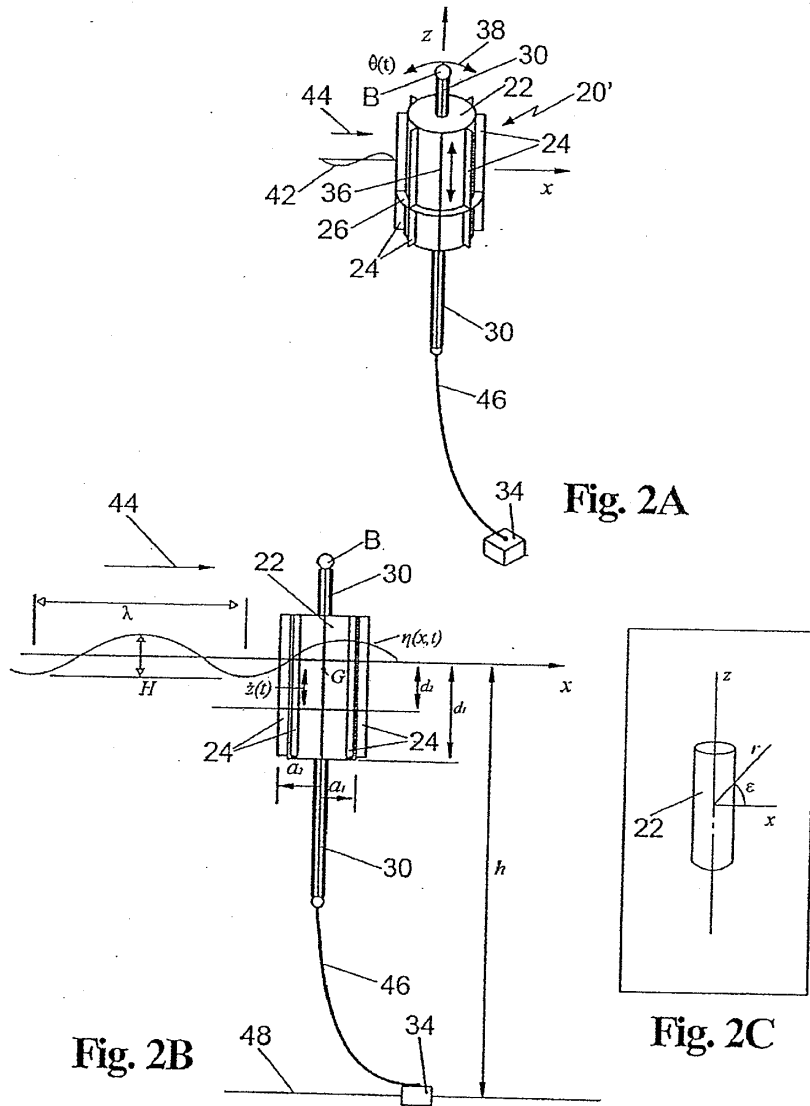
**Fig. 1A**

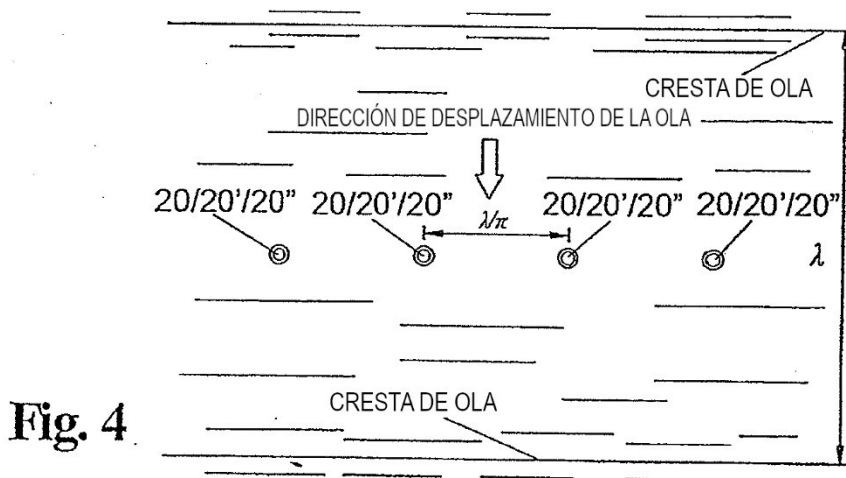
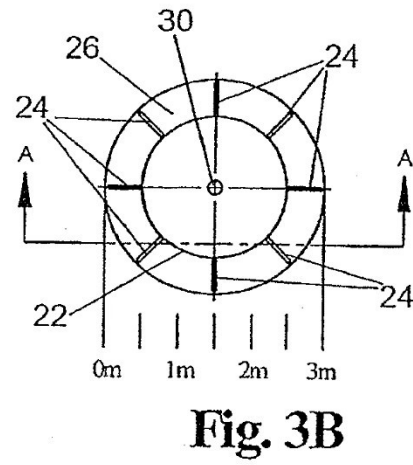
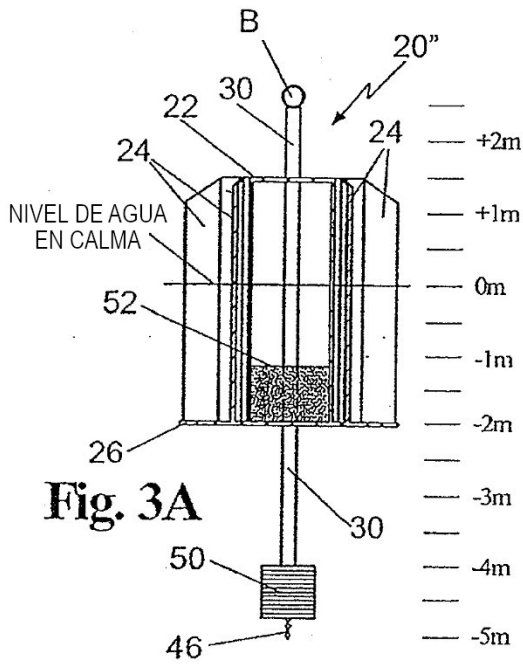


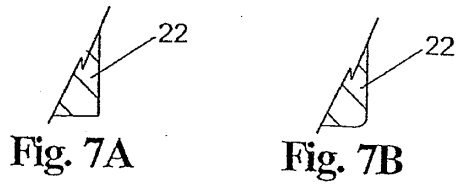
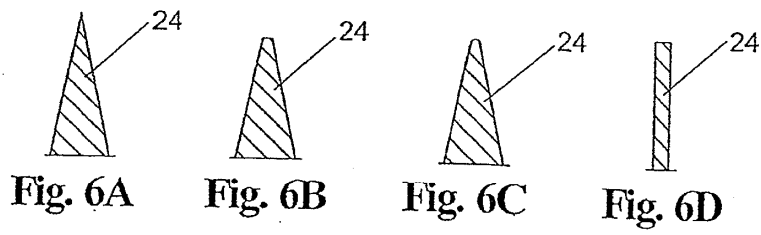
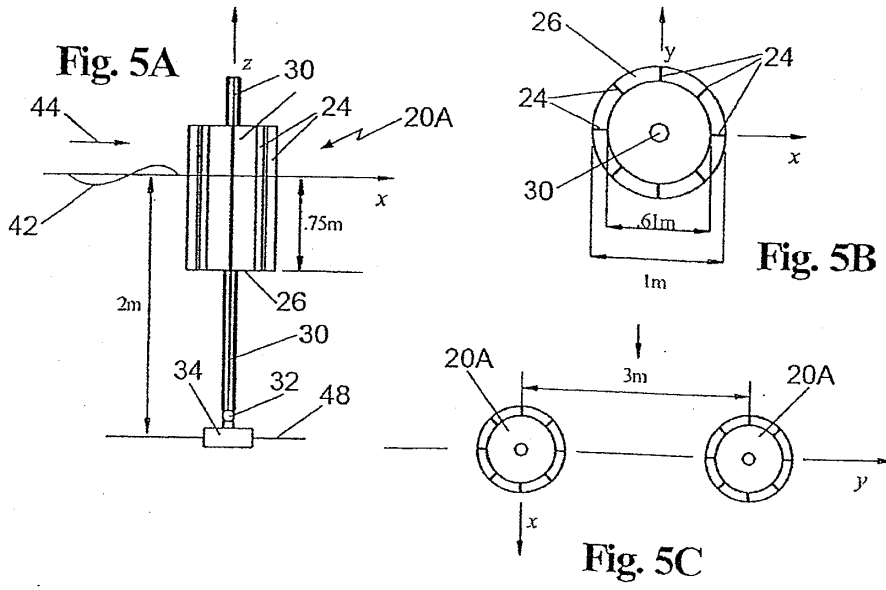
**Fig. 1B**



**Fig. 1C**







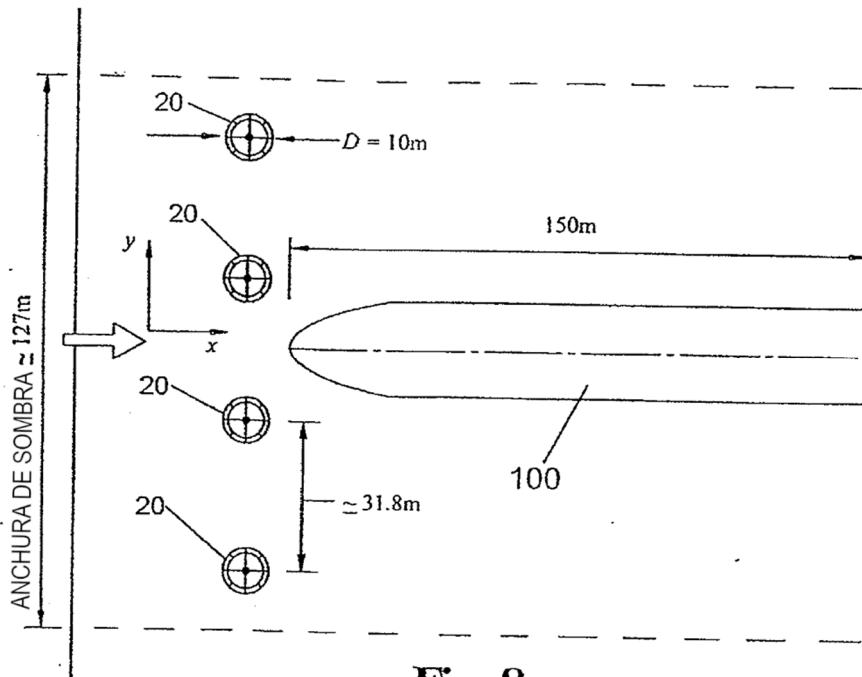


Fig. 8

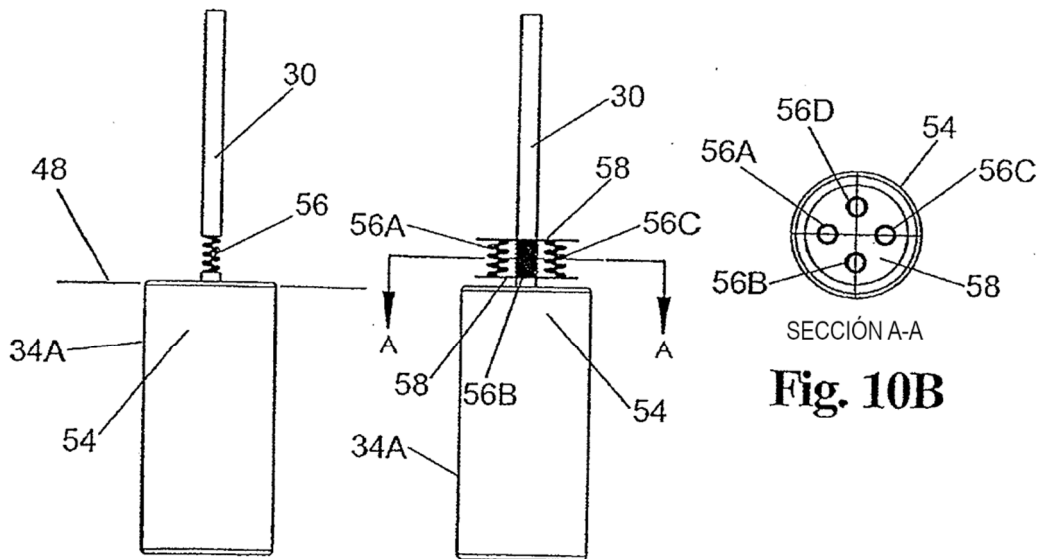
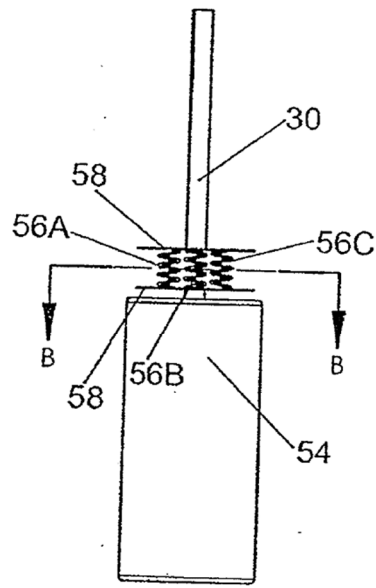


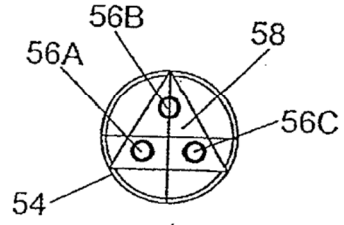
Fig. 9

Fig. 10A

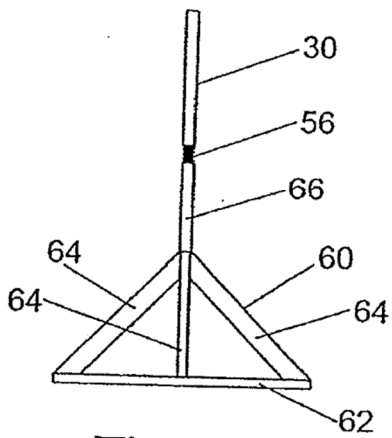
Fig. 10B



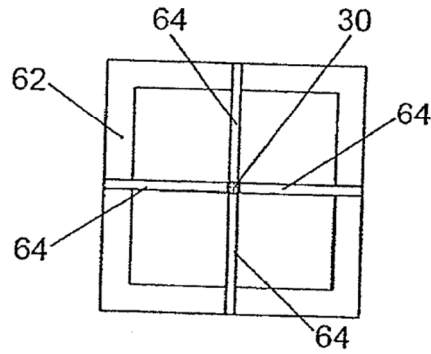
**Fig. 11A**



SECCIÓN B-B  
**Fig. 11B**



**Fig. 12A**



**Fig. 12B**



