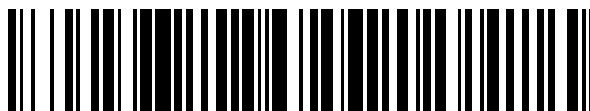


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 132**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/00** (2006.01)

**B63B 21/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09180845 .1**

96 Fecha de presentación: **29.12.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2354535**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.08.2011**

54 Título: **Procedimiento para construir un cimiento para un sistema de generación de energía eólica**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

**04.12.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

**04.12.2012**

73 Titular/es:

**KYOWA CO., LTD. (50.0%)  
1-13-20, Minamisenba, Chuo-ku  
Osaka-shi, Osaka 542-0081, JP y  
SUMITOMO CORPORATION (50.0%)**

72 Inventor/es:

**OHKUBO, TAKAHITO;  
TANAKA, TOSHIHIRO;  
OIKE, NOBUYOSHI;  
KAWAMURA, HIRONORI;  
TANAKA, SHINICHI;  
MORIYAMA, IKUO y  
YOSHIOKA, MOTOO**

74 Agente/Representante:

**AZNÁREZ URBIETA, Pablo**

ES 2 392 132 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**

Procedimiento para construir un cimiento para un sistema de generación de energía eólica

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para construir los cimientos de un sistema de generación de energía eólica marina, destinado a producir energía eléctrica a partir de la energía eólica marina, donde los cimientos sostienen el sistema de generación de energía eólica por encima de la superficie del mar y soportan una torre que se extiende hacia abajo hasta un nivel cercano al lecho marino. Más en particular, la presente invención se refiere a un procedimiento para construir la cimentación de un sistema de generación de energía eólica con pilotes o un cajón como base.

**Descripción del estado actual de la técnica**

15 En general, los sistemas de generación de energía eólica marina producen energía eléctrica mediante generadores utilizando la rotación de turbinas eólicas debida a vientos terrales. Los sistemas de generación de energía eólica de este tipo están soportados, en su extremo superior, por una torre que se extiende desde un cimiento previsto en el lecho marino hasta una posición aérea atravesando la superficie marina. Es decir, el sistema de generación de energía eólica está soportado por cimientos previstos en el lecho marino. Un cimiento de este tipo, para soportar un sistema de generación de energía eólica y una torre, se describe, por ejemplo, en la publicación de patente japonesa nº 2005-194792 de solicitud no examinada. Según esta publicación de patente japonesa nº 2005-194792, el sistema de generación de energía eólica y la torre están soportados por un cimiento que incluye una pluralidad de pilotes tubulares de acero, un armazón receptor de la base compuesto por una chapa de acero y un bloque base compuesto de hormigón armado. Los diversos pilotes tubulares de acero están dispuestos en vértices de un polígono regular respectivamente, visto en planta, y se introducen en el lecho marino. El armazón receptor de la base está fijado a la pluralidad de pilotes tubulares de acero y presenta orificios en las posiciones correspondientes a los pilotes tubulares de acero, para introducir en cada caso a su través la cabeza del pilote tubular de acero. El bloque base está fijado al armazón receptor de la base y presenta orificios para insertar a su través en cada caso las cabezas de los pilotes tubulares de acero que sobresalen del armazón receptor de la base. El extremo inferior de la torre está fijado al bloque base de modo que el centro de la torre queda dispuesto en el centro del polígono regular.

30 Como se ha descrito, el sistema de generación de energía eólica y la torre están soportados por el cimiento. Sin embargo, cimientos con una fuerza de sustentación insuficiente pueden causar, por ejemplo, daños en el sistema de generación de energía eólica, debido a que no se evita la vibración generada en el sistema de generación de energía eólica, y el derrumbe de la torre, debido a la propagación por la torre de la vibración generada.

Los cimientos convencionales para soportar los sistemas de generación de energía eólica y torres tienen los siguientes problemas.

35 Dado que los pilotes tubulares de acero introducidos en el lecho marino sirven para proporcionar resistencia a las corrientes de marea, se genera un exceso de corriente alrededor de los mismos cerca del lecho marino. Este exceso de corriente causa un fenómeno denominado "socavación", que consiste en que el lecho marino se erosiona y se desprende en las proximidades de los pilotes tubulares de acero introducidos en el mismo. Esto va excavando gradualmente la tierra y la arena acumuladas y deja expuestos los pilotes tubulares de acero, con lo que puede disminuir su capacidad de sustentación como cimiento.

40 En la parte submarina de la torre situada por debajo la superficie del mar, los pilotes tubulares de acero submarinos están sometidos a las olas de marea, donde se genera un momento en el cimiento cerca del lecho marino. Esto puede producir huecos entre los pilotes tubulares y el fondo circundante, con lo que puede reducirse su capacidad de sustentación como cimiento.

45 Además, el sistema de generación de energía eólica y la parte aérea de la torre situada sobre la superficie del mar están sometidos a vientos terrales, con lo que se genera un momento en el cimiento cerca del lecho marino, esto puede reducir la capacidad de sustentación como cimiento al igual que en el fenómeno arriba descrito.

50 La solicitud de patente europea EP 2 036 814 A2 describe un esqueleto metálico que conforma un elemento de anclaje submarino adecuado para sistemas de generación de energía eólica. El esqueleto está rodeado de un tejido y éste conforma además un fondo de camisa para alojar hormigón como material de relleno. El elemento de anclaje puede estar provisto de una parte aguda para determinar la posición del esqueleto sobre el lecho marino.

La solicitud de patente WO 2007/014670 A1 muestra elementos de anclaje para dispositivos flotantes tales como sistemas de generación de energía eólica. Los elementos de anclaje situados en el lecho marino están formados por cuerpos de lastre dotados de una red con forma de saco o de bolsa cargada de grava o arena. Los dispositivos flotantes están fijados a los elementos de anclaje mediante cables de anclaje.

El artículo "Offshore siting of large wind energy converter systems in the German North Sea and Baltic regions" en "Modern Power Systems, Wilmington Publishing, Wilmington, GB, Vol 4, No. 6, June 1, 1984" describe diversas estructuras soporte para sistemas de generación de energía eólica. Dependiendo de la profundidad del agua, se forma una isla artificial o se fijan los cimientos al fondo del mar.

5 SUMARIO DE LA INVENCION

Un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento para construir un cimiento para un sistema de generación de energía eólica, destinado a sostener un sistema de generación de energía eólica marina sobre la superficie del mar y a soportar una torre que se extiende desde una posición por encima de la superficie del mar hacia abajo, hasta un nivel cercano al lecho marino, siendo el procedimiento capaz de aumentar la fuerza de sustentación del cimiento aumentando también su durabilidad.

Según un aspecto de la presente invención, un procedimiento para construir un cimiento destinado a un sistema de generación de energía eólica, que sostiene el sistema de generación de energía eólica marina sobre la superficie del mar y soporta una torre del sistema de generación de energía eólica que se extiende desde una posición por encima de la superficie del mar hacia abajo, hasta un nivel cercano al lecho marino, comprende el paso de instalar una pluralidad de unidades filtrantes en forma de saco que contienen objetos tipo bloque predeterminados entre el lecho marino y la base.

Según otro aspecto de la presente invención, dado que la pluralidad de unidades filtrantes en forma de saco que contienen objetos tipo bloque predeterminados está instalada entre el lecho marino y la base, aumenta la presión lateral aplicada a la base por parte del área circundante. Así, es menos probable que se forme un hueco entre la base y el lecho marino que la rodea, siendo posible suprimir durante largo tiempo la socavación cerca del lecho marino. Esto puede aumentar tanto la fuerza de sustentación como la durabilidad del cimiento. Además, dado que las unidades filtrantes instaladas se utilizan como parte del cimiento, el tamaño de éste puede hacerse compacto.

Según otro aspecto de la presente invención, un procedimiento para construir un cimiento para un sistema de generación de energía eólica, destinado a sostener el sistema de generación de energía eólica marina sobre la superficie del mar y a soportar la torre del sistema de generación de energía eólica que se extiende desde una posición por encima de la superficie del mar hacia abajo, hasta un nivel cercano al lecho marino, comprende los pasos de: prever una base sobre un fondo predeterminado de manera que la base esté soportada por dicho fondo predeterminado; instalar una pluralidad de unidades filtrantes en forma de saco que contienen objetos en bloque predeterminados, entre el lecho marino y la base; prever una parte de placa base en un extremo superior de la base; y prever la torre en un extremo superior de la parte de placa base.

Según otro aspecto más de la presente invención, la base está prevista de modo que esté soportada por el fondo predeterminado, la pluralidad de unidades filtrantes en forma de saco que contienen objetos en bloque predeterminados está instalada entre el lecho marino y la base, y la parte de placa de base está prevista en el extremo superior de la base. Esto aumenta la presión lateral aplicada a la zona subterránea de la base desde el fondo circundante. Así, es menos probable que se forme un hueco entre la base y el fondo que rodea la parte subterránea de la base, siendo posible suprimir durante largo tiempo la socavación cerca del lecho marino. Esto puede aumentar tanto la fuerza de sustentación como la durabilidad del cimiento.

Preferentemente, el paso de instalar la pluralidad de unidades filtrantes incluye la etapa de, utilizando un GPS, localizar un emplazamiento donde haya de instalarse la pluralidad de unidades filtrantes.

40 BREVE DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

- Fig. 1: vista esquemática mostrando un sistema de generación de energía eólica, una torre y un cimiento donde se ha aplicado un procedimiento para construir un cimiento para un sistema de generación de energía eólica según la primera realización.
- Fig. 2A: vista esquemática que muestra una unidad filtrante (UF)
- 45 Fig. 2B: vista esquemática que muestra el estado donde la UF se instala sobre la superficie irregular del lecho marino.
- Fig. 3A: vista lateral de unos pilotes que muestra cómo las UF están situadas entre los pilotes,
- Fig. 3B: diagrama visto desde la línea III B-III B de la Fig. 3A
- Fig. 3C: diagrama visto desde la línea III C-III C de la Fig. 3A.
- 50 Fig. 4A, 4B, 4C, 4D, 4E y 4F: esquemas que ilustran de manera secuencial el procedimiento para construir un cimiento para un sistema de generación de energía eólica.
- Fig. 5: vista esquemática que muestra una torre y un cimiento donde se ha aplicado otro procedimiento para construir un cimiento para un sistema de generación de energía eólica según la primera realización.

- Fig. 6A y 6B: vistas esquemáticas que muestran un ejemplo donde se instalan UFs para un cimiento ya existente.
- Fig. 7: vista esquemática que muestra una torre y un cimiento donde se ha aplicado un procedimiento para construir un cimiento para un sistema de generación de energía eólica según la segunda realización.
- 5 Fig. 8A, 8B, 8C, 8D, 8E, 8F, 8G y 8H: esquemas que ilustran de manera secuencial el procedimiento para construir un cimiento para un sistema de generación de energía eólica de la segunda realización.
- Fig. 8I: esquema visto desde la posición VIII I-VIII I de la Fig. 8E.
- Fig. 8J y 8K: esquemas que muestran un ejemplo en el que se instalan UFs para un cimiento ya existente.
- Fig. 9A, 9B y 9C: esquemas que ilustran de manera secuencial un procedimiento para proteger un cable submarino para un sistema de generación de energía eólica.
- 10 Fig. 9D: esquema visto desde IX D-IX D de la Fig. 9C.
- Fig. 10: vista que muestra cómo una UF cubre un cable.
- Fig. 11A: esquema que muestra un ejemplo donde un cable submarino se protege utilizando una pluralidad de UFs.
- Fig. 11B: esquema visto desde XI B-XI B de la Fig. 11A.
- 15 Fig. 12A: esquema que muestra un ejemplo donde un cable submarino se protege utilizando dos UFs.
- Fig. 12B: esquema visto desde XII B-XII B de la Fig. 12A.
- Fig. 13A: esquema que muestra un ejemplo donde un cable submarino se protege utilizando una pluralidad de UFs.
- Fig. 13B: esquema visto desde XIII B-XIII B de la Fig. 13A.
- 20 Fig. 14A, 14B y 14C: esquemas que ilustran de manera secuencial un procedimiento para aplanar una superficie irregular del lecho marino.
- Fig. 15: esquema que muestra un ejemplo de aplanamiento de una superficie irregular convexa.

#### DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES PREFERENTES

##### 1. Primera realización

- 25 A continuación se describe una realización de la presente invención haciendo referencia a las figuras adjuntas. La Fig. 1 es una vista esquemática que muestra un sistema de generación de energía eólica y una torre que están asentados sobre un cimiento donde se ha aplicado un procedimiento para la construcción del cimiento para un sistema de generación de energía eólica según una realización de la presente invención. Hay que señalar que la presente
- 30 realización se describe con respecto a un ejemplo donde el sistema de generación de energía eólica y la torre están soportados por el cimiento que tiene pilotes como base. La Fig. 1 muestra un sistema de generación de energía eólica marina 10 para generar energía eléctrica a partir de energía eólica marina, una torre 11, una parte de placa base 12a, pilotes 12b, una pluralidad de unidades filtrantes (denominadas en lo que sigue "UF") 50 y un cable 20. La torre 11 sostiene el sistema de generación de energía eólica marina 10 y se extiende hacia abajo, hasta un nivel cercano a un lecho marino 200 atravesando la superficie del mar 100. La parte de placa base 12a, que está hecha de hormigón, está
- 35 fijada a la torre 11 mediante unos pernos de anclaje y soporta la torre 11. Cada pilote 12b, que está hecho de un tubo de acero, está previsto de manera que se soporte por un fondo predeterminado y fijado a la parte de placa base 12a en su extremo superior mediante unos pernos de anclaje, para soportar la parte de placa base 12a. Las UF 50 están instaladas entre el lecho marino 200 y los pilotes 12b. El cable 20 se extiende saliendo de la torre 11 cerca del lecho marino 200 para transmitir la electricidad generada por el sistema de generación de energía eólica 10 a un sistema
- 40 terrestre (no mostrado). Hay que señalar que la torre 11 se extiende hasta una altura tal que permite al sistema de generación de energía eólica 10 recibir eficazmente los vientos terrales. El fondo predeterminado 300 al que los pilotes 12b están fijados indica una capa del fondo marino denominada "capa de sustentación" en la Fig. 1. La capa de sustentación es suficientemente resistente para soportar la carga del sistema de generación de energía eólica y la torre en diversas condiciones, tales como condiciones meteorológicas e hidrográficas. Es decir, los pilotes 12b se introducen
- 45 en el fondo hasta que llegan a la capa de sustentación y estos pilotes 12b se fijan a dicha capa de sustentación. Hay que señalar que, en la presente realización, el cimiento incluye la parte de placa base 12a y los pilotes 12b.

A continuación se describe la estructura de las UF 50 utilizadas en la presente realización. La Fig. 2A es una vista esquemática que muestra cómo la UF 50 está suspendida de una grúa de un barco de trabajo o similar y la Fig. 2B es una vista esquemática que muestra cómo la UF 50 se instala en un lecho marino irregular.

En referencia a las Fig. 2A y 2B, un saco que comprende un cuerpo de saco 501 tejido con hilo de fibra sintética donde se dispone una cantidad predeterminada de objetos en bloque, tales como piedras machacadas, se denomina UF. La UF 50 que contiene los objetos en bloque 502 incluye un cabo de soporte 503, que permite suspender el cuerpo de saco 501 de una grúa o similar, y una parte de unión 504 prevista en un extremo del cabo de soporte 503 y puede unirse a la grúa para suspender el cuerpo de saco 501. La UF 50 aquí utilizada tiene un diámetro de aproximadamente 2,5 m cuando está instalada sobre un fondo llano y su peso es de aproximadamente 4 T. La fibra sintética utilizada para el cuerpo de saco 501 es, por ejemplo, de poliéster. De este modo, el cuerpo de saco 501 no se oxida con el agua de mar, presenta una gran resistencia al agua ácida y al agua alcalina y su probabilidad de corrosión es escasa. Hay que señalar que la fibra sintética no está limitada al poliéster, sino que puede ser nailon, polipropileno, polietileno o similar. Además, dado que el hilo de una UF es de resina sintética, no se desprenderán alteradores endocrinos ni metales pesados y no se provocará ningún efecto adverso.

En el cuerpo de saco 501, el lado más largo N de la malla de la red es de 50 mm y el diámetro de hilo M es de 10 mm. Preferentemente el diámetro de hilo M y el lado más largo N de la malla tienen una relación  $3 \leq N/M \leq 20$  (en milímetros). Con esta relación, ninguno de los objetos de bloque 502 abajo descritos se saldrá de la malla y el cuerpo de saco 501 mantendrá su resistencia durante más tiempo.

Es preferible que la cantidad predeterminada de objetos en bloque 502 se determine de manera que la porosidad del tejido de malla esté entre un 45% y un 90%. Esto asegura la formación de huecos en poro en la UF 50, reduciendo así la fuerza de arrastre a la vez que permite que las corrientes de agua en el lecho marino 200 fluyan a través del cuerpo de saco 501. De este modo, la UF 50 no soporta presión de agua fluyente, impidiéndose un fenómeno denominado "socavación", donde se erosiona el lecho marino 200. Aunque la porosidad se relaciona también al tamaño de los objetos en bloque 502 en el interior del cuerpo de saco 501, con una porosidad inferior al 45% la UF 50 recibe presión de agua fluyente, lo que causa la socavación alrededor del cuerpo de saco 501. Por otra parte, con una porosidad superior al 90% disminuye la retención de los objetos en bloque 502.

Preferentemente el cuerpo de saco 501 está formado por un tejido de nudos (por ejemplo una red Raschel) con una elongación de un 30% a un 80%. Esto permite asegurar la flexibilidad y permite también al cuerpo de saco 501 adaptarse a cualquier forma en una posición instalada de la UF 50 y mantenerse en un estado estable durante largo tiempo después de la instalación de la UF 50. Es decir, la UF 50 puede mantenerse estable en la posición de instalación durante mucho tiempo, sin importar que el lugar de instalación sea llano o no.

Preferentemente los objetos en bloque 502 contenidos en la UF 50 tienen un diámetro de 50-300 mm y un peso específico lo suficientemente grande para impedir que la UF 50 sea arrastrada al instalarla sobre el lecho marino 200. Por ejemplo, los objetos en bloque 502 son piedras machacadas con un tamaño de grano de 100 mm y un peso específico de 2,65. De este modo, la UF 50 tiene un peso suficientemente grande para no ser sensible a la sustentación hidráulica ni a las corrientes de agua submarinas. Hay que señalar que cuanto menor sea el tamaño de grano de los objetos en bloque 502, tanto mejor se adaptará el cuerpo de saco 501 a la forma de la zona de instalación. Es preferible que el tamaño de grano de los objetos en bloque 502 sea aproximadamente igual a dos veces el lado más largo N de la malla.

A continuación se explica la cantidad predeterminada de objetos en bloque 502 a colocar en el saco. En referencia a la Fig. 2A, que muestra un saco colgado, se supone que la altura del saco 501 desde la parte cerrada 505 hasta el fondo es H1 y la altura del espacio sin objetos en bloque 502 es H2. La cantidad predeterminada de objetos en bloque 502 en el saco 501 es una cantidad tal que el valor obtenido por  $(H2/H1) \times 100$  preferente es de un 25-80%. La razón es que, si el valor es inferior al 25%, significa que los objetos en bloque llegan a su parte cerrada 505 y se reduce la capacidad de adaptación a la posición de instalación, siendo difícil colocar el saco cerca de la posición deseada. Si el valor es superior al 80%, la forma de la UF puede cambiar fácilmente, es menos estable y tiene poco peso en relación a su volumen, con lo que es posible que la UF sea alejada por una ola de marea.

Además, dado que la UF tiene la estructura arriba descrita cuando está situada en el lecho marino, se produce el efecto meritorio de que es posible proporcionar un entorno adecuado para las plantas y los peces del mar.

A continuación se explica el tamaño de las UF. En la explicación siguiente denominaremos "UF pequeña" a una UF con un peso inferior a 4 T, un diámetro inferior a 2 m cuando está colocada y un volumen inferior a  $2 \text{ m}^3$  y "UF grande" a una UF con un peso de 4-20 T, un diámetro de 2-5 m cuando está colocada y un volumen de  $2-13 \text{ m}^3$ . El material y el diámetro del hilo, el tamaño de malla, incluyendo el lado más largo de la malla, el diámetro y el peso específico de los objetos en bloque son los mismos tanto para las UF pequeñas como para las grandes.

La Tabla 1 siguiente muestra un ejemplo de la relación entre el peso (tamaño) de las UF individuales y la velocidad de flujo efectiva de las corrientes de marea. Hay que señalar que en la Tabla 1 se supone que en todas las UF están colocados los mismos objetos en bloque, con un diámetro de 50-300 mm y un peso específico de 2,65.

**Tabla 1**

Peso de UF (T)	Velocidad de flujo efectiva de corrientes de marea (m/s)
2	Aproximadamente 4,7 o menos
4	Aproximadamente 5,3 o menos
8	Aproximadamente 5,9 o menos
20	Aproximadamente 7,0 o menos

Como se muestra en la Tabla 1, es posible adecuar el tipo de UF según la velocidad de flujo de las corrientes de marea. Por ejemplo, si la velocidad de flujo de las corrientes de marea en la posición en la que se han de instalar las UF es de 5,0 m/s, se utilizan UF con un peso de 4 T. Además, es posible cambiar el peso de las UF y el tamaño de los objetos en bloque dependiendo de las condiciones del rendimiento en la posición en la que se han colocado las UF. Como se muestra en la Tabla 1, cuando mayor es la UF tanto más eficaz es con respecto a la velocidad de flujo de la corriente de marea, en comparación con la UF más pequeña.

En la descripción siguiente se utiliza la UF 50 arriba descrita, a no ser que se especifique de otra manera.

Hay que señalar que, aunque en la UF 50 arriba descrita se especifican los factores tales como el tamaño de la UF 50 misma, el material del hilo, el espesor del hilo, el tamaño de grano y el peso específico de los objetos en bloque, la presente invención no está limitada a la UF 50 especificada con estos factores. La UF 50 puede especificarse con otros factores distintos.

Hay que señalar que, por ejemplo, es preferible que la UF aquí utilizada sea un material que impida la socavación para una estructura submarina dado a conocer en la patente japonesa nº 3.696.389.

A continuación se describe un procedimiento para instalar las UF según la presente realización. La Fig. 3A es un diagrama esquemático en vista lateral, que muestra un ejemplo alrededor de los pilotes 12b cuando se colocan UF alrededor del pilote 12b justo antes de instalar la parte de placa base 12a. La Fig. 3B es un esquema visto desde III B-III B de la Fig. 3A y la Fig. 3C es un esquema visto desde III C-III C de la Fig. 3A. En primer lugar, en referencia a la Fig. 3A, se instalan las UF 50 entre el lecho marino 200 y los pilotes 12b que soportan la parte de placa base en sus extremos superiores. Como se muestra con una línea de puntos y rayas X en la Fig. 3A, es preferible que las UF 50 se instalen sin huecos entre ellas, hasta que la pluralidad de UF 50 forme una superficie plana conforme a la altura de las cabezas de los pilotes 12b. De este modo, la superficie inferior de la parte de placa base puede estar en estrecho contacto con los pilotes 12b y las UF cuando la parte de placa base está instalada, formando los pilotes 12b, la parte de placa base y las UF 50 juntos un todo integral. Esto puede aumentar la resistencia como cimiento, incluyendo la parte de placa base y la base, y puede reducir la influencia de las corrientes de marea, incluyendo la socavación. Es decir, esto puede aumentar la fuerza de sustentación como cimiento para soportar el sistema de generación de energía eólica y la torre. En relación a la Fig. 3B, el punto O es la posición del centro de la parte de placa base cuando ésta está instalada sobre los pilotes 12b. La distancia del punto O al punto más exterior de la circunferencia de cada pilote 12b y que queda más alejado del punto O es R metros (en adelante "m"). El círculo P1 tiene su centro en el punto O y un radio de R m. En este caso, es preferible que la capa más inferior de las UF 50 se prevea dentro del alcance rodeado por un círculo P2 cuyo centro esté situado en el punto O y un radio de aproximadamente (R + W) m (véase la Fig. 3C). Si W está entre 4 m y 15 m se impide el efecto de socavación, preferentemente W = 6 m. Cuanto mayor sea el alcance de instalación de las UF 50 tanto más puede esperarse conseguir los efectos de las UF 50 arriba descritos. Sin embargo, los efectos de las UF 50 se estabilizan considerablemente cuando el alcance de instalación de las UF 50 sobrepasa el círculo P2. Así pues, desde el punto de vista de la construcción, por ejemplo del número de UF 50 a instalar y del volumen del trabajo de construcción, y desde el punto de vista de los efectos, por ejemplo de la eficacia de las UF 50, el alcance de instalación de la capa más inferior de las UF 50 está preferentemente dentro del alcance del círculo P2, cuyo radio es de aproximadamente (L + 6) m alrededor del punto O. En referencia a la Fig. 3C, es preferible que, en un alcance S (una parte del círculo P2 distinta al círculo P1), las UF 50 de la capa más inferior estén dispuestas en dos a cinco capas en la dirección radial, concéntricamente, alrededor del punto O (las Fig. 3A y 3C muestran un ejemplo donde las UF 50 están dispuestas en tres capas en dirección radial). Disponiendo UF pequeñas en una pluralidad de líneas en la dirección radial dentro del alcance S puede implementarse una mayor estabilidad que disponiendo UF grandes en una única capa en la dirección radial del alcance S. Además, cuando las UF 50 forman un grupo, la pluralidad de UF 50 proporciona un efecto de grupo. El efecto de grupo consiste en que una UF que se ve influida directamente por las corrientes de agua es sostenida por otras UF a su alrededor y la pluralidad de UF que forma un grupo puede permanecer de manera estable en el lugar de colocación. Gracias a ello puede lograrse una gran duración del efecto meritorio de impedir la socavación, etc. Por el contrario, la disposición de las UF 50 en una única capa en dirección radial no tiene efecto alguno de supresión del flujo turbulento producido cuando las corrientes de marea golpean el cimiento, pudiendo éste verse influido por un exceso de corrientes generados por la torre. Por otra parte, el efecto de grupo arriba descrito se estabiliza cuando las UF 50 se disponen en seis o más capas en dirección radial.

5 Cuanto más grande es el espesor total de las UF 50, es decir el número de capas de UF 50 en dirección vertical, tanto más efecto se espera que tengan las UF 50. El motivo de ello es que el aumento del espesor total de las UF 50 hace que la pluralidad de UF 50 encajen mejor unas en otras. Así, la pluralidad de UF 50 en estrecho contacto entre sí se sujetan unas en otras sin huecos entre ellas y disminuyen la posibilidad de que se succione tierra y arena de la superficie del lecho marino. Esto aumenta la estabilidad de la pluralidad de UF 50 instaladas, haciendo posible reducir durante largo tiempo la influencia de las corrientes de marea, incluyendo la socavación. Por otra parte, el efecto de impedir la socavación se estabiliza considerablemente cuando el espesor total es igual a tres o más capas. Así pues, como se ha descrito más arriba, desde el punto de vista de la construcción, por ejemplo del número de UF 50 a instalar y del volumen del trabajo de construcción, y desde el punto de vista de los efectos, por ejemplo de la eficacia de las UF 10 50, es preferible que el espesor total de las UF 50 sea igual a dos o tres capas.

Además, aunque para implementar esta realización se utilicen UF de un solo tamaño, pueden utilizarse UF de tamaños diferentes. En este caso, si se instalan UF de distintos tamaños en dos o más capas, es preferible colocar las UF más pequeñas en la posición inferior y las UF más grandes en una posición superior. La razón de esta instalación es que las UF más pequeñas siguen la irregularidad del lecho marino, lográndose que las UF instaladas encajen en este último. Como resultado, las UF 50 se mantienen en un estado estable durante largo tiempo después de la instalación. Además, dado que la superficie superior de las UF más pequeñas colocadas es más regular que la del lecho marino, las UF grandes se colocan de manera estable sobre las UF pequeñas. Así es posible reducir eficazmente la velocidad de flujo de la corriente de marea.

Además, la instalación de las UF 50 alrededor del lecho marino 200 con los pilotes 12b introducidos en el mismo aumenta la presión lateral aplicada a la parte subterránea de cada pilote 12b desde el fondo circundante. Así es menos probable que se formen huecos entre cada pilote 12b y el fondo y la capa de sustentación que rodea la parte subterránea del pilote 12b. Esto puede suprimir el momento generado cerca del lecho marino 200 en cada pilote 12b. Además, dado que la pluralidad de UF 50 instaladas sirve como parte del cimiento, el tamaño del cimiento puede ser compacto.

25 Como se ha descrito más arriba, dado que la pluralidad de UF 50 se instala entre el lecho marino 200 y cada pilote 12b, es menos probable que se formen huecos entre cada pilote 12b y el fondo y la capa de sustentación que rodea la parte subterránea del pilote 12b. Esto puede suprimir el momento generado cerca del lecho marino 200 en el pilote 12b e impedir la socavación que se produce alrededor de cada pilote 12b. Como resultado, pueden mejorarse la fuerza de sustentación y la durabilidad del cimiento con los pilotes 12b como base.

30 A continuación se describe un procedimiento para construir un cimiento para un sistema de generación de energía eólica según la presente realización. Las Fig. 4A a 4F son esquemas que ilustran de manera secuencial la construcción del cimiento para el sistema de generación de energía eólica. En primer lugar se estudia el emplazamiento en el que haya de instalarse el sistema de generación de energía eólica, el estado del lecho marino 200 y el estado de las corrientes de marea cerca del lecho marino 200, antes de estudiar el tamaño de las UF, el número de UF 50 y la posición en la que han de instalarse las UF 50 (Fig. 4A). Después, basándose en el resultado del estudio, se prevén los pilotes 12b como base del cimiento, que han de ser soportados por la capa de sustentación (Fig. 4B). A continuación, como se ha descrito más arriba, se instalan entre el lecho marino 200 y cada pilote 12b una pluralidad de UF 50 en estrecho contacto unas con otras (Fig. 4C). En este momento, la pluralidad de UF 50 forman una superficie llana conforme a la altura de las cabezas de los pilotes 12b. Luego se instala un encofrado 12e para la parte de placa base 40 12a sobre los extremos superiores de los pilotes 12b (Fig. 4D). Ahora se fijan entre sí la superficie inferior del encofrado 12e y los extremos superiores de los pilotes 12b. A continuación se introduce hormigón en el encofrado 12e para formar la parte de placa base 12a (Fig. 4E). Después se fija la torre 11 al extremo superior de la parte de placa base 12a (Fig. 4F).

Según el procedimiento arriba descrito, los pilotes 12b se prevén de manera que sean soportados por la capa de sustentación, la pluralidad de UF 50 se instala entre el lecho marino 200 y cada pilote 12b y la parte de placa base 12a se prevé sobre los extremos superiores de los pilotes 12b. Esto impide la socavación durante largo tiempo, dado que se disminuye la influencia de la corriente de marea alrededor del cimiento en el lecho marino y se protege el lecho marino 200 cerca de los pilotes 12b. Además, esto aumenta la presión lateral aplicada a la parte subterránea de cada pilote 12b desde el fondo circundante. Así es menos probable que se formen huecos entre los distintos pilotes 12b. Como resultado, aumenta tanto la fuerza de sustentación como la durabilidad del cimiento. Además, dado que una pluralidad de UF instaladas sirve como parte del cimiento, el tamaño del cimiento puede ser compacto. Además, dado que el hilo de la red de las UF está compuesto de fibra sintética y las UF son porosas, no se desprenden ni alteradores endocrinos ni metales pesados y es posible proporcionar un biotopo para algas y peces. Además, el cimiento puede ser compacto, dado que las UF funcionan como parte del cimiento.

55 A continuación se describe una realización alternativa. En esta realización, como se muestra en la Fig. 5, está previsto un espacio entre la parte superior de las UF y la parte de placa base 12a. Dado que la otra parte es igual que en la realización arriba descrita, no repetiremos la explicación de la misma.

En esta realización alternativa, similar a la realización arriba descrita, es posible impedir la socavación durante largo tiempo, dado que se disminuye la influencia de la corriente de marea alrededor del cimiento en el lecho marino 200 y se protege el lecho marino 200 cerca de los pilotes 12b. Además, dado que se aumenta la presión lateral aplicada a la

parte subterránea de cada pilote 12b desde el fondo circundante, es menos probable que se formen huecos entre los distintos pilotes 12b.

A continuación se describe otra realización alternativa. En esta realización, las UF se instalan en un cimientado de un sistema de generación de energía eólica ya existente. Las Fig. 6A y 6B son esquemas que muestran esta realización. La Fig. 6A muestra un sistema de generación de energía eólica ya existente al que se aplica esta realización. Como se muestra en la Fig. 6A, se ha formado un espacio entre el cimientado 12a, 12b y el lecho marino 200 circundante. La Fig. 6B muestra un estado en el que se ha instalado una pluralidad de UF 50 entre los pilotes, que sirven de base del cimientado, y el lecho marino 200. En esta realización, similar a la realización arriba descrita, puede impedirse la socavación durante largo tiempo, dado que se disminuye la influencia de la corriente de marea alrededor del cimientado en el lecho marino y se protege el lecho marino 200 cerca de los pilotes 12b. Además, esto aumenta la presión lateral aplicada a la parte subterránea de cada pilote 12b desde el fondo circundante. Así es menos probable que se formen huecos entre los distintos pilotes 12b. En esta realización, las UF se instalan alrededor de una parte cóncava deformada del lecho marino, que puede haberse formado por ejemplo por socavación. La presente invención puede aplicarse al lecho marino que no está deformado.

En esta realización alternativa se logra el mismo efecto meritorio que el arriba descrito.

En la primera realización se describe un ejemplo en el que se instala un tipo de UF. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto y pueden utilizarse dos tipos de UF, siendo uno una UF grande y el otro una UF pequeña. En este caso, las UF grandes y las UF pequeñas se instalan parcialmente superpuestas. Además, si se instalan UF en tres capas, en primer lugar se instalan las UF pequeñas en una capa en el fondo y a continuación se instalan dos capas de UF grandes sobre las UF pequeñas según se ha descrito más arriba. Así, además del efecto descrito en la Fig. 3, se consigue el efecto de que las UF permanecen estables durante más tiempo y es posible reducir eficazmente la velocidad de la corriente de marea.

Puede instalarse una pluralidad de UF en las que estén colocados distintos tipos de objetos en bloque. Por ejemplo, en primer lugar unas primeras UF que incluyan objetos en bloque de pequeño tamaño y después unas segundas UF que incluyan objetos en bloque de gran tamaño. Así, las primeras UF impiden que se succione tierra y arena de la superficie del lecho marino y siguen la irregularidad del lecho marino. Además, se logra que la pluralidad de UF 50 encajen mejor unas en otras y permanezcan estables durante largo tiempo, debido al hecho de que la pluralidad de UF 50 están en estrecho contacto unas con otras y sujetas unas a otras sin huecos entre ellas. Además, dado que las segundas UF con objetos en bloque de gran tamaño miran hacia la corriente de marea, las UF están colocadas de forma estable y disminuyen eficazmente la velocidad de la corriente de marea.

Además, dado que "el tamaño de las UF" no tiene nada que ver con "el tamaño de grano de los objetos en bloque que llenan las UF", las UF grandes que incluyen objetos en bloque de gran tamaño ocasionan un efecto sinérgico comparado con el efecto ocasionado por las UF grandes que incluyen objetos en bloque de pequeño tamaño y las UF pequeñas que incluyen objetos en bloque de gran tamaño. Por ejemplo, las UF grandes que incluyen objetos en bloque de gran tamaño se mantienen más estables que las UF pequeñas que incluyen objetos en bloque de gran tamaño y las UF grandes que incluyen objetos en bloque de pequeño tamaño.

Hay que señalar que esta realización se ha descrito con respecto a un ejemplo donde la parte de placa base 12a se ha formado previendo el encofrado 12e para la parte de placa base 12a sobre los extremos superiores de los pilotes 12b e introduciendo hormigón en el encofrado 12e. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto y es posible prever sobre los extremos superiores de los pilotes 12b una parte de placa base 12a de hormigón que haya sido fabricada de antemano.

Además, aunque en esta realización se utilicen pilotes de acero, pueden utilizarse pilotes de hormigón.

## 2. Segunda realización

A continuación se describe la segunda realización. En la segunda realización, el sistema de generación de energía eólica está soportado por un cimientado que tiene un cajón como base. La Fig. 7 es una vista en sección transversal que muestra un sistema de generación de energía eólica, una torre y un cimientado al que se ha aplicado un procedimiento para construir un cimientado para un sistema de generación de energía eólica según la presente realización. La Fig. 7 muestra un sistema de generación de energía eólica marina 10, una torre 11, una parte de placa base 12a, un cajón 12c, una pluralidad de UF 50 y un cable de transmisión de energía 20. La torre 11 sostiene el sistema de generación de energía eólica marina 10 y se extiende hacia abajo, hasta un nivel cercano al lecho marino 200, atravesando la superficie del mar 100. La parte de placa base 12a, que está compuesta de hormigón, está fijada a la torre 11 mediante unos pernos de anclaje y soporta la torre 11. El cajón 12c, que está compuesto de hormigón, está fijado en el lecho marino excavado 200 y soporta la parte de placa base 12a en su extremo superior. La pluralidad de UF 50 está instalada entre el lecho marino 200 y el cajón 12c. El cable de transmisión de energía 20 se extiende saliendo de la torre 11 cerca del lecho marino 200 para transmitir la electricidad, generada por el sistema de generación de energía eólica 10, a un sistema terrestre (no mostrado). Hay que señalar que, en la presente realización, el cimientado incluye la parte de placa base 12a y el cajón 12c y éste último se ha formado introduciendo hormigón en un encofrado. Las UF 50 utilizadas en la presente realización son similares a las de la realización arriba descrita.



A continuación se describe un procedimiento para construir un cimientado para un sistema de generación de energía eólica según la segunda realización. Las Fig. 8A a 8H son esquemas que ilustran de manera secuencial la construcción del cimientado para el sistema de generación de energía eólica. La Fig. 8I es un esquema visto desde la posición VIII I-VIII I de la Fig. 8E. En primer lugar, se estudia el emplazamiento en el que haya de instalarse el sistema de generación de energía eólica, el estado del lecho marino 200 y el estado de las corrientes de marea cerca del lecho marino 200, antes de estudiar el tamaño y el número de las UF 50 y la posición en la que han de instalarse estas últimas (Fig. 8A). Después, basándose en el resultado del estudio, se excava el lecho marino 200 hasta la profundidad a la que el cajón 12c, que es una base del cimientado, se fije al lecho marino 200, formando así un agujero 13 para instalar en el mismo el encofrado 12d para el cajón 12c (Fig. 8B). Con este fin puede utilizarse un método a cielo abierto (minería a cielo abierto). El tamaño del agujero perforado 13 es suficientemente grande para soportar el sistema de generación de energía eólica 10, la torre 11, la placa base 12a y el cajón 12c a prever en el mismo. A continuación se instala una pluralidad de UF 50 de manera que queden planas sobre la superficie inferior del agujero perforado 13 (Fig. 8C). En este punto es preferible instalar las UF pequeñas. De este modo, las UF 50 pequeñas siguen las irregularidades del lecho marino y se consigue que los huecos formados entre las distintas UF sean pequeños. Como resultado, si el cajón 12c, la parte de placa base 12a y similares se instalan encima de las UF 50, una pluralidad de UF, el cajón 12c y la parte de placa base 12a pueden mantener sus posiciones de forma estable. Además, si el hueco formado entre UF es grande, éste puede reducirse utilizando UF grandes o utilizando tanto UF grandes como UF pequeñas. Además, no existe limitación alguna en cuanto al número de capas de UF a apilar. Cuanto mayor sea el número de capas, tanto más se consigue el efecto de impedir que se succione tierra y arena de la superficie del lecho marino y el cajón 12c y la parte de placa base 12a puedan mantener su estado estable.

A continuación se instala el encofrado 12d para formar el cajón 12c sobre las UF 50 instaladas en la superficie inferior del agujero 13 (Fig. 8D). Hay que señalar que el encofrado 12d puede considerarse parte del cajón 12c abajo descrito. Después se instalan una pluralidad de UF 50 en estrecho contacto unas con otras de modo que llenen el hueco entre el lecho marino 200 y el encofrado 12d para el cajón 12c como base, es decir entre el encofrado 12d para el cajón 12c y el agujero perforado 13 (Fig. 8E). En este punto es preferible que las UF 50 de la capa más inferior estén dispuestas en dos a cinco columnas en dirección radial en un margen de anchura L desde el borde circunferencial exterior del agujero perforado 13 (una parte de un círculo P4 distinta a un círculo P3 de la figura 8I). Es preferible que L sea aproximadamente 6 m. También es preferible instalar la pluralidad de UF 50 de manera que las UF 50 con un espesor total de tres capas estén en estrecho contacto con la circunferencia del encofrado 12d para el cajón 12c. A continuación se introduce hormigón en el encofrado 12d para formar el cajón 12c (Fig. 8F). Después se fija la superficie inferior de un encofrado para la parte de placa base 12a al extremo superior del cajón 12c mediante pernos de anclaje y se introduce hormigón en el encofrado para la parte de placa de base 12a con el fin de formar esta última (Fig. 8G). Luego se fija la torre 11 a la parte de placa base 12a (Fig. 8H).

Según el procedimiento arriba descrito, en primer lugar se excava el lecho marino 200 de manera que el cajón 12c pueda soportarse dentro del mismo. A continuación se instalan la pluralidad de UF 50 de manera que queden planas sobre la superficie inferior del agujero perforado 13. Se instala el encofrado 12d para el cajón 12c y se instala la pluralidad de UF 50 entre el lecho marino 200 y el encofrado 12d para el cajón 12c. Después se introduce hormigón en el encofrado 12d para formar el cajón 12c y se prevé la parte de placa base 12a sobre el extremo superior del cajón 12c. Dado que se disminuye la influencia de la corriente de marea cerca del cimientado en el lecho marino 200, es posible suprimir la socavación durante largo tiempo y proteger el lecho marino 200 cerca del cajón 12c. Como resultado, pueden mejorarse la fuerza de sustentación y la durabilidad del cimientado. Además, dado que las UF instaladas sirven como parte del cimientado, éste puede ser compacto. Además, dado que el hilo de la red de las UF está compuesto de fibra sintética y las UF son porosas, no se desprenden ni alteradores endocrinos ni metales pesados y es posible proporcionar un biotopo para algas y peces.

A continuación se describe una realización alternativa. En esta realización, las UF se instalan en un cimientado utilizando el cajón de un sistema de generación de energía eólica ya existente. Las Fig. 8J y 8K son esquemas que muestran esta realización. La Fig. 8J muestra un sistema de generación de energía eólica ya existente al que se aplica esta realización. Como se muestra en la Fig. 8J, se ha formado un espacio entre el cimientado 12a, 12c y el lecho marino circundante 200. La Fig. 8K muestra un estado en el que se ha instalado una pluralidad de UF 50 entre el cajón 12c, que sirve de base del cimientado, y el lecho marino 200. Dado que la parte restante del proceso de construcción del cimientado es igual que en la realización arriba descrita, no repetiremos la explicación de la misma. En esta realización, las UF se instalan alrededor de la parte cóncava deformada del lecho marino, que puede haberse formado por ejemplo por socavación. La presente invención puede aplicarse al lecho marino que no está deformado.

En esta realización alternativa se logra el mismo efecto meritorio que el arriba descrito.

Hay que señalar que esta realización se ha descrito con respecto a un ejemplo en el que el cajón 12c se forma colocando hormigón e instalando después sobre el mismo el encofrado para formar la parte de placa base. Sin embargo, la presente invención puede utilizar un encofrado capaz de formar tanto el cajón como la parte de placa base introduciendo hormigón en el mismo.

Hay que señalar que esta realización se ha descrito con respecto a un ejemplo en el que el cajón 12c se forma instalando el encofrado 12d sobre las UF instaladas en la superficie inferior del agujero perforado 13 e introduciendo

hormigón en el encofrado 12d instalado. Sin embargo, es posible instalar sobre las UF 50 instaladas en la superficie inferior del agujero perforado 13 un cajón 12c que haya sido fabricado de antemano.

Hay que señalar que esta realización se ha descrito con respecto a un ejemplo en el que se instala un tipo de UF. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto y pueden utilizarse dos tipos de UF, siendo uno una UF grande y el otro una UF pequeña. Si por ejemplo es necesario seguir las irregularidades del lecho marino, se utilizan preferentemente UF pequeñas. Por otra parte, si es necesario reducir la velocidad de la corriente de marea, se utilizan UF grandes. Además pueden utilizarse una pluralidad de UF que incluyan distintos tipos de objetos en bloque dependiendo de las condiciones necesarias. Así se consigue un efecto similar al descrito en la primera realización.

### 3. Tercera realización

A continuación se describe la tercera realización con respecto al procedimiento de instalación de las UF. En la presente realización se describirá un procedimiento para proteger un cable submarino para un sistema de generación de energía eólica. Las Fig. 9A a 9C son esquemas que ilustran de manera secuencial el procedimiento para proteger un cable submarino para un sistema de generación de energía eólica, la Fig. 9D es un esquema visto desde la línea IX D-IX D de la Fig. 9C y la Fig. 10 es un esquema que muestra las condiciones cuando una UF está instalada. Hay que señalar que las UF 50 utilizadas en la presente realización son similares a las de la realización arriba descrita.

En primer lugar se estudia el emplazamiento en el que haya de instalarse el cable submarino 20, el estado del lecho marino 200 y el estado de las corrientes de marea cerca del lecho marino 200, antes de estudiar el tamaño y el número de las UF 50 y la posición en la que han de instalarse estas últimas (Fig. 9A). A continuación se instala el cable submarino 20 sobre el lecho marino 200 (Fig. 9B). Después se instala una UF 50 de manera que cubra el cable submarino 20 instalado sobre el lecho marino 200 (Fig. 9C).

A continuación se explican las condiciones necesarias con referencia a la Fig. 10. La Fig. 10 es un esquema que muestra la sección transversal perpendicular a la dirección en la que el cable submarino se extiende. Más específicamente, suponiendo que el punto central de la sección del cable es Q y su radio es  $r$  (m), el punto encima del cable situado a la distancia  $D1$  (m) desde la superficie superior del cable 20 es T1, los puntos situados a la distancia  $D2$  (m) desde la superficie lateral del cable 20 son T2 y T3 y los dos ángulos inferiores iguales de un triángulo isósceles formado por los puntos T1, T2 y T3 son  $\theta$ . Además, si los objetos en bloque colocados en las UF caen al fondo desde una posición superior, los objetos en bloque forman de manera natural un montón cónico. Se supone que el ángulo se define como  $\Phi$ , formado por el lado inclinado del montón y el fondo. Es preferible que la UF cubra el triángulo isósceles sombreado mostrado en la Fig. 10, donde  $D1 \geq 0,5$  m,  $D2 \geq 1,0$  m y  $\theta \leq \Phi$ . En este momento,  $\Phi$  es normalmente 45 grados o menos. Es preferible que  $\theta$  sea 30 grados o menos. En la Fig. 10, la línea de puntos muestra la sección transversal de la UF que satisface las condiciones arriba descritas.

Dado que el cable submarino está completamente cubierto por la UF de manera estable, el cable submarino 20 queda fijado de manera que no puede moverse bajo la influencia de las corrientes de marea que lo rodean (véase la Fig. 9D) y puede protegerse contra, por ejemplo, anclas de barcos, piedras rodantes arrastradas por las corrientes de marea y similares.

Según el procedimiento arriba descrito, las UF 50 se instalan de manera que cubran el cable submarino 20. Así, el cable submarino 20 queda fijado por el lecho marino 200 y las UF 50 y es posible impedir que se mueva bajo la influencia de las corrientes de marea que lo rodean y similares. Esto puede impedir que se genere fricción entre el lecho marino 200 y el cable submarino 20 e impedir durante largo tiempo la socavación cerca del cable submarino 20 instalado. Como resultado, es posible proteger el cable submarino 20 durante largo tiempo.

Hay que señalar que esta realización se ha descrito con respecto a un ejemplo en el que se instala un cable submarino desde cero. Sin embargo, la UF 50 puede instalarse también de manera que cubra un cable submarino ya existente.

Hay que señalar que esta realización se ha descrito con respecto a un ejemplo en el que se instala una UF 50. Sin embargo, es preferente instalar una pluralidad de UF 50. El uso de una pluralidad de UF 50 aumenta el peso que fija el cable submarino 20, lo que permite lograr una fijación firme de este último. Además, como ya se ha descrito en la primera realización, instalando una pluralidad de UF se consigue el efecto de grupo y el cable puede fijarse de manera estable.

A continuación se describirán algunos ejemplos en los que el cable submarino 20 se fija mediante una pluralidad de UF 50. La Fig. 11A muestra un ejemplo en el que una pluralidad de UF 50 están dispuestas en línea de manera continua en la dirección en la que el cable submarino 20 se extiende (denominada en lo que sigue "dirección de extensión del cable submarino 20") y la Fig. 11B es un esquema visto desde XI B-XI B de la Fig. 11A. La Fig. 11A muestra sólo una parte de las UF instaladas. La Fig. 12A muestra un ejemplo en el que dos UF 50 están dispuestas una al lado de otra con el cable submarino 20 interpuesto entre las mismas, y la Fig. 12B es un esquema visto desde la posición XII B-XII B de la Fig. 12A. Hay que señalar que también en este caso es posible disponer una pluralidad de UF 50 de manera continua, en dos líneas a lo largo de la dirección de extensión del cable submarino 20. La Fig. 13A muestra un ejemplo en el que el cable submarino 20 se fija utilizando una multiplicidad de UF 50, y la Fig. 13B es un esquema visto desde la posición XIII B-XIII B de la Fig. 13A. En cualquier caso, las UF 50 se instalan de manera que cubran el cable submarino 20, quedando el cable submarino 20 fijado por el lecho marino 200 y las UF 50 y pudiendo impedirse que el cable

submarino 20 se mueva bajo la influencia de las corrientes de marea que lo rodean. Esto puede impedir que se genere fricción entre el lecho marino 200 y el cable submarino 20 y también impedir durante largo tiempo la socavación cerca del cable submarino 20 instalado. Como resultado, es posible proteger el cable submarino 20 durante largo tiempo. En la realización anterior, una pluralidad de UF está dispuesta de manera continua. Es posible instalar de forma continua una pluralidad de UF en la dirección de extensión del cable submarino 20. Por ejemplo, instalando de forma continua una pluralidad de UF en la posición en la que es probable que la corriente de marea mueva el cable 20 es posible minimizar el volumen de trabajo y la cantidad de UF a utilizar.

Hay que señalar que, en la realización arriba descrita, aunque se produzca socavación alrededor de las UF 50 previstas para proteger el cable submarino 20, las UF 50 siguen el lecho marino 200 deformado y, por tanto, pueden efectuarse reparaciones, por ejemplo colocando simplemente las UF 50 en la parte ahuecada del lecho marino 200 en una cantidad correspondiente a la magnitud del ahuecamiento. Así pueden efectuarse reparaciones fácilmente y a bajo coste.

Hay que señalar que es preferible que el procedimiento para proteger el cable submarino para un sistema de generación de energía eólica según esta realización se aplique cuando la profundidad del agua hasta el lecho marino 200 sea de aproximadamente 3 m o más.

Hay que señalar que esta realización se ha descrito con respecto a un ejemplo en el que se protege un cable submarino cubriendo el cable con UF. Aquí, el cable submarino incluye líneas telefónicas, fibras ópticas, etc. Este procedimiento puede aplicarse también a objetos submarinos alargados, tales como tuberías largas, gaseoductos, oleoductos, etc.

#### 4. Cuarta realización

A continuación se describe la cuarta realización con respecto al procedimiento de instalación de las UF. En esta cuarta realización se describirá un procedimiento para aplanar una superficie irregular del lecho marino. Básicamente se utilizan UF de un tamaño para aplanar superficies irregulares. A continuación se describe una realización en la que se utilizan UF de dos tipos, con tamaños diferentes.

Las Fig. 14A a 14C son esquemas que ilustran de manera secuencial el procedimiento para aplanar una superficie irregular del lecho marino. Se utilizan las UF grandes y las UF pequeñas descritas en la primera realización. Aquí se supone que, basándose en el estudio, se ha determinado que estas UF son adecuadas para el aplanamiento en esta realización. Los objetos en bloque colocados en las UF grandes y pequeñas tienen un diámetro de 50-300 mm y un peso específico de 2,65. En cuanto a otros aspectos, no hay diferencias entre las UF grandes y las pequeñas.

En primer lugar se estudia el estado de una superficie irregular 1000 del lecho marino 200, antes de estudiar las cantidades respectivas de UF grandes 51 y UF pequeñas 52 a utilizar y la posición en la que las UF grandes 51 y las UF pequeñas 52 han de instalarse (Fig. 14A). A continuación, basándose en los resultados del estudio, se instalan las UF pequeñas 52 sobre el fondo del hueco de la superficie irregular 1000 (Fig. 14B). En este punto es preferible instalar las UF pequeñas 52 de manera que la superficie superior formada por las UF pequeñas 52 sea lo más plana posible. Después, las UF grandes 51 se instalan sobre la superficie superior formada por las UF pequeñas 52 y se nivelan de manera que la superficie superior formada por las UF pequeñas 52 quede enrasada con el lecho marino 200 (Fig. 14C). Basándonos en la descripción de las realizaciones anteriores, la utilización de una pluralidad de UF de distintos tipos, tales como las UF grandes 51 y las UF pequeñas 52, hace que la pluralidad de UF de distintos tipos encajen mejor unas en otras y estén en estrecho contacto unas con otras. Así, las UF de distintos tipos se integran firmemente, aumentando la estabilidad de las UF grandes 51 y las UF pequeñas 52 instaladas en el hueco de la superficie irregular 1000. De este modo puede reducirse la influencia de las corrientes de marea. Además, las UF grandes 51 se instalan de manera que la superficie superior formada por las UF grandes 51 quede lo más enrasada posible con el lecho marino 200 que rodea el hueco de la superficie irregular 1000.

Es preferible instalar las UF en orden de peso ascendente. En este caso, las UF grandes 51 se instalan sobre la superficie superior formada por las UF pequeñas 52. Así, las UF pequeñas siguen el fondo de la superficie irregular 1000 y es posible hacer que la superficie superior de las mismas sea plana. Además, mediante las UF grandes instaladas sobre las UF pequeñas planas puede darse estabilidad a todo el conjunto de UF.

En esta realización, dado que las UF pequeñas se instalan sobre la superficie del fondo de la superficie irregular 1000, las UF grandes se instalan sobre las UF pequeñas y la superficie superior de las UF grandes instaladas se nivela de manera que la superficie superior formada por las UF pequeñas 52 quede enrasada con el lecho marino 200. Así, las UF grandes 51 y las UF pequeñas 52 encajan unas en otras, con lo que puede formarse un lecho marino 200 altamente integrado y considerablemente llano, sin huecos entre las UF. Como resultado, es posible convertir la superficie irregular en un lecho marino firme y considerablemente llano.

Hay que señalar que esta realización se ha descrito con respecto a un ejemplo en el que se nivela una superficie irregular cóncava. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto y este procedimiento puede aplicarse a un ejemplo en el que se nivela una superficie irregular convexa. La Fig. 15 es un esquema que muestra este ejemplo. Con referencia a la Fig. 15, en este procedimiento se instalan en primer lugar las UF pequeñas 52 alrededor de la superficie irregular convexa, de forma similar a la realización arriba descrita. A continuación se instalan UF grandes 51 sobre las UF pequeñas 52. Una vez instaladas las UF grandes se nivela la superficie superior de las UF grandes instaladas de

manera que la superficie superior formada por las UF pequeñas 52 quede enrasada con el lecho marino 200. Como resultado, es posible aplanar la superficie irregular convexa en relación con el lecho marino.

5 Hay que señalar que esta realización se ha descrito con respecto a un ejemplo en el que se utilizan dos tipos de UF, que son las UF grandes 51 y las UF pequeñas 52. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto y también es posible utilizar sólo un tipo de UF. Es decir que la superficie irregular 1000 puede aplanarse nivelando UF de un tipo de manera que la superficie superior formada por las UF quede enrasada con el lecho marino 200. Para aplanar la superficie irregular 1000 puede utilizarse una pluralidad de tipos UF que contengan, unos con respecto a otros, distintos tipos de objetos en bloque. Por ejemplo se utilizan UF que contienen objetos en bloque con 100 mm de diámetro y UF que contienen objetos en bloque con 200 mm de diámetro. En este caso, las UF que contienen objetos en bloque con un diámetro pequeño impiden que se succione tierra y arena de la superficie del lecho marino y siguen las irregularidades de este último. Además, dos tipos de UF con objetos en bloque de diferente tamaño encajan unas en otras y pueden integrarse sin huecos entre ellas. Es preferible instalar las UF en orden de tamaño de grano de los objetos en bloque ascendente. En este caso, dado que las UF con un tamaño de grano pequeño siguen la forma de las superficies irregulares 1000 y es posible formar una superficie plana en la superficie superior de las UF pequeñas, el conjunto total de las UF se instala de manera estable gracias a que las UF grandes se instalan sobre la superficie plana de las UF pequeñas.

10 El procedimiento para aplanar la superficie irregular del lecho marino según la realización arriba descrita puede aplicarse junto con, por ejemplo, una barcaza para descargar piedras machacadas. En este caso, la superficie irregular 1000 del lecho marino 200 puede aplanarse de la siguiente manera: en primer lugar se descargan desde la barcaza piedras machacadas al fondo del hueco de la superficie irregular. Una vez descargada una cantidad deseada de piedras machacadas, se instalan las UF grandes 51 y las UF pequeñas 52, por ejemplo, como se describe en la realización arriba explicada, utilizando el procedimiento para aplanar la superficie irregular del lecho marino. Esto permite aplanar la superficie irregular eficazmente y a bajo coste.

20 Hay que señalar que esta realización se ha descrito con respecto a un ejemplo en el que se aplanan la superficie irregular 1000. Una vez aplanada la superficie irregular puede instalarse un cable submarino para un sistema de generación de energía eólica de manera que se extienda sobre la superficie irregular aplanada o puede instalarse una estructura submarina sobre la superficie irregular aplanada. Como se ha descrito en la realización anterior, el cable submarino puede fijarse y protegerse utilizando las UF.

25 Hay que señalar que, en las realizaciones primera a cuarta arriba descritas, el emplazamiento donde han de instalarse las UF 50 puede localizarse mediante un sistema de posicionamiento global (GPS). Por ejemplo se aplica a la realización arriba descrita un barco de trabajo para instalar las UF 50 en el lecho marino 200 y un cuerpo remolcado que se sumerja para estudiar el estado bajo el mar según las señales recibidas del barco de trabajo. El cuerpo remolcado incluye: un sonar batimétrico que radie ondas de sonido al lecho marino en un patrón de radiación en abanico y reciba ondas reflejadas del lecho marino para medir la profundidad hasta este último; un sensor de oscilaciones para medir y corregir el ladeo del sensor batimétrico asociado a la oscilación del cuerpo remolcado; un sensor de presión de agua para medir una presión de agua exacta con el fin de vigilar los cambios en la profundidad en el agua del cuerpo remolcado; y un transpondedor para calcular la distancia al barco de trabajo y el azimut del cuerpo remolcado. El barco de trabajo incluye: un aparato de manejo para manejar el cuerpo remolcado; un aparato de posicionamiento por GPS para vigilar la posición del barco de trabajo y un sensor azimutal por GPS para vigilar el azimut del barco de trabajo; un sistema de posicionamiento submarino para recibir ondas de sonido del transpondedor del cuerpo remolcado y medir la posición del cuerpo remolcado; software especializado para analizar datos obtenidos del cuerpo remolcado, basados en las posiciones respectivas del cuerpo remolcado y el barco de trabajo; y un cabrestante de remolque conectado al cuerpo remolcado y al cable, para controlar el movimiento del cuerpo remolcado. En primer lugar se acciona el aparato de manejo en el barco de trabajo para sumergir el cuerpo remolcado en el mar. El cuerpo remolcado sumergido obtiene datos con respecto al estado del lecho marino utilizando el sonar batimétrico, mientras transmite su propia posición y estado al barco de trabajo mediante el sensor de oscilaciones, el sensor de presión de agua y el transpondedor. Los datos obtenidos relativos al lecho marino se transmiten al barco de trabajo para realizar en este último un seguimiento del estado del lecho marino mediante el software especializado. El emplazamiento en el que han de instalarse las UF se localiza mediante los datos obtenidos del cuerpo remolcado, el aparato de posicionamiento por GPS y el sensor azimutal por GPS. Esto permite instalar las UF con gran precisión en el emplazamiento deseado. Por ejemplo, el emplazamiento en el que han de instalarse las UF puede localizarse y registrarse mediante el aparato de posicionamiento por GPS durante el estudio realizado de antemano y las UF pueden instalarse basándose en los datos registrados.

30 Hay que señalar que, en las realizaciones primera a cuarta arriba descritas, las UF 50 pueden instalarse suspendiendo cada UF 50 de una grúa o similar. En este caso, las UF 50 pueden instalarse soltando automáticamente de la grúa la parte de unión 504 de cada UF 50, una vez movida la UF 50 a una posición de instalación predeterminada. Esto reduce por ejemplo el trabajo y el peligro que supone la operación de soltar cada UF 50 de la grúa para los submarinistas que imparten instrucciones y ayudan a trabajar en el lecho marino.

35 Hay que señalar que, en las realizaciones primera a cuarta arriba descritas, la pluralidad de UF instaladas pueden unirse mediante elementos de unión tales como una cuerda, una cadena o similar. Esto permite mantener durante un

largo tiempo la estabilidad entre las distintas UF 50, pudiendo mejorarse aun más la fuerza de sustentación y la durabilidad del cemento.

Hay que señalar que, en las realizaciones primera a cuarta arriba descritas, es posible instalar las UF 50 una a una o instalar más de una UF 50 simultáneamente.

- 5 Aunque las realizaciones de la presente invención se han descrito con referencia a las figuras, la presente invención no está limitada a las realizaciones ilustradas. Dentro del alcance de las reivindicaciones pueden efectuarse diversas modificaciones y variaciones de las realizaciones ilustradas.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para construir un cimientado para un sistema de generación de energía eólica, destinado a sostener un sistema de generación de energía eólica marina sobre la superficie del mar y a soportar una torre de dicho sistema de generación de energía eólica que se extiende desde una posición por encima de la superficie del mar hacia abajo, hasta un nivel cercano al lecho marino, procedimiento que comprende el paso de instalar una pluralidad de unidades filtrantes en forma de saco conteniendo objetos en bloque predeterminados, entre dicho lecho marino y una base soportada por y fijada a un fondo predeterminado o fijada a un lecho marino excavado.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además los pasos de:
  - prever dicha base en un fondo predeterminado de manera que dicha base esté soportada por y fijada a dicho fondo predeterminado o fijada a un lecho marino excavado antes de instalar dicha pluralidad de unidades filtrantes en forma de saco conteniendo objetos en bloque predeterminados, entre dicho lecho marino y dicha base:
    - prever una parte de placa base sobre un extremo superior de dicha base; y
    - prever dicha torre sobre un extremo superior de dicha parte de placa base.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el paso de instalar dicha pluralidad de unidades filtrantes incluye el paso de, utilizando un GPS, localizar un emplazamiento en el que haya de instalarse dicha pluralidad de unidades filtrantes.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque dicha base está soportada por un pilote y el paso de instalar dicha pluralidad de unidades filtrantes incluye el paso de rodear una parte alrededor de dicho pilote con dicha pluralidad de unidades filtrantes.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el paso de instalar una pluralidad de unidades filtrantes incluye el paso de cubrir dicho fondo predeterminado con dicha pluralidad de unidades filtrantes hasta la parte inferior de dicha base.
6. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque la placa base es una placa circular, una pluralidad de dichos pilotes están dispuestos en círculo para soportar dicha placa base y el paso de instalar dicha pluralidad de unidades filtrantes incluye el paso de colocar dichas unidades filtrantes de manera que las distancias entre dicha pluralidad de pilotes y la circunferencia exterior de dicha pluralidad de unidades filtrantes sean esencialmente iguales.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque las distancias esencialmente iguales comprenden entre 4 m y 15 m.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el paso de instalar una pluralidad de unidades filtrantes incluye el paso de apilar dicha pluralidad de unidades filtrantes en dirección vertical.
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque dichas unidades filtrantes incluyen una unidad filtrante que tiene un primer tamaño exterior y una unidad filtrante que tiene un tamaño exterior más pequeño que dicho primer tamaño exterior, incluyendo el paso de instalar dicha pluralidad de unidades filtrantes los pasos de colocar dicha unidad filtrante que tiene el tamaño exterior más pequeño en el fondo en primer lugar y a continuación colocar dicho filtro que tiene el tamaño exterior más grande sobre dicha unidad filtrante que tiene el tamaño exterior más pequeño.
10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque las unidades filtrantes tienen el mismo tamaño exterior e incluyen una primera unidad filtrante con unos primeros objetos en bloque y una segunda unidad filtrante con unos segundos objetos cuyo tamaño es mayor que el de dichos primeros objetos en bloque.
11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque dicha unidad filtrante incluye un cuerpo de saco y objetos en bloque y, cuando dicha unidad filtrante está colgada, suponiendo que la altura de dicho cuerpo de saco desde la parte cerrada hasta el fondo es H1 y la altura de un espacio sin dichos objetos en bloque es H2, la cantidad de objetos en bloque obtenida mediante  $(H2/H1) \times 100$  es de un 25-80%.
12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque la porosidad del tejido de dicho cuerpo de saco está entre un 45% y un 90%.

FIG. 1

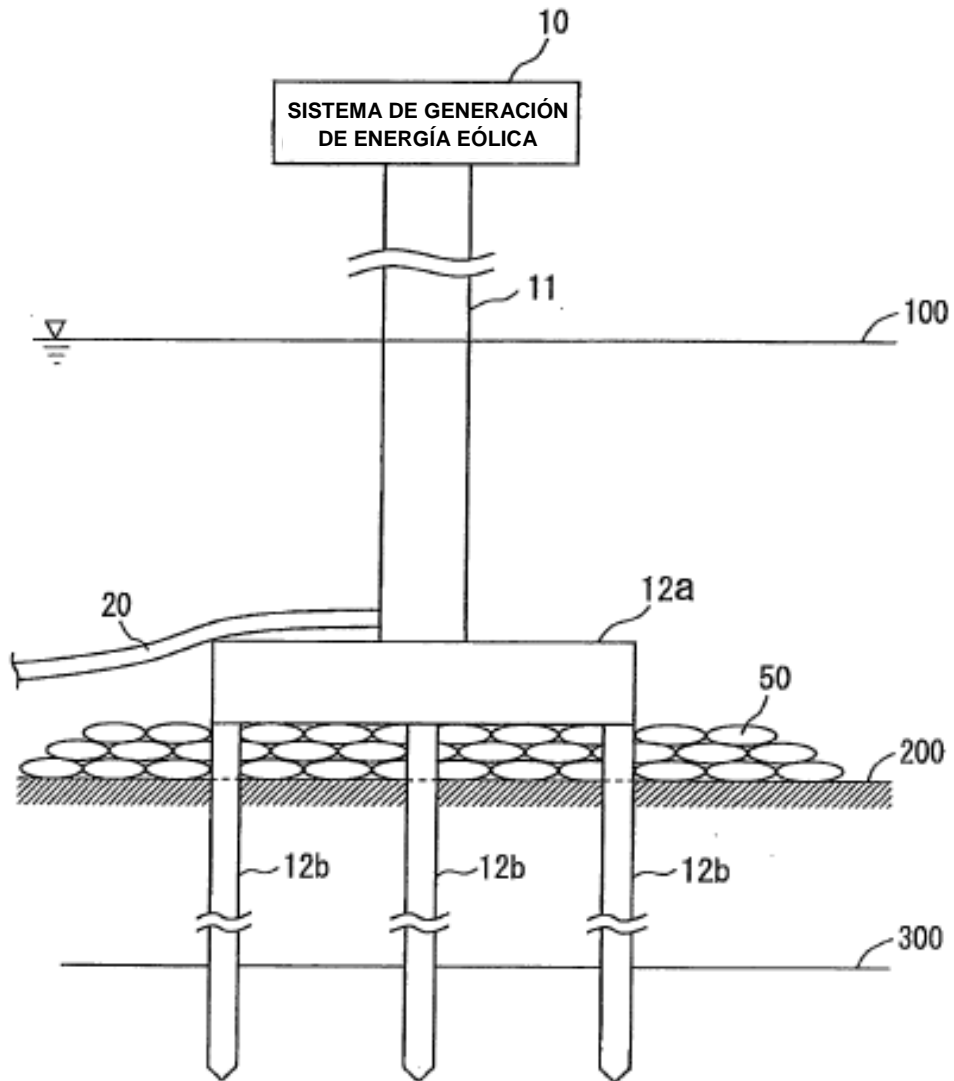


FIG. 2A

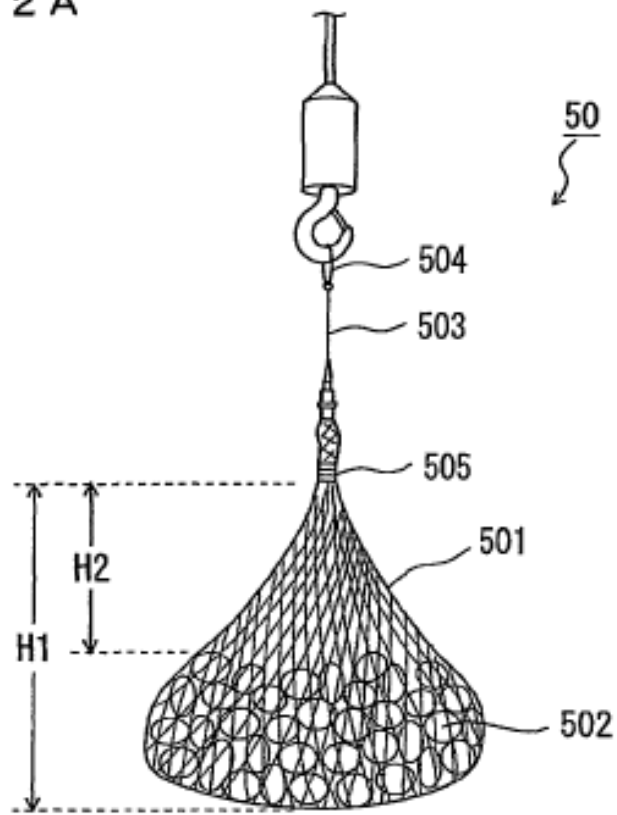


FIG. 2B

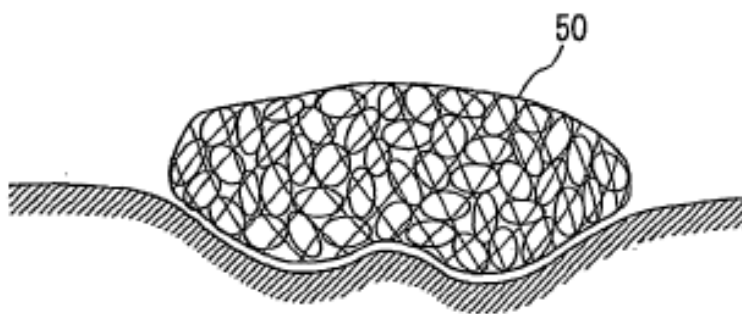




FIG. 3 A

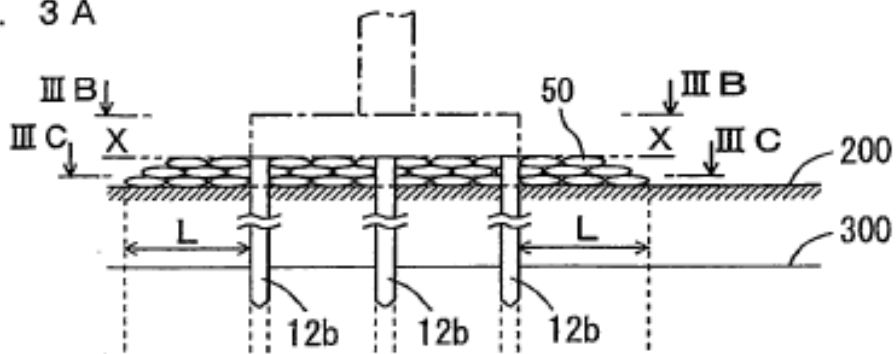


FIG. 3 B

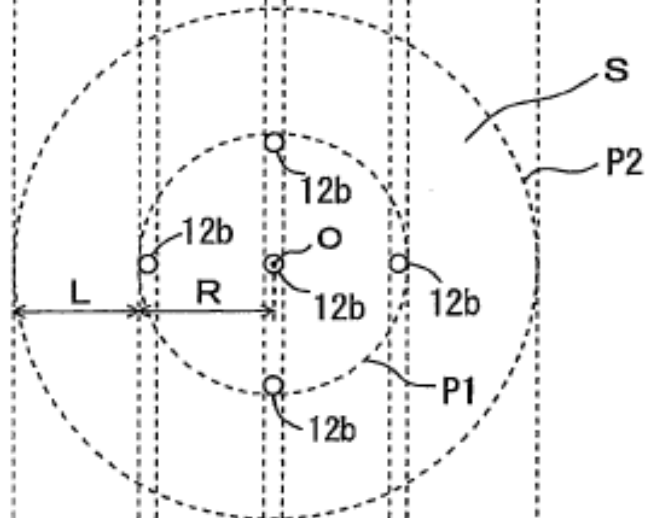


FIG. 3 C

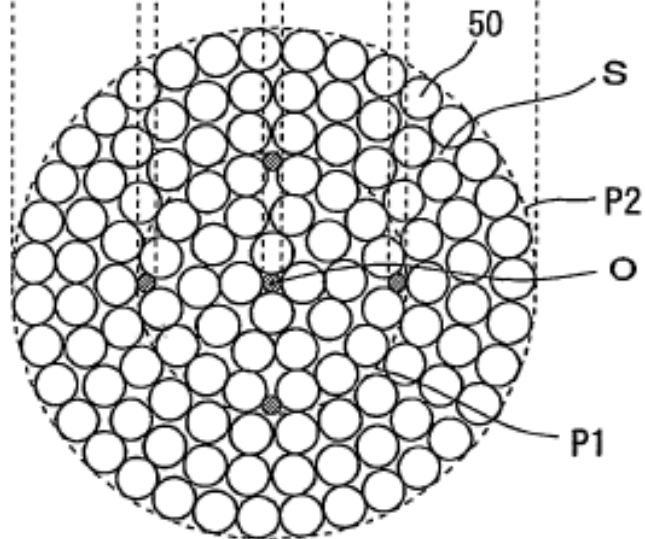


FIG. 4A

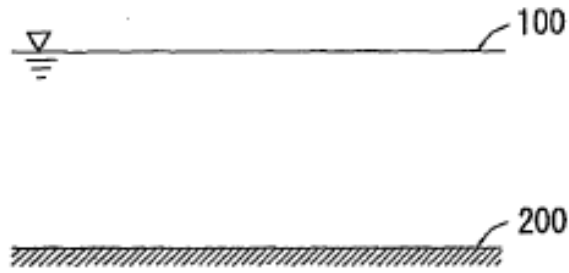


FIG. 4B

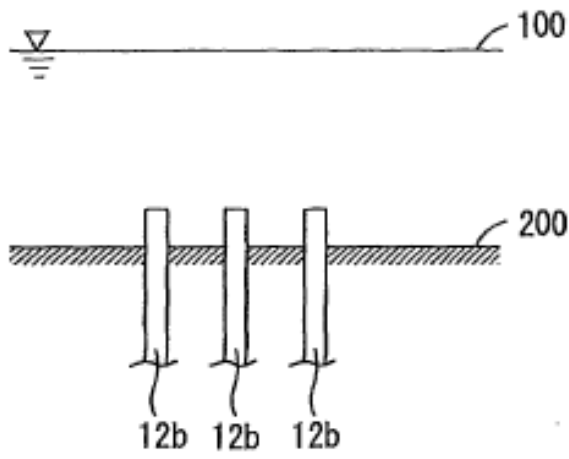


FIG. 4C

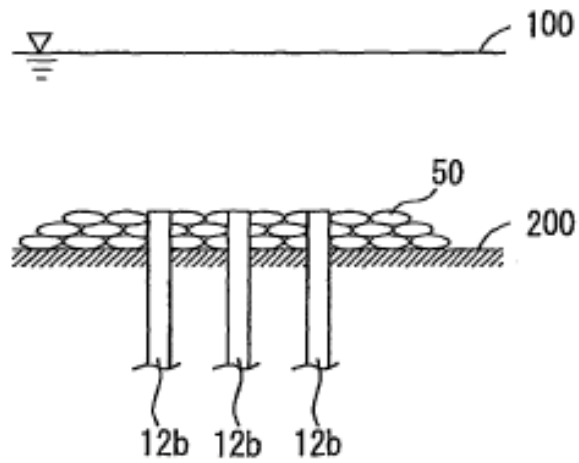


FIG. 4 D

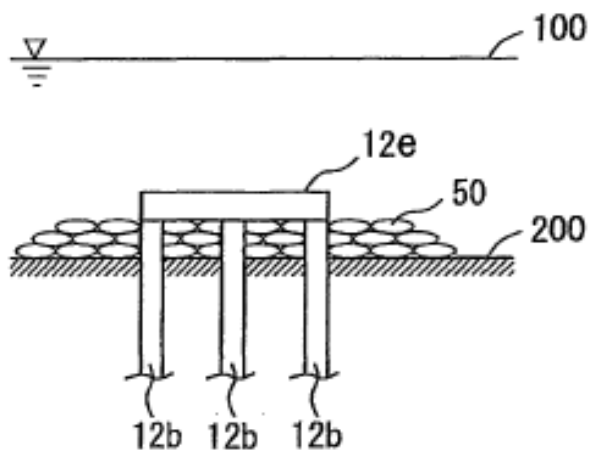


FIG. 4 E

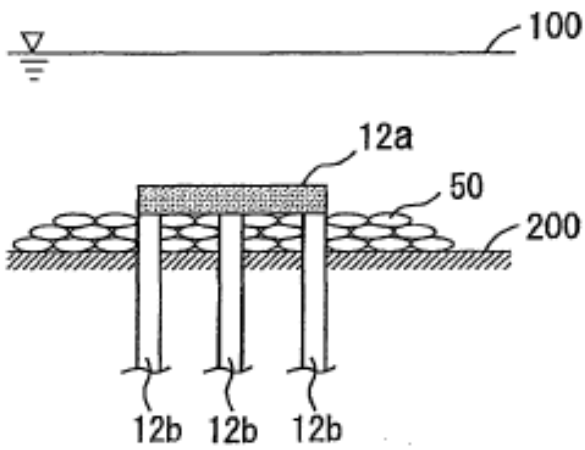


FIG. 4 F

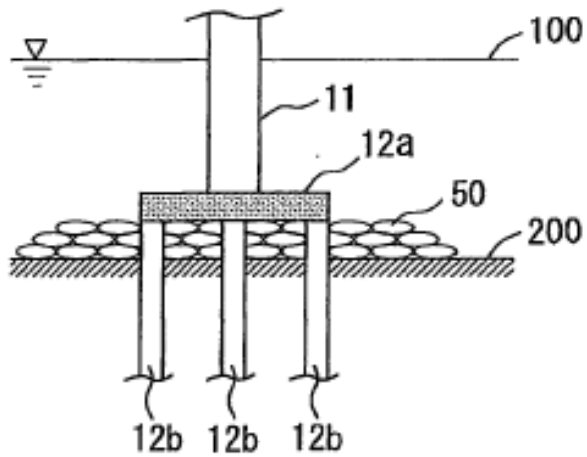


FIG. 5

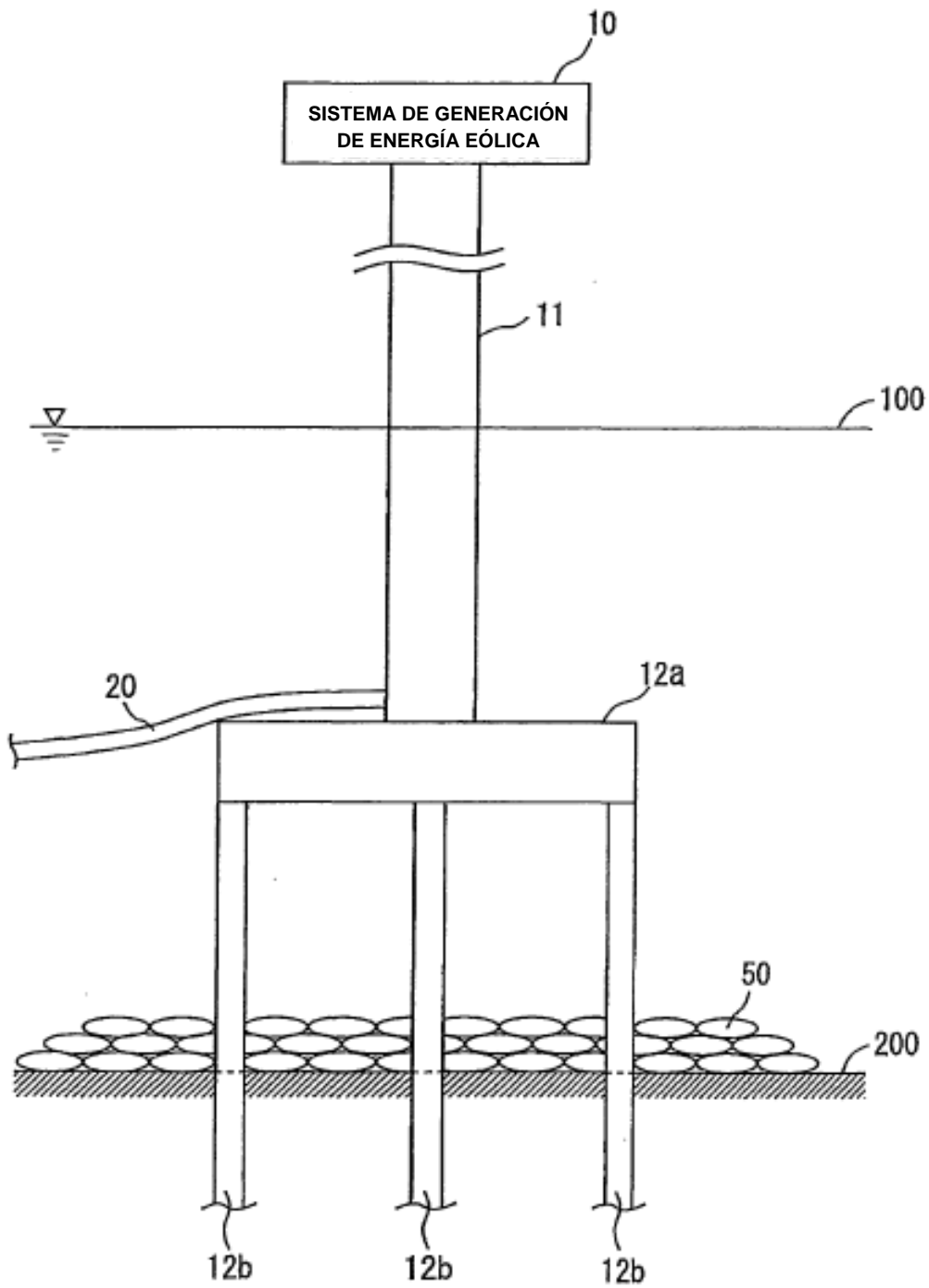


FIG. 6 A

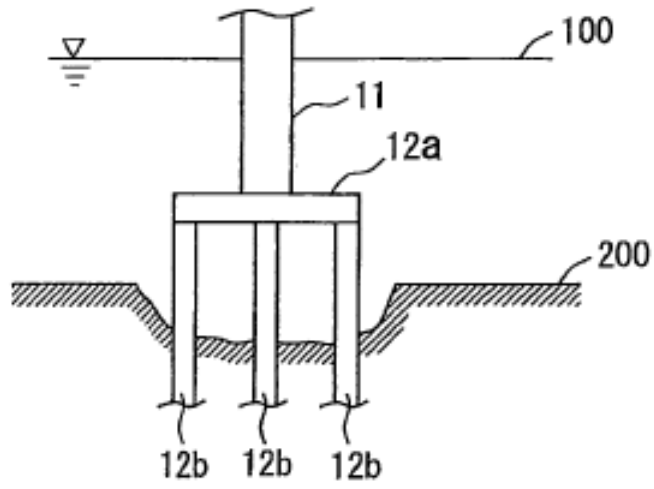


FIG. 6 B

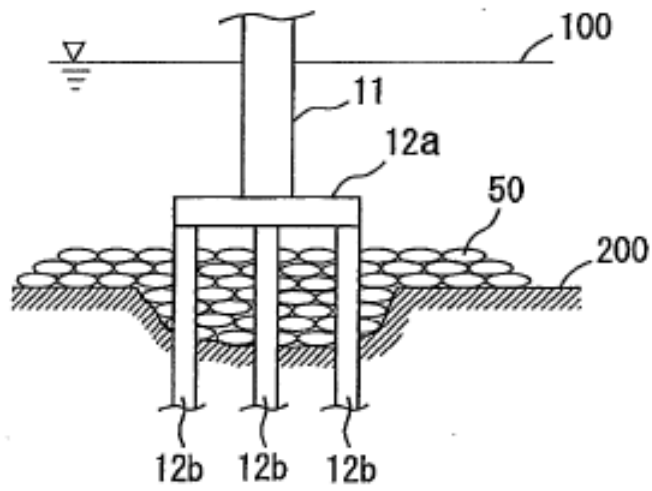


FIG. 7

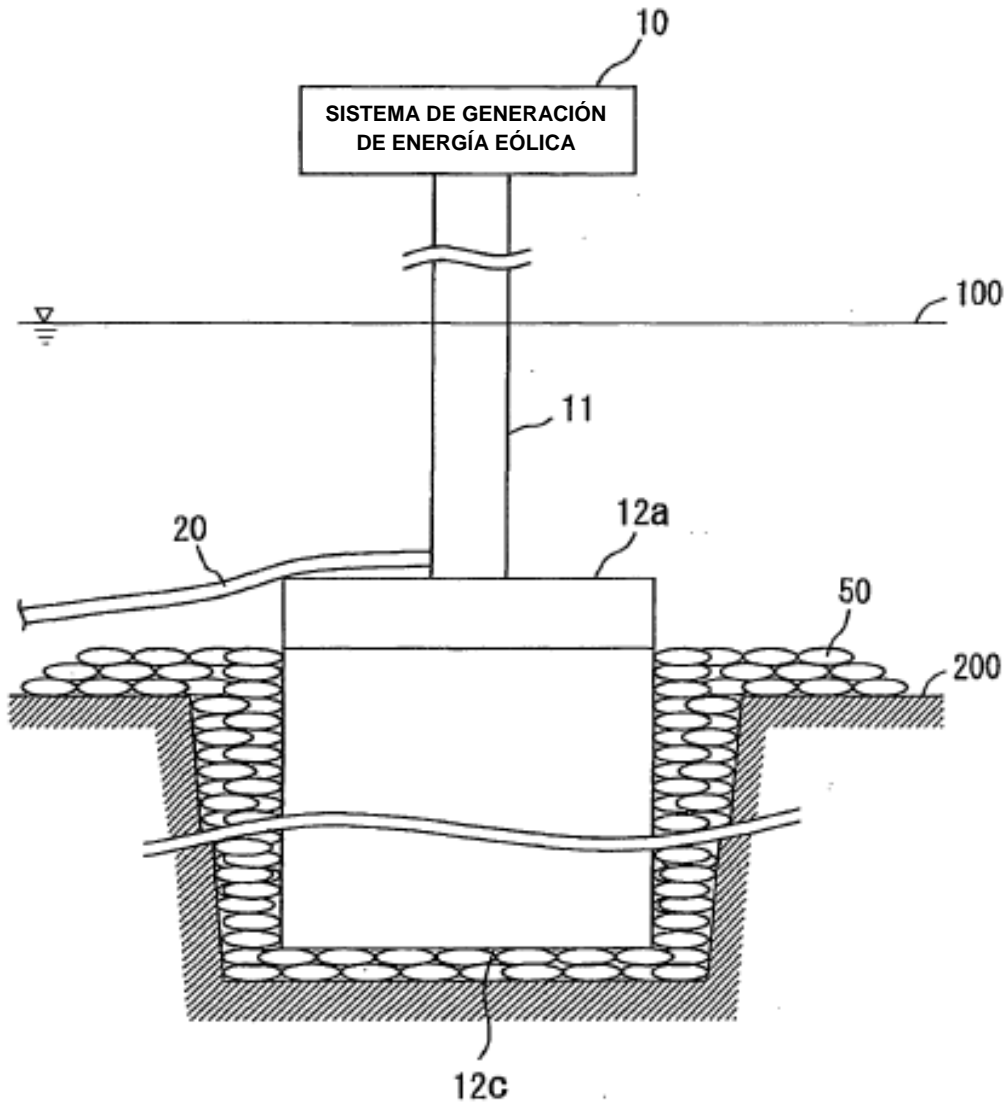


FIG. 8 A

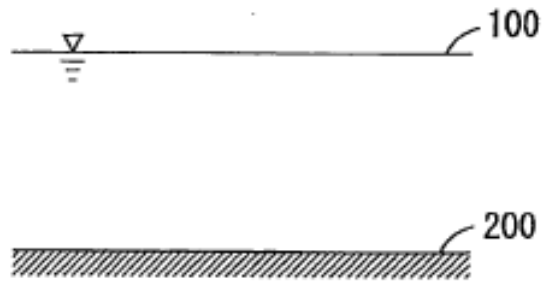


FIG. 8 B

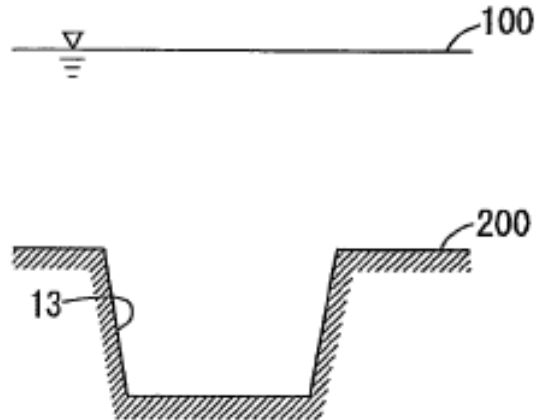


FIG. 8 C

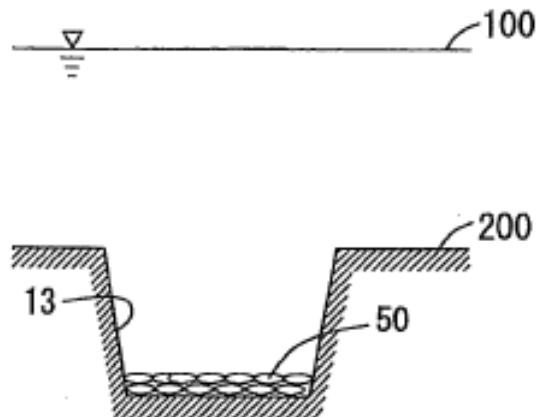


FIG. 8 D

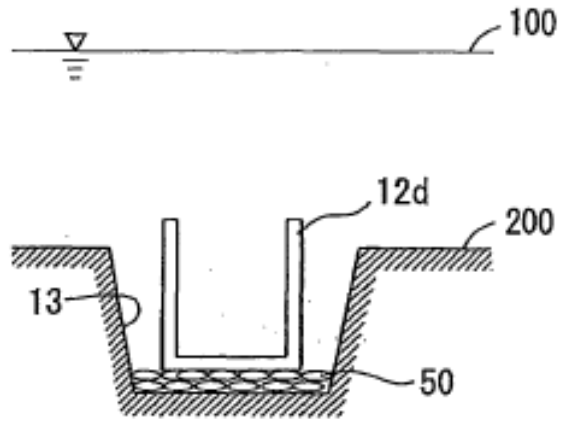


FIG. 8 E

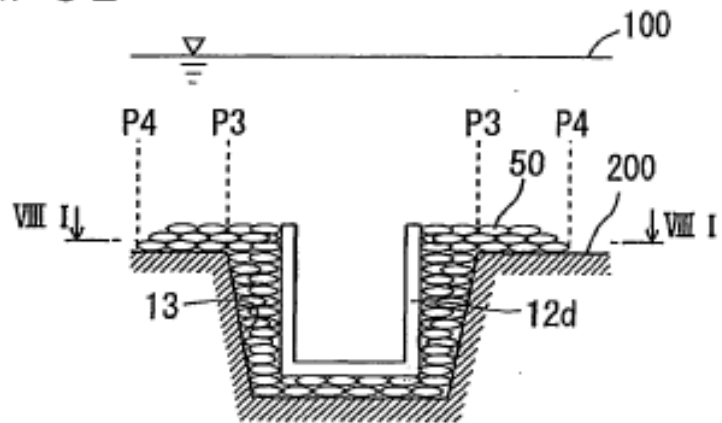


FIG. 8 F

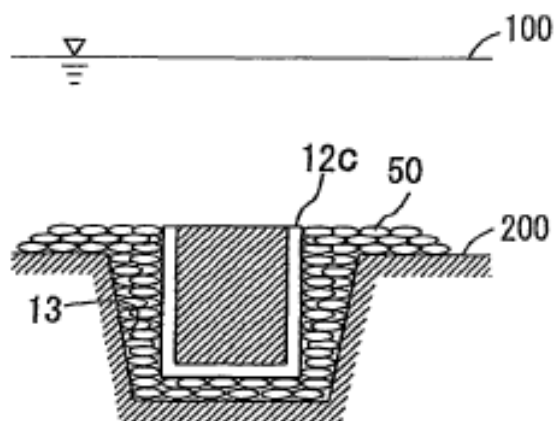




FIG. 8G

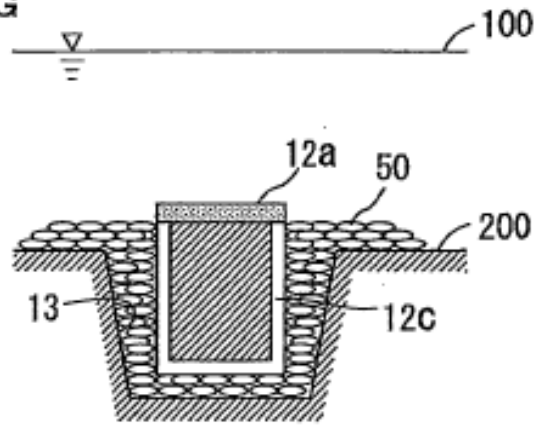


FIG. 8H

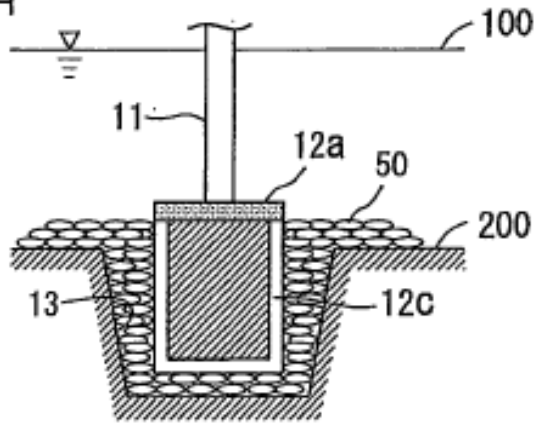


FIG. 8I

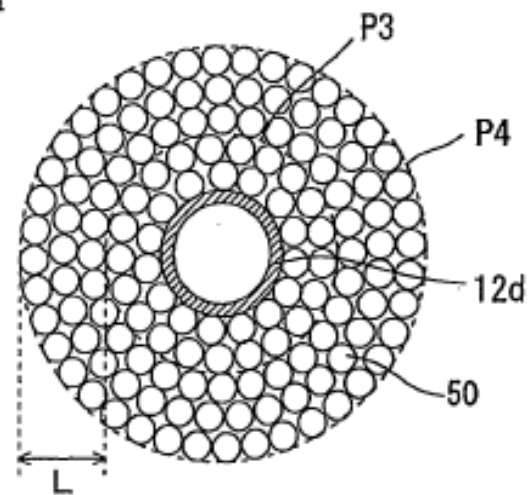


FIG. 8J

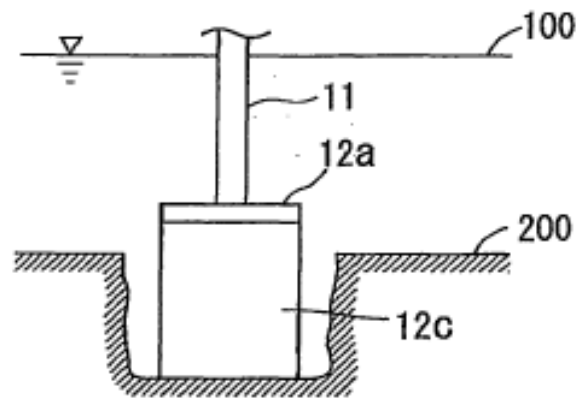


FIG. 8K

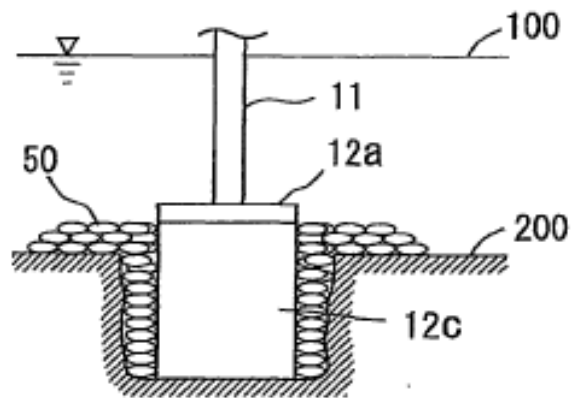


FIG. 9A

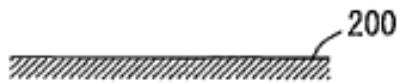


FIG. 9B



FIG. 9C

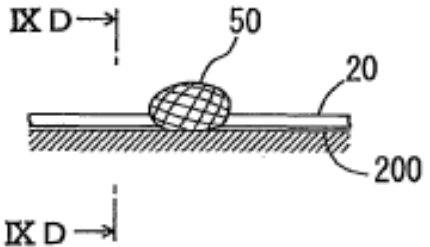


FIG. 9D

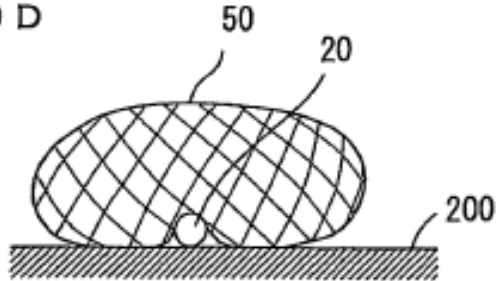


FIG. 10

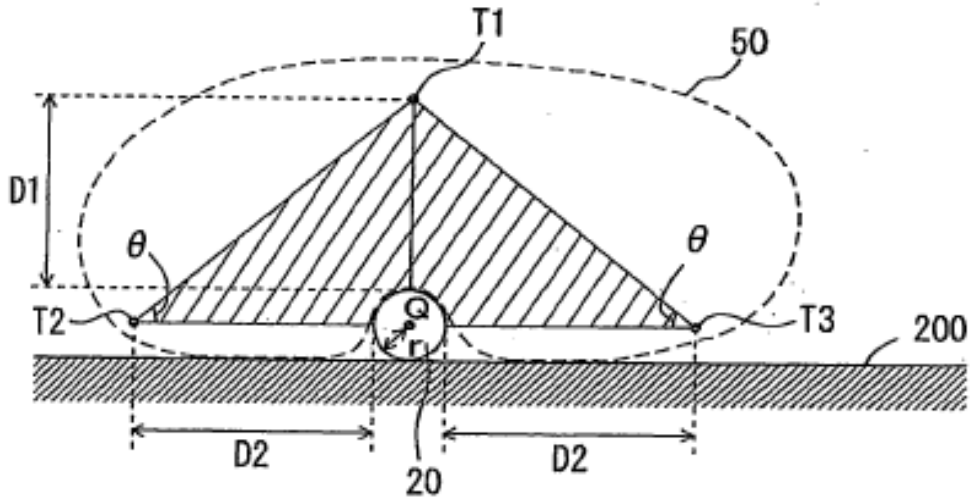


FIG. 11 A

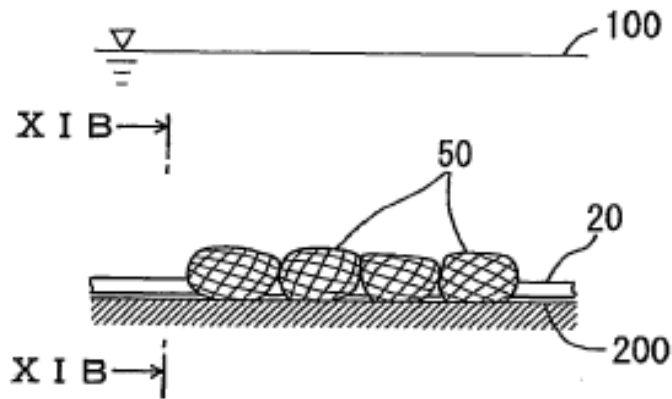


FIG. 11 B

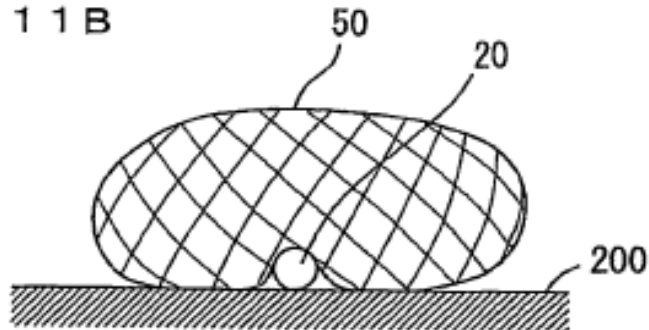


FIG. 12A

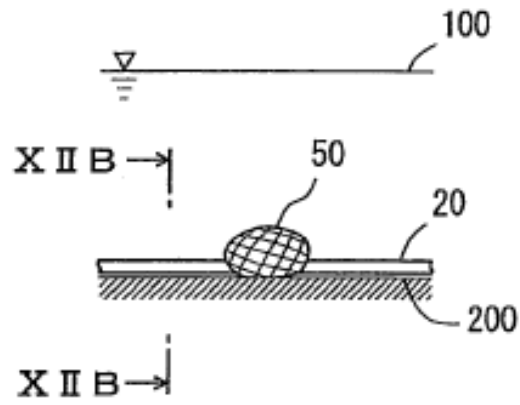


FIG. 12B

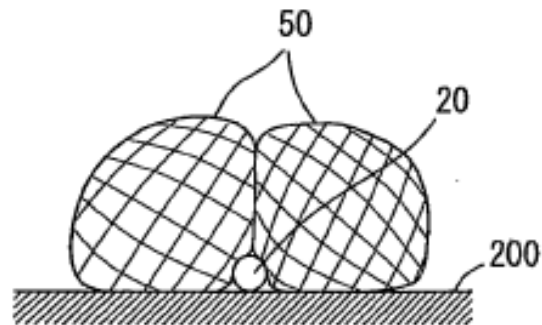


FIG. 13 A

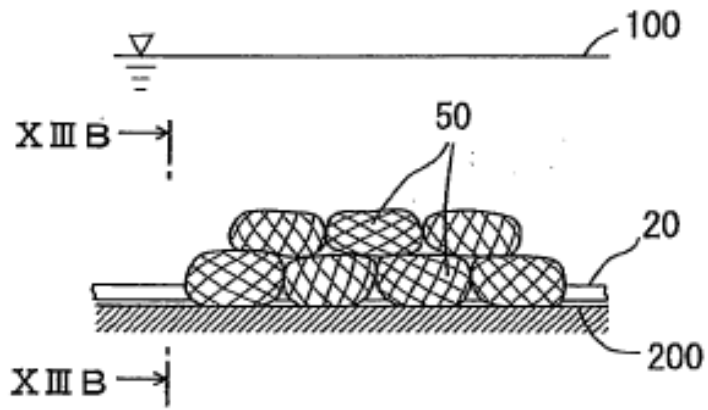


FIG. 13 B

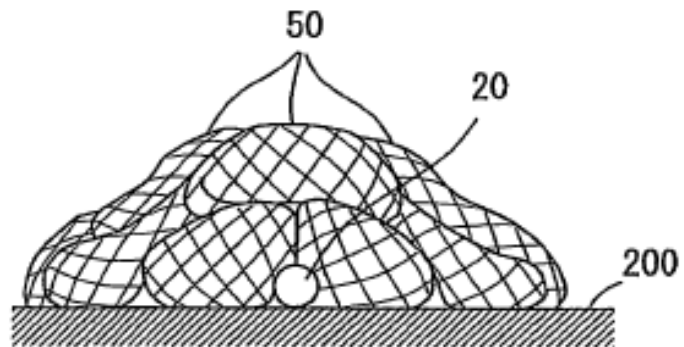


FIG. 14 A

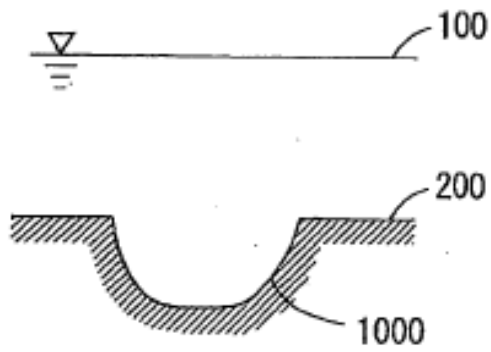


FIG. 14 B

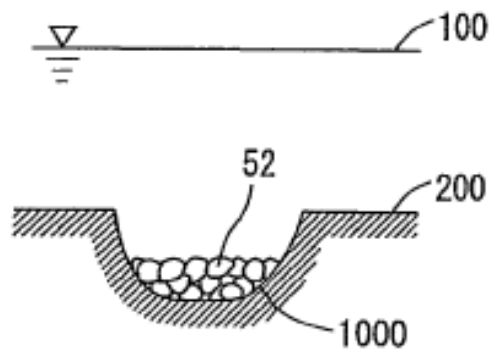


FIG. 14 C

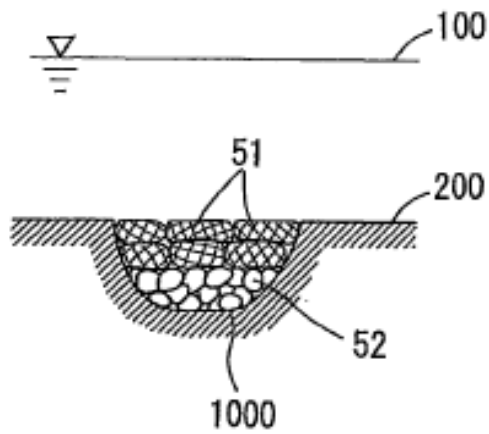


FIG. 15

