



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0904526-0 B1



(22) Data do Depósito: 27/11/2009

(45) Data de Concessão: 10/09/2019

(54) Título: SUPORTE SUBMARINO FIXO PARA RISERS E MÉTODO DE INSTALAÇÃO DO MESMO

(51) Int.Cl.: E21B 17/00; F16L 1/16.

(73) Titular(es): PETROLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS.

(72) Inventor(es): DANIEL SAITO; LETICIA ROSA DOS SANTOS; FELIPE DE ARAUJO CASTRO; CIPRIANO JOSÉ DE MEDEIROS JUNIOR; GLAUCO DE DEUS RIBEIRO.

(57) Resumo: SUPORTE SUBMARINO FIXO PARA RISERS E MÉTODO DE INSTALAÇÃO DO MESMO. Refere-se a presente invenção a um suporte submarino, destinado a apoiar risers de produção de petróleo principalmente em águas rasas, estando estes risers em operação ou não, de modo a gerar e manter a configuração Lazy S. A invenção em questão compreende basicamente uma estaca cilíndrica, cravada no solo marinho por sua extremidade inferior e uma viga suporte, constituída basicamente por uma barra horizontal e um posicionador.

SUPORTE SUBMARINO FIXO PARA RISERS E MÉTODO DE INSTALAÇÃO DO MESMO

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção encontra seu campo de aplicação dentre as
5 estruturas fixas submersas, mais particularmente dentre as estruturas fixas
submersas para suportar risers de produção de petróleo e injeção de gás
em poços produtores, bem como o seu método de instalação.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

A exploração e a produção de petróleo na atualidade ocorrem,
10 principalmente, no mar e em profundidades cada vez maiores. Devido a
esse fato, é comprovada a necessidade de se avançar no estudo de novas
tecnologias e na solução para sistemas marítimos de produção. Um dos
componentes fundamentais nesses sistemas é um conjunto de dutos,
rígidos ou flexíveis, denominados linha de coleta de produção.

15 Este conjunto de dutos, que constituem as linhas de coleta de
produção se subdivide basicamente em duas porções distintas, sendo a
primeira porção, preponderantemente horizontal, constituída de dutos
flexíveis ou rígidos, que liga o poço de petróleo no solo marinho a um
ponto ainda no solo marinho, próximo à locação da plataforma, e é
20 conhecido pelo termo em inglês “flowline”.

A segunda porção é constituída por dutos preponderantemente
verticais, conectada à extremidade do trecho horizontal e que ascende do
solo marinho até o casco da plataforma, onde será acoplada. Esta porção
é conhecida pelo termo em inglês “riser”.

25 Normalmente usam-se dois tipos de risers: flexíveis ou rígidos.
Risers flexíveis são compostos por várias camadas metálicas e
poliméricas, cujo conjunto das camadas proporciona resistência e torna a
tubulação estanque, sem comprometer a sua flexibilidade. Os risers
flexíveis são empregados, principalmente, com sistemas flutuantes de
30 produção e completação submarina. Já os risers rígidos, como o próprio

nome diz, são fabricados em materiais que apresentam baixa flexibilidade.

O sistema de risers também deve atender a certos limites operacionais, tais como não sofrer grandes deslocamentos, ou atender a limites de resistência de material estabelecidos por suas normas de fabricação e operação.

Os sistemas de risers também podem ser classificados de acordo com a sua configuração, material e finalidade. As configurações de risers podem ser classificadas em vertical, catenária ou complexa (usando flutuadores).

Na configuração vertical aplica-se uma força de tração no topo do riser, com a finalidade de mantê-lo sempre tracionado, evitando a sua flambagem. Esta configuração demanda a utilização de plataformas com baixa resposta dinâmica.

A configuração em catenária é aquela cuja geometria do riser é definida segundo condições da estática, levando-se em consideração apenas o peso próprio do riser desprezando-se todos os demais efeitos externos. Esta é a mais simples e a mais barata configuração de riser. No entanto, caso exista qualquer efeito significativo de primeira ordem de movimento de onda na extremidade em contato com a plataforma, a intensidade da tensão é diretamente transferida ao riser, agravando o efeito de compressão da extremidade em contato com o solo marinho.

A configuração complexa deriva da configuração em catenária. Neste caso o riser assume uma geometria em forma de catenária dupla por meio da instalação de flutuadores ou bóias mantidas submersas com poitas.

Como exemplo de configurações complexas pode-se citar as configurações *Lazy S*, *Steep S*, *Lazy Wave*, *Steep Wave* e *Pliant Wave*, onde cada uma apresenta suas particularidades, suas vantagens e desvantagens. As configurações *Lazy S* e *Steep S* que utilizam flutuadores apresentam uma seção intermediária que passa por um arco dotado

desses flutuadores, onde o empuxo alivia o peso suportado pelo sistema flutuante e contribui com o momento restaurador quando se encontra sob forças que resultam em deslocamentos laterais. Nesta configuração *Lazy S*, existe um tensionador, que é um cabo de aço com a função de manter estável o arco com flutuadores. Já na configuração *Steep S*, o próprio peso do riser apoiado sobre os flutuadores exerce uma força sobre os mesmos, o que garante a estabilidade dos flutuadores.

As configurações *Lazy Wave* e *Steep Wave* apresentam o comportamento semelhante ao das configurações acima descritas, entretanto, nessas configurações, o arco é substituído por uma seção intermediária dotada de flutuadores distribuídos.

A *Pliant wave* consiste numa configuração *Lazy Wave* modificada, ela melhora o desempenho da configuração *Lazy Wave* principalmente pelo controle do raio de curvatura junto ao ponto de contato com o solo marinho, entretanto ainda é muito afetada pelas forças ambientais, como o movimento do mar, o que possibilita o deslocamento lateral e o choque entre as linhas de riser.

A configuração *Lazy S* é a melhor alternativa para esses casos por estar menos sujeita aos movimentos causados pelas forças ambientais do que as outras configurações acima apresentadas.

A patente **US 6.364.022** propõe uma configuração de riser híbrido que é dotado de pelo menos uma seção curva em forma de onda (wave) para garantir a flutuabilidade de um segmento do riser. Na referida patente, são usados alguns meios para obter a seção curva em forma de onda, inclusive a configuração *Lazy S*, onde a seção curva se apoia parcialmente em um arco dotado de flutuadores, que é ancorado no solo marinho por meio de uma poita.

O uso de arco dotado de flutuadores, ancorado no solo marinho, para obter a configuração *Lazy S* apresenta algumas limitações e desvantagens. Dentre elas pode-se citar o complexo projeto e o alto custo

dos arcos com flutuadores, as dificuldades de instalação e ancoramento, a possibilidade de movimentação lateral dos arcos devido ao movimento do mar. Ademais, cada arco instalado no solo marinho, tem capacidade para apoiar apenas uma pequena quantidade de risers, o que torna necessária a instalação de diversos arcos no solo marinho quando se tem uma quantidade significativa de risers.

A invenção descrita e reivindicada a seguir apresenta uma concepção mais simples e mais vantajosa em relação aos arcos dotados de flutuadores e às bóias convencionalmente usadas.

A mesma permite obter a configuração *Lazy S* para um riser flexível sem a necessidade de flutuadores e sem estar sujeita a deslocamentos laterais devidos aos movimentos do mar.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Refere-se a presente invenção a uma estrutura submersa fixa, destinada a apoiar risers de produção de petróleo, de modo a gerar e manter a configuração *Lazy S*, onde são diversas as vantagens em comparação com o estado da técnica, dentre as quais se podem destacar:

- simplicidade e baixo custo de construção e instalação;
- maior confiabilidade na operação;
- menor rigor e frequência nas inspeções submarinas, além de dispensarem o uso de embarcações dotadas de guindastes e bate estacas convencionais na instalação.

O suporte em questão é cravado no solo marinho e compreende basicamente os seguintes elementos:

- a. uma estaca, cilíndrica, que apresenta um furo parcial a partir de sua extremidade superior, sendo sua extremidade inferior cravada no solo marinho a uma profundidade que possibilite manter todo o suporte estável e fixado no solo marinho;
- b. uma viga suporte, constituída por uma barra horizontal e um posicionador, rigidamente unido, por uma de suas extremidades,

à barra horizontal, sendo o posicionador acoplado à estaca de modo a manter a viga suporte unida a todo o conjunto.

Também é descrito e reivindicado o método de instalação da invenção, que apresenta vantagens em comparação com o estado da técnica principalmente por sua economicidade.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

As características do suporte submarino fixo para risers, objeto da presente invenção serão mais bem percebidas a partir da descrição detalhada, associada às figuras abaixo referenciadas, que representam a concretização preferida para a presente invenção, na qual:

A FIGURA 1 apresenta uma perspectiva explodida do suporte submarino fixo para risers.

A FIGURA 2 representa esquematicamente a etapa do método de instalação na qual a estaca é apoiada em uma embarcação de serviço.

A FIGURA 3 representa esquematicamente a etapa do método de instalação na qual a estaca fica imersa na água do mar, presa por um cabo de aço, após descrever uma trajetória pendular.

A FIGURA 4 representa esquematicamente a etapa do método de instalação na qual a estaca é lançada para cravação no solo marinho.

A FIGURA 5 representa esquematicamente a estaca já cravada no solo marinho.

A FIGURA 6 representa esquematicamente a etapa do método de instalação na qual a viga suporte é descida e posicionada para ser acoplada à estaca.

A FIGURA 7 apresenta uma visão em perspectiva do suporte objeto desta invenção instalado no solo marinho.

A FIGURA 8 apresenta uma visão em perspectiva do suporte, objeto desta invenção, em operação.

AS FIGURAS 9A e 9B apresentam uma visão em perspectiva da estaca dotada de um lastro removível constituído por um cilindro metálico

maciço posicionado no interior do furo parcial da estaca.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Refere-se a presente invenção a um suporte submarino, destinado a apoiar risers de produção de petróleo, estando estes risers em operação ou não, de modo a gerar e manter a configuração *Lazy S*. A invenção é destinada principalmente para suportar risers de unidades flutuantes em lâminas d'água rasas.

São diversas as vantagens que esta invenção apresenta em comparação com o estado da técnica. Dentre estas vantagens pode-se destacar: simplicidade e baixo custo de construção e instalação; maior confiabilidade na operação; menor rigor e frequência nas inspeções submarinas, além de dispensarem o uso de embarcações dotadas de guindastes e bate estacas convencionais na instalação.

Outras vantagens podem ser associadas ao método de instalação da presente invenção, como por exemplo, sua economicidade, visto que o referido método faz uso da energia cinética resultante do lançamento do suporte submarino para fixá-lo no solo marinho.

A figura 1 apresenta uma perspectiva explodida da estrutura em questão, que será doravante denominada "suporte".

O suporte, que é destinado a ser cravado no solo marinho para garantir sua fixação, compreende basicamente os seguintes elementos:

- c. uma estaca (1), cilíndrica, que apresenta um furo parcial (14) a partir de sua extremidade superior (12), sendo sua extremidade inferior (13) cravada no solo marinho a uma profundidade que possibilite manter todo o suporte estável e fixado no solo marinho;
- d. uma viga suporte (2), constituída por uma barra horizontal (21) e um posicionador (22) rigidamente unido, por uma de suas extremidades, à barra horizontal (21), sendo o posicionador (22) acoplado à estaca (1) de modo a manter a viga suporte (2) unida

a todo o conjunto.

A barra horizontal (21) da viga suporte (2) pode ter seção circular, seção semicircular ou seção trapezoidal. O posicionador (22) pode ser um cilindro, maciço ou não, com diâmetro externo compatível com o diâmetro do furo parcial (14) de modo a se acoplar à estaca (1) por meio do furo parcial (14) atuando como um engate tipo macho, ou ser uma camisa cilíndrica com o diâmetro interno compatível com o diâmetro da estaca (1) e se acoplar à estaca (1) envolvendo sua extremidade, atuando como um engate tipo fêmea.

Tanto o engate tipo macho quanto o engate tipo fêmea podem se dar por meio de ajuste com interferência ou com folga. No caso de se usar um ajuste com folga, torna-se necessário o uso de um meio de fixação, que pode ser, por exemplo, um pino (não representado nas figuras) inserido radialmente no acoplamento entre o posicionador (22) e a estaca (1).

As figuras 2, 3, 4, 5, 6 e 7 representam esquematicamente o método de instalação do suporte definido acima. O referido método faz uso de pelo menos uma balsa de serviço e uma embarcação de apoio e compreende as seguintes etapas:

- a. apoiar inicialmente, na balsa de serviço, a estaca (1), com sua extremidade superior (12) ligada à embarcação de apoio por meio de um cabo de aço (3) (Figura 2);
- b. puxar a estaca (1), por meio do cabo de aço (3), para fora da balsa de serviço de modo que a estaca (1) entre em contato com a água do mar descrevendo uma trajetória pendular (Figura 3);
- c. lançar a estaca (1) ao fundo do mar quando a mesma estiver na posição vertical, após cessar a trajetória pendular, de modo que a estaca (1) seja cravada no solo marinho com a energia cinética resultante de seu lançamento (Figuras 4 e 5);
- d. descer a viga suporte (2) e posicioná-la de modo que o posicio-

nador (22) fique concentricamente alinhado com a estaca (1) (Figura 6);

e. acoplar a viga suporte (2) à estaca (1) por meio do posicionador (22) (Figura 7).

5 A Figura 6 apresenta a etapa do método de instalação referente à descida da viga suporte (2) até o leito marinho. Esta descida pode ocorrer por meio de cabo de aço ou por qualquer outro meio conhecido da técnica.

10 Adicionalmente, nos casos em que a energia cinética resultante do lançamento da estaca (1) for insuficiente para atingir a profundidade desejada na cravação, pode-se usar uma estaca (1) provida de um lastro removível (15) para aumentar o peso e conseqüentemente a energia cinética, conforme ilustram as figuras 9A e 9B. Este lastro removível (15) pode ser um cilindro metálico maciço posicionado no interior do furo parcial (14) da estaca (3).

15 Quando se fizer necessária uma cravação adicional, o lastro removível (15) pode ainda ser usado como um bate estaca para auxiliar a cravação da estaca (3) no solo marinho. Neste caso, pode-se usar o movimento alternativo vertical gerado pelas ondas na superfície do mar ou um guincho da balsa de serviço.

20 A figura 8 apresenta uma visão em perspectiva do suporte instalado no solo marinho, operando de modo a apoiar os risers na configuração *Lazy S*.

25 A descrição que se fez até aqui do suporte submarino fixo para risers e método de instalação, objeto da presente invenção, deve ser considerada apenas como uma possível concretização, e quaisquer características particulares devem ser entendidas como algo que foi descrito para facilitar a compreensão. Desta forma, não podem ser consideradas limitantes da invenção, a qual está limitada apenas ao escopo das reivindicações que seguem.

REIVINDICAÇÕES

1- SUPORTE SUBMARINO FIXO PARA RISERS, CRAVADO NO SOLO MARINHO, caracterizado por compreender:

- 5 a. uma estaca (1), cilíndrica, que apresenta um furo parcial (14) a partir de sua extremidade superior (12), sendo sua extremidade inferior (13) cravada no solo marinho a uma profundidade que possibilite manter todo o suporte estável e fixado no solo marinho;
- 10 b. uma viga suporte (2), constituída por uma barra horizontal (21) e um posicionador (22) rigidamente unido, por uma de suas extremidades, à barra horizontal (21), sendo o posicionador (22) acoplado à estaca (1) de modo a manter a viga suporte (2) unida a todo o conjunto.
- 15 **2- SUPORTE**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a barra horizontal (21) ter seção circular.
- 3- SUPORTE**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a barra horizontal (21) ter seção semi-circular.
- 4- SUPORTE**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a barra horizontal (21) ter seção trapezoidal.
- 20 **5- SUPORTE**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o posicionador (22) ser um cilindro maciço com diâmetro externo compatível com o diâmetro do furo parcial (14) de modo a se acoplar à estaca (1) por meio do furo parcial (14) atuando como um engate tipo macho.
- 25 **6- SUPORTE**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o posicionador (22) ser uma camisa cilíndrica com o diâmetro interno compatível com o diâmetro da estaca (1) e se acoplar à estaca (1) envolvendo sua extremidade, atuando como um engate tipo fêmea.
- 30 **7- SUPORTE**, de acordo com a reivindicação 5 e 6, caracterizado por tanto o engate tipo macho quanto o engate tipo fêmea se darem por

meio de um ajuste com interferência.

8- SUPORTE, de acordo com a reivindicação 5 e 6, caracterizado por tanto o engate tipo macho quanto o engate tipo fêmea se darem por meio de um ajuste com folga e fazerem o uso de um meio de fixação.

5 **9- SUPORTE**, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por o meio de fixação ser um pino inserido radialmente no acoplamento entre o posicionador (22) e a estaca (1).

10 **10- MÉTODO DE INSTALAÇÃO DO SUPORTE** definido na reivindicação 1, que faz uso de pelo menos uma balsa de serviço e uma embarcação de apoio caracterizado por compreender as seguintes etapas:

- a. apoiar inicialmente, na balsa de serviço, a estaca (1), com sua extremidade superior (12) ligada à embarcação de apoio por meio de um cabo de aço (3);
- 15 b. puxar a estaca (1), por meio do cabo de aço, para fora da balsa de serviço de modo que a estaca (1) entre em contato com a água do mar descrevendo uma trajetória pendular;
- c. lançar a estaca (1) ao fundo do mar quando a mesma estiver na posição vertical, após cessar a trajetória pendular, de modo que a estaca (1) seja cravada no solo marinho com a energia cinética proveniente de seu lançamento;
- 20 d. descer a viga suporte (2) e posicioná-la de modo que o posicionador (22) fique concentricamente alinhado com a estaca (1);
- 25 e. acoplar a viga suporte (2) à estaca (1) por meio do posicionador (22).

11- MÉTODO, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por a descida da viga suporte até o leito marinho ocorrer por meio de cabo.

30 **12- MÉTODO**, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por a estaca (1) ser lançada ao fundo do mar provida de um lastro

removível (15), posicionado no interior do furo parcial (14) para aumentar o peso e atingir a profundidade desejada.

13- MÉTODO, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por o lastro removível (15) ser um cilindro metálico maciço.

5 **14- MÉTODO**, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por o lastro removível (15) ser utilizado como bate estaca para auxiliar a cravação da estaca (3) no solo marinho.

10 **15- MÉTODO**, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por o lastro removível (15), ao ser utilizado como bate estaca e fazer uso do movimento alternativo vertical gerado pelas ondas na superfície do mar.

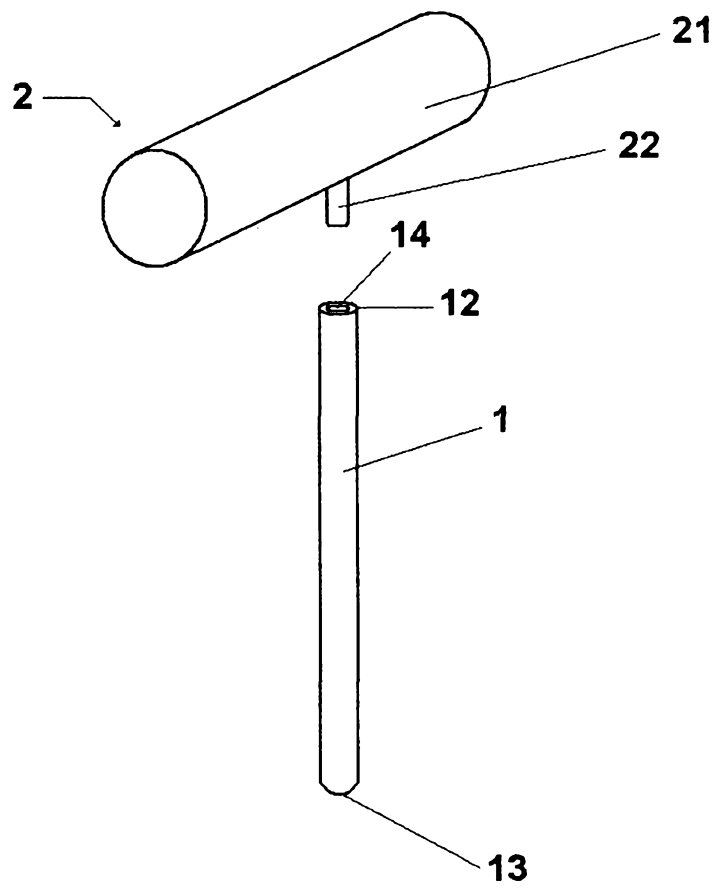


FIGURA 1

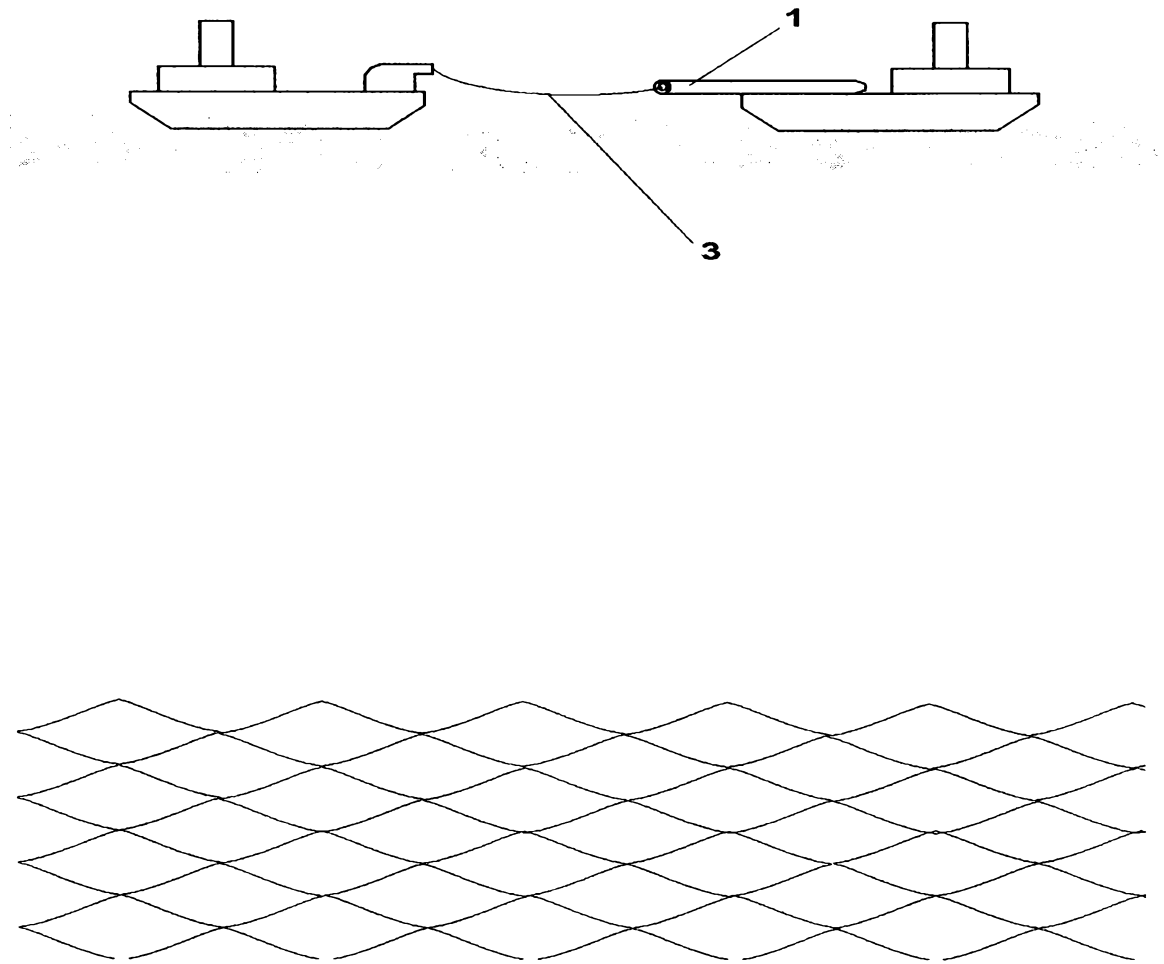


FIGURA 2

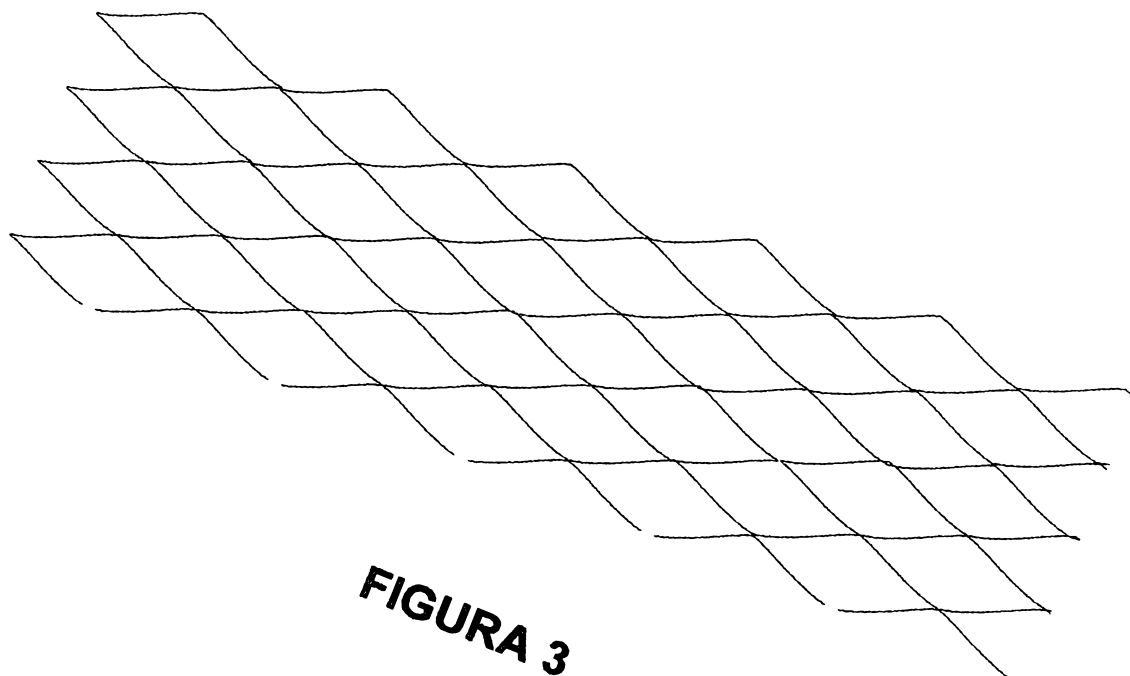
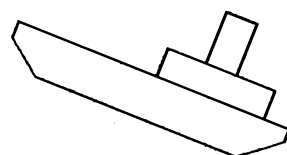
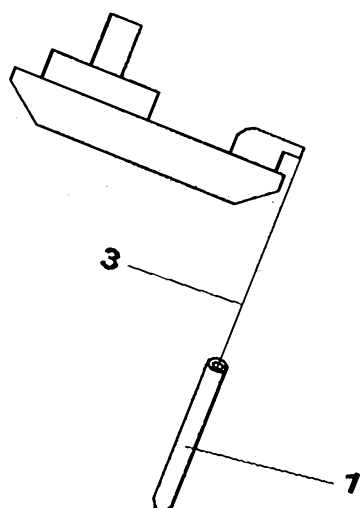
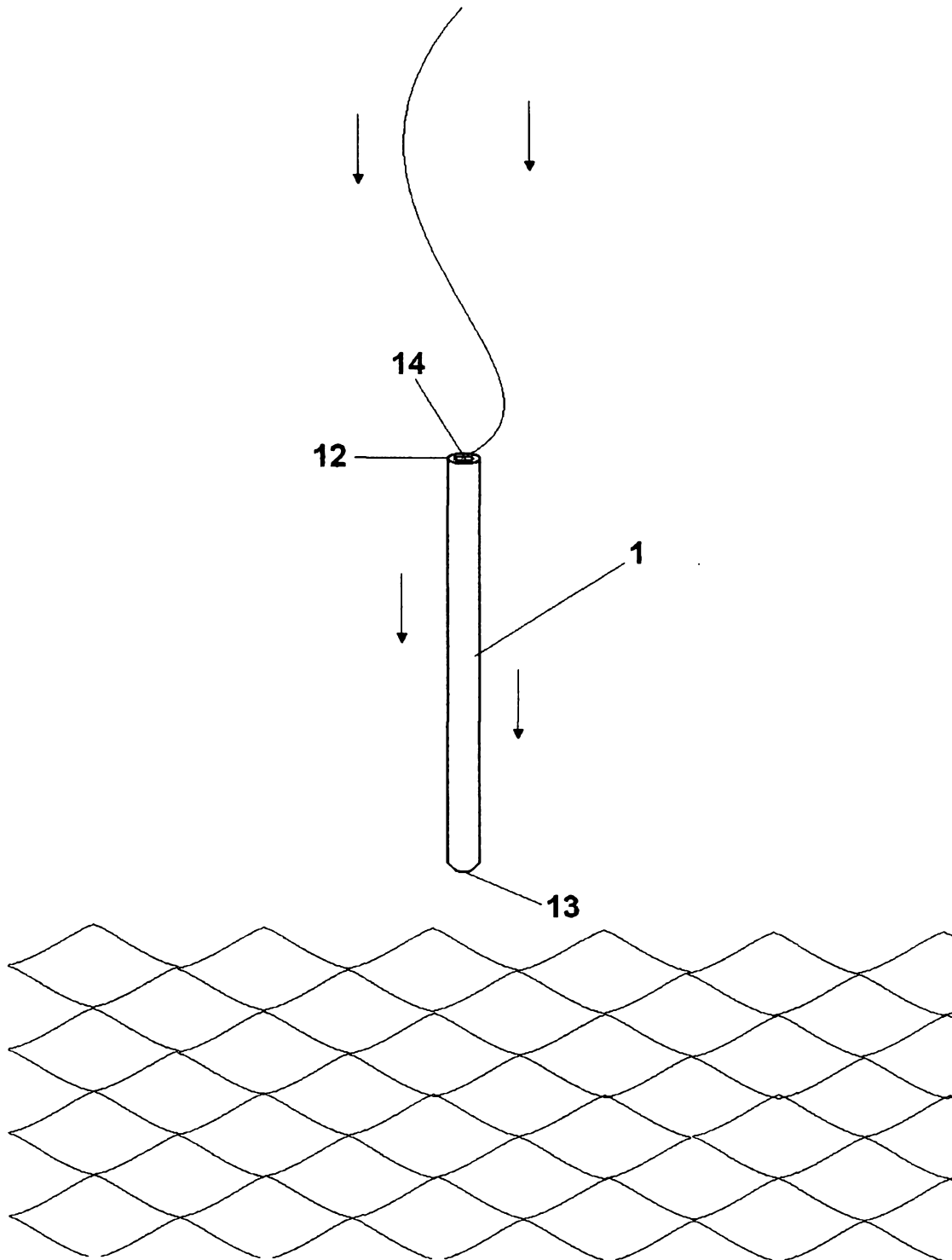


FIGURA 3

**FIGURA 4**

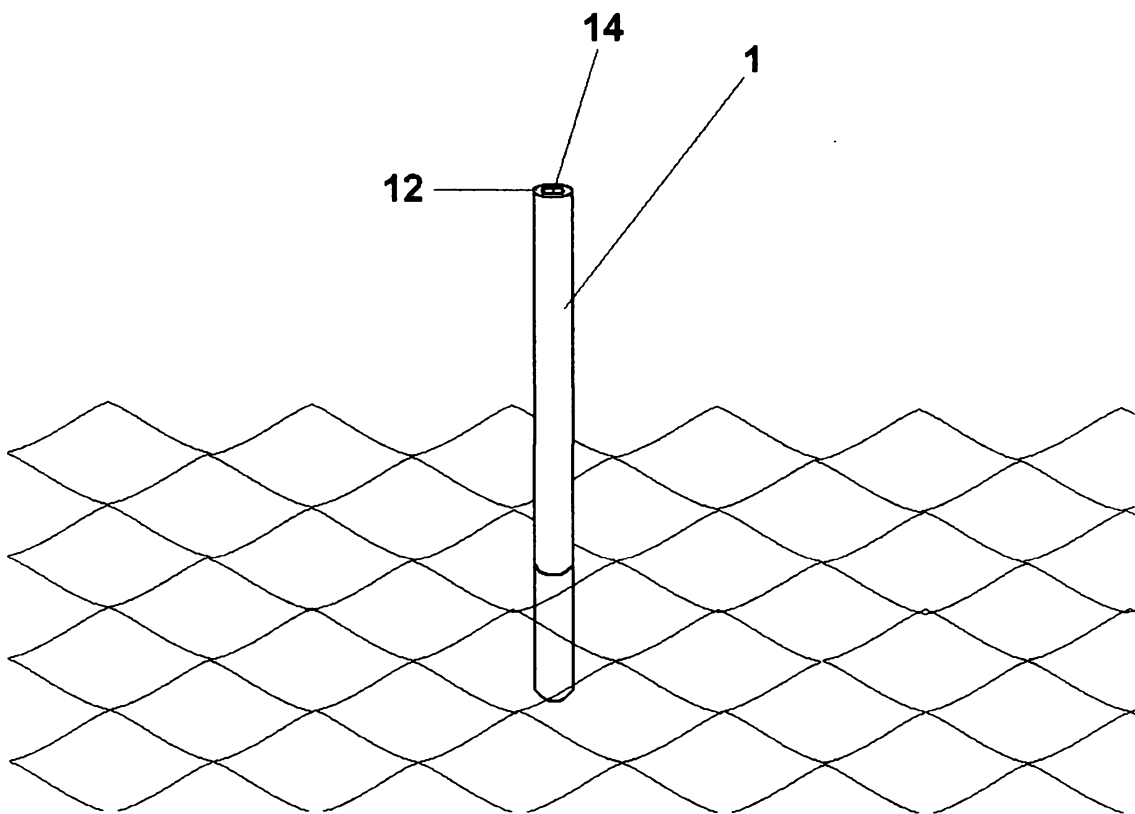


FIGURA 5

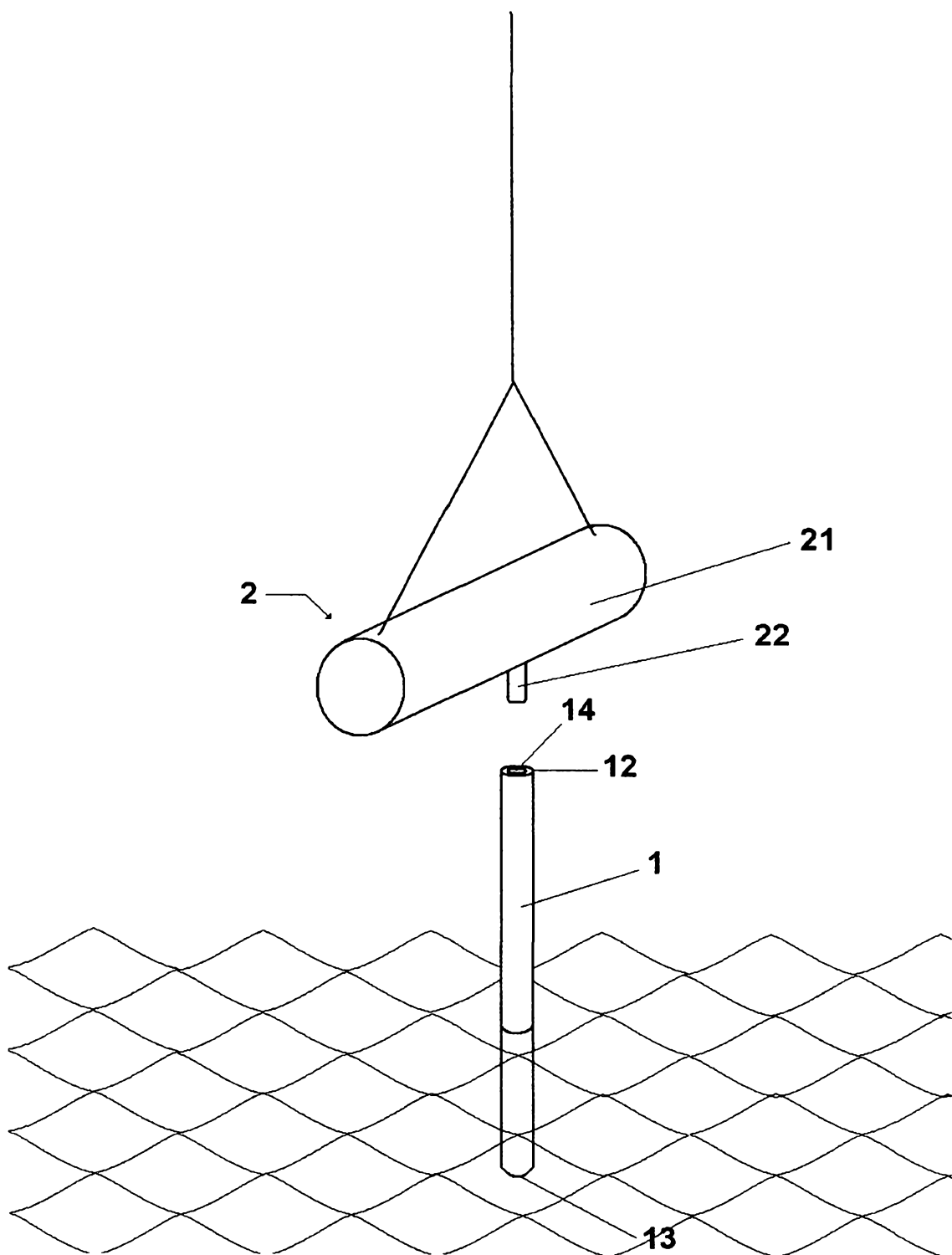
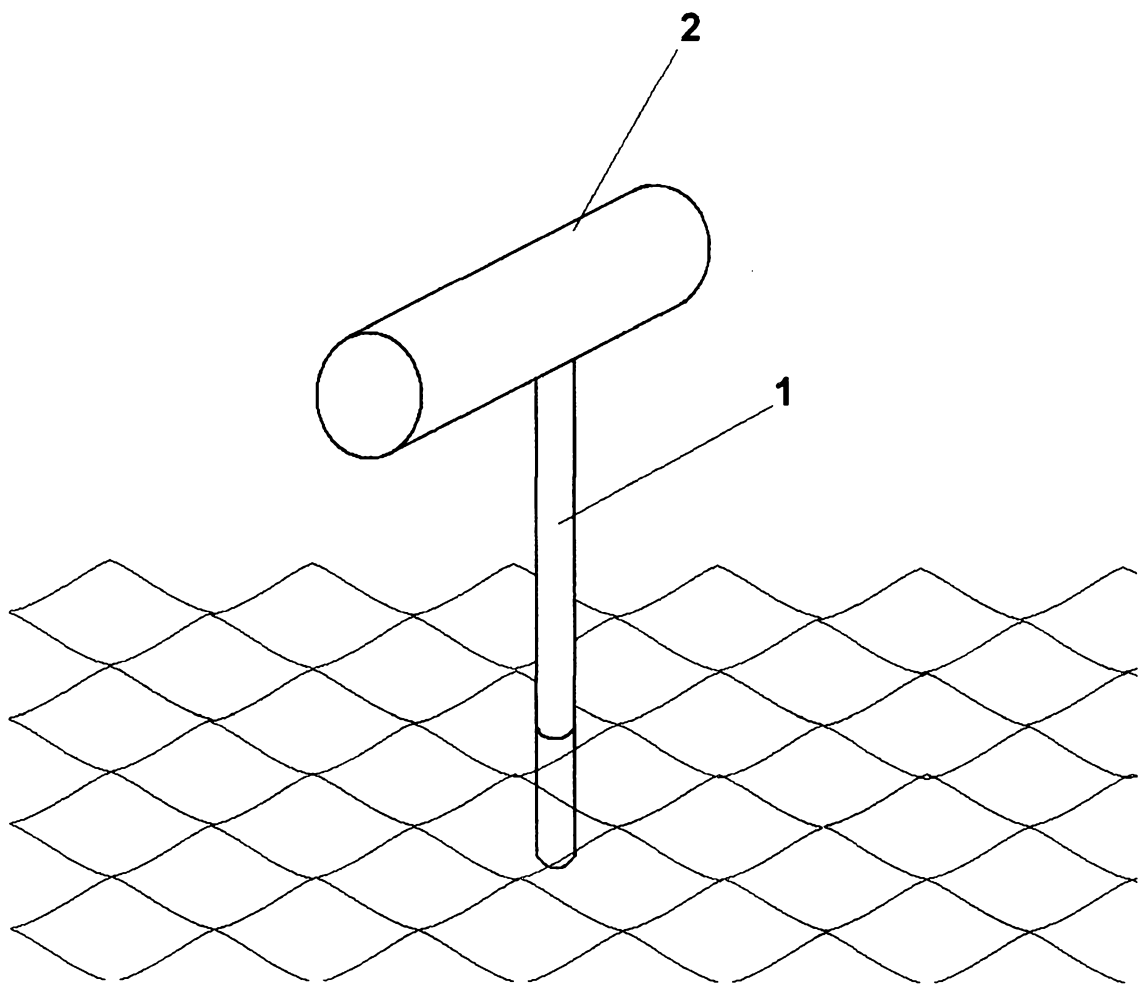
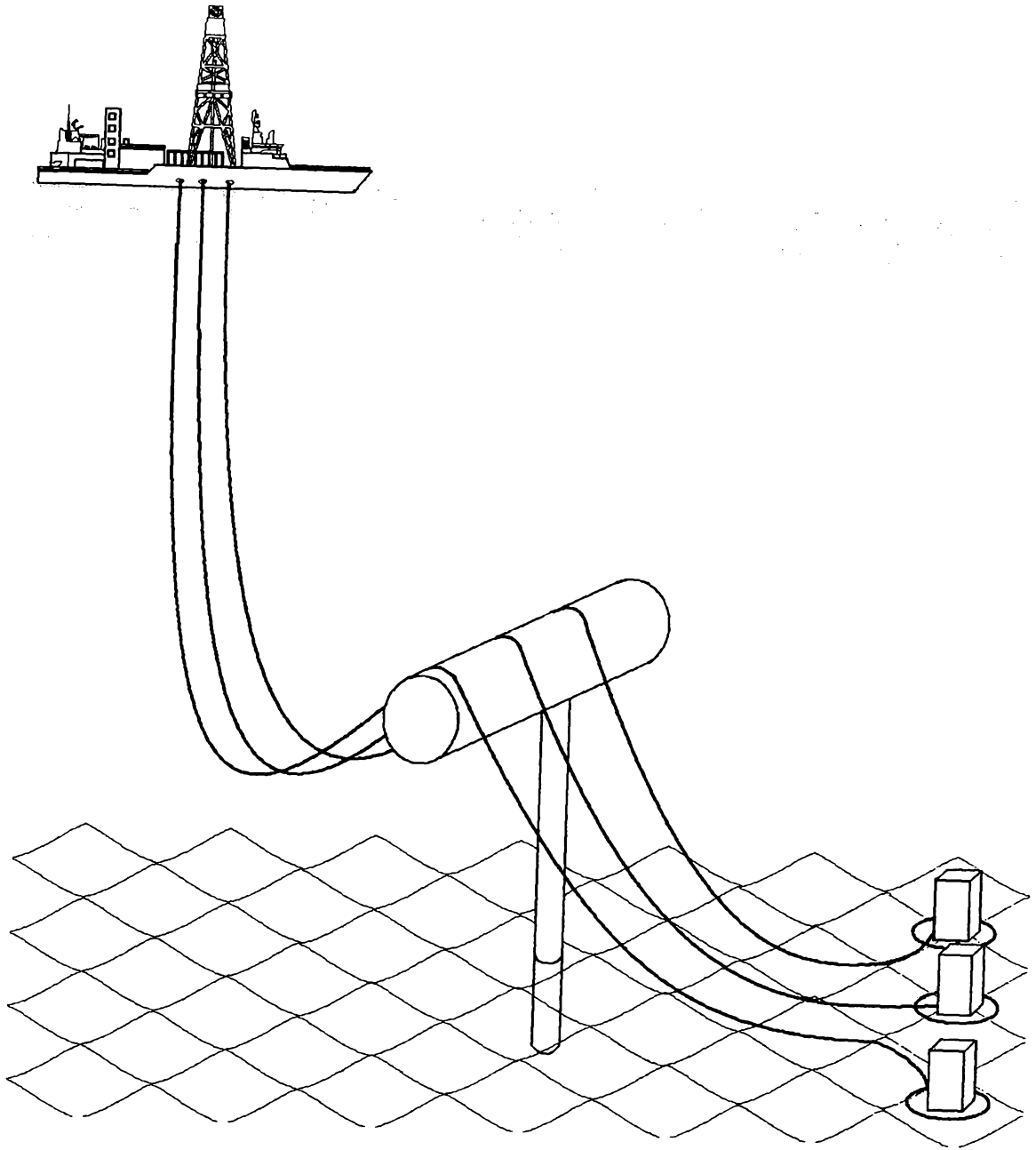
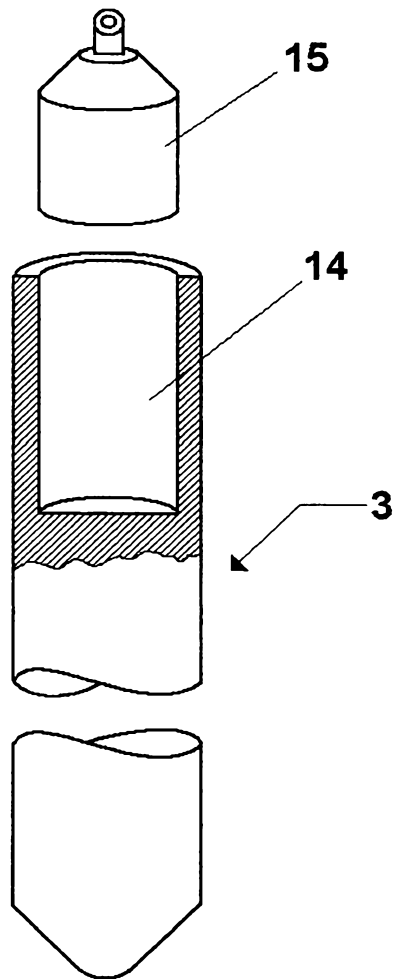
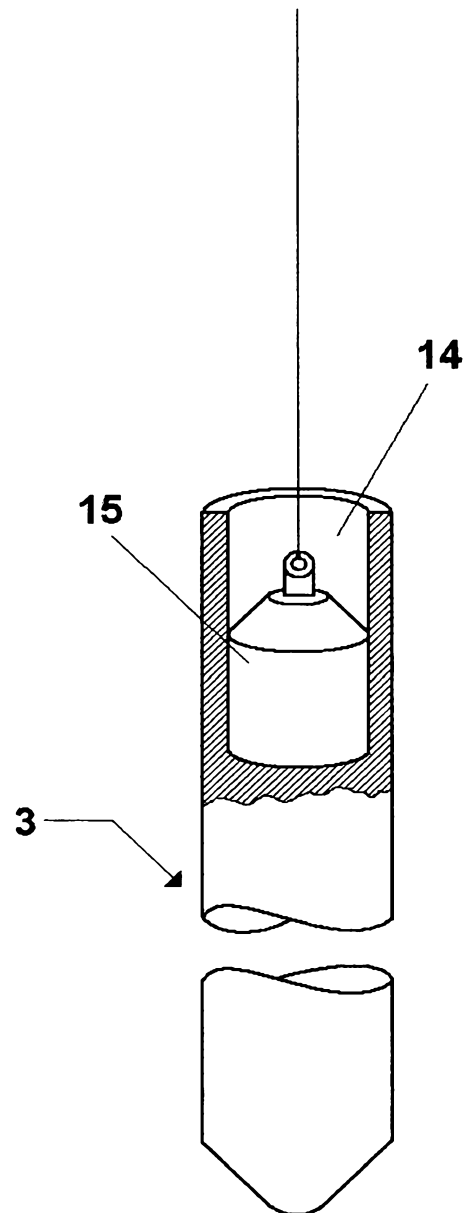


FIGURA 6

**FIGURA 7**

**FIGURA 8**

**FIGURA 9A****FIGURA 9B**