



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

(11) PI 0904371-3 B1



(22) Data do Depósito: 09/10/2009

(45) Data de Concessão: 05/05/2020

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

(51) Int.Cl.: F16L 3/00; F16L 1/14.

(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 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DO MESMO. 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. A invenção em questão compreende uma base estrutural; pelo menos uma estaca para cravamento no solo marinho e fixação da estrutura; uma viga suporte sobre a qual são apoiados os risers. Também é descrito e reivindicado o método de montagem e instalação da invenção.

SUPORTE SUBMARINO FIXO PARA RISERS E MÉTODO DE MONTAGEM E 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 montagem e 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
5 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
10 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
15 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 montagem e instalação; maior confiabilidade na operação; menor rigor e frequência nas inspeções submarinas, além de vantagens associadas ao método de montagem e
20 instalação, como por exemplo, sua economicidade.

A estrutura em questão é apoiada no solo marinho e compreende basicamente os seguintes elementos:

- a. Uma base estrutural constituída de pelo menos uma guia, que é um tubo que se estende por toda a altura da base, e uma
25 pluralidade de barras de sustentação rigidamente unidas entre si e à guia, de modo a manter a base apoiada de maneira estável e na posição vertical;
- b. Pelo menos uma estaca, cilíndrica, com diâmetro externo compatível com o diâmetro interno da guia e com comprimento
30 superior ao desta guia. Apresenta um furo parcial a partir de sua

extremidade superior e é posicionada concentricamente à guia, sendo sua extremidade inferior cravada no solo marinho, de modo a manter todo o suporte fixo;

- 5 c. Uma viga suporte, constituída por uma barra horizontal e pelo menos um posicionador, ortogonal à barra e rigidamente unido à mesma por uma de suas extremidades, sendo o posicionador encaixado na estaca de modo a manter a viga suporte solidária a todo o conjunto.

10 O suporte, objeto desta invenção, em uma de suas concretizações preferidas, é dotado de duas estacas cravadas no solo marinho. Como consequência, a base estrutural, que confere estabilidade ao suporte no fundo do mar, é dotada de duas guias, através das quais as estacas são orientadas para serem cravadas no solo marinho.

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

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

20 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 as concretizações preferidas para a presente invenção, nas quais:

A FIGURA 1 apresenta uma perspectiva do suporte submarino fixo para *risers* em uma concretização dotada de apenas uma estaca.

25 A FIGURA 2 apresenta uma perspectiva do suporte objeto desta invenção em uma concretização alternativa, dotada de duas estacas.

A FIGURA 3 apresenta uma perspectiva da base estrutural do suporte referente à concretização dotada de apenas uma estaca.

30 A FIGURA 4 apresenta uma visão em perspectiva da etapa do método de montagem e instalação do suporte objeto desta invenção na qual a estaca é descida, posicionada e alinhada com a guia da base estru-

tural, na concretização com apenas uma estaca.

A FIGURA 5 apresenta uma visão em perspectiva da etapa do método de montagem e instalação do suporte, referente à concretização dotada de apenas uma estaca, na qual uma viga suporte é descida,
5 posicionada e encaixada na estaca já cravada no solo marinho.

A FIGURA 6 apresenta uma visão em perspectiva da base estrutural do suporte referente à concretização dotada de duas estacas.

A FIGURA 7 apresenta uma visão em perspectiva da etapa do método de montagem e instalação do suporte objeto desta invenção na
10 qual uma primeira estaca é descida, posicionada na primeira guia da base estrutural, na concretização com duas estacas.

A FIGURA 8 apresenta uma visão em perspectiva da etapa do método de montagem e instalação do suporte objeto desta invenção na
qual uma segunda estaca é descida, posicionada na segunda guia da
15 base estrutural, na concretização com duas estacas.

A FIGURA 9 apresenta a visualização de um detalhe destacado na Figura 8 em escala aumentada.

A FIGURA 10 apresenta uma visão em perspectiva da etapa do método de montagem e instalação do suporte, referente à concretização
20 dotada de duas estacas, na qual uma viga suporte é descida, posicionada e encaixada nas estacas já cravadas no solo marinho.

A FIGURA 11 apresenta uma visão em perspectiva do suporte, objeto desta invenção, em operação.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

25 Refere-se a presente invenção a uma estrutura submersa fixa, destinada 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.

30 São diversas as vantagens que esta invenção apresenta em compa-

ração com o estado da técnica. Dentre estas vantagens pode-se destacar: simplicidade e baixo custo de construção montagem e instalação; maior confiabilidade na operação; menor rigor e frequência nas inspeções submarinas.

5 Outras vantagens podem ser associadas ao método de montagem e instalação da presente invenção, como por exemplo, sua economicidade, visto que o referido método faz uso de um movimento alternativo gerado pelas ondas do mar, dispensando, dessa forma, equipamentos convencionais para fixação submarina.

10 A estrutura em questão, doravante denominada "suporte", é apoiada no solo marinho e compreende basicamente os seguintes elementos:

- a. Uma base estrutural (2) constituída de pelo menos uma guia (21), que é um tubo que se estende por toda a altura da base (2), e uma pluralidade de barras de sustentação (22) rigidamente
15 unidas entre si e à guia (21), de modo a manter a base (2) apoiada de maneira estável e na posição vertical.
- b. Pelo menos uma estaca (3), cilíndrica, com diâmetro externo compatível com o diâmetro interno da guia (21) e com comprimento superior ao desta guia. Apresenta um furo parcial
20 (31) a partir de sua extremidade superior (32) e é posicionada concentricamente à guia (21), sendo sua extremidade inferior (33) cravada no solo marinho, de modo a manter todo o suporte fixo.
- c. Uma viga suporte (4), constituída por uma barra horizontal (41) e
25 pelo menos um posicionador (42), ortogonal à barra (41) e rigidamente unido à mesma por uma de suas extremidades, sendo o posicionador (42) acoplado à estaca (3) de modo a manter a viga suporte (4) unida a todo o conjunto.

30 A Figura 1 apresenta uma possível concretização para o suporte, objeto desta invenção. Nesta concretização, o suporte é dotado de apenas

uma estaca para fixá-lo no solo marinho. Como consequência, a base estrutural, que confere estabilidade ao suporte no fundo do mar, é dotada de apenas uma guia, através da qual a estaca é orientada para ser cravada no solo marinho, conforme ilustrado na Figura 3.

5 A Figura 4 apresenta uma visão em perspectiva da estaca (3) posicionada e alinhada com a guia (21). Para efeitos desta invenção, a compatibilidade entre o diâmetro externo da estaca (3) e o diâmetro interno da guia (21) pode representar um ajuste com interferência ou um ajuste com folga.

10 A Figura 5 apresenta a base estrutural (2) a estaca (3) e a viga (4), onde a viga (4) está posicionada e alinhada com a estaca (3). A barra horizontal (41) da viga (4) pode ter seção circular, ter seção semicircular ou ter seção trapezoidal, sendo as duas últimas não representadas nas figuras.

15 O posicionador (42) da viga (4) pode ser um cilindro maciço, com diâmetro externo compatível com o diâmetro do furo parcial (31) de modo a se acoplar à estaca (3) por meio do furo parcial (31) atuando como um engate tipo macho, ou pode ser uma camisa cilíndrica, com o diâmetro interno compatível com o diâmetro da estaca (3), com capacidade para se
20 acoplar à estaca (3) envolvendo sua extremidade, atuando como um engate tipo fêmea.

 A Figura 2 apresenta outra possível concretização para o suporte. Nesta concretização, o suporte é dotado de uma primeira e uma segunda estaca (3a) e (3b) para fixá-lo no solo marinho. Como consequência, a
25 base estrutural (2), que confere estabilidade ao suporte no fundo do mar, é dotada de uma primeira e uma segunda guia (21a) e (21b), através das quais as estacas (3a) e (3b) são orientadas para serem cravadas no solo marinho, conforme ilustrado na Figura 6.

 Nesta segunda concretização, seja qual for o ajuste usado entre as
30 guias (21a) e (21b) e as estacas (3a) e (3b), não é possível o giro da base

estrutural em consequência um movimento das águas no fundo do mar, pelo fato de a base estrutural (2) ser fixada em dois pontos distintos.

A Figura 10 apresenta a base estrutural (2), as estacas (3a) e (3b) e a viga (4), onde a viga (4) está posicionada e alinhada com as estacas (3a) e (3b). Da mesma maneira que na primeira concretização, a barra horizontal (41) da viga (4) pode ter seção circular, ter seção semicircular e ou ter seção trapezoidal. Entretanto, nesta concretização, a viga (4) possui um primeiro e um segundo posicionador (42a) e (42b), que podem ser cilindros maciços com diâmetro externo compatível com o furo parcial de cada estaca (3a) (3b), atuando como engates tipo macho, ou podem ser camisas cilíndricas, com o diâmetro interno compatível com o diâmetro de cada estaca (3a) (3b), atuando como engates tipo fêmea.

As Figuras 3, 4 e 5 representam o método de montagem e instalação do suporte, referente à primeira concretização. Este método compreende as seguintes etapas:

- a. Descer a base estrutural (2) até o solo marinho e posicioná-la no local adequado previamente definido.
- b. Descer a estaca (3) e posicioná-la de maneira alinhada com a guia (21).
- c. Inserir a estaca (3) concentricamente no interior da guia (21) e cravá-la no solo marinho.
- d. Descer a viga suporte (4) e posicioná-la de modo que o posicionador (42) fique concentricamente alinhado com a estaca (3).
- e. Acoplar a viga suporte (4) à estaca (3) por meio do posicionador (42).

As Figuras 6, 7, 8, 9 e 10 representam o método de montagem e instalação do suporte, referente à segunda concretização. Este método compreende as seguintes etapas:

- a. Descer a base estrutural (2) até o solo marinho e posicioná-la no

local adequado previamente definido.

- b. Descer a primeira estaca (3a) e posicioná-la de maneira alinhada com a primeira guia (21a).
- c. Inserir a primeira estaca (3a) concentricamente no interior da primeira guia (21a) e cravá-la no solo marinho.
- d. Descer a segunda estaca (3b) e posicioná-la de maneira alinhada com a segunda guia (21b).
- e. Inserir a segunda estaca (3b) concentricamente no interior segunda da guia (21b) e cravá-la no solo marinho.
- f. Descer a viga suporte (4) e posicioná-la de modo que os posicionadores (42a) e (42b) fiquem concentricamente alinhados com as estacas (3a) e (3b) respectivamente.
- g. Acoplar a viga suporte (4) às estacas (3a) e (3b) por meio dos posicionadores (42a) e (42b).

A descida de todos os elementos até o leito marinho pode ocorrer por meio de cabo, que pode ser de aço ou de outro material.

Tanto na primeira quanto na segunda concretização, as estacas são inseridas no interior das guias e cravadas no solo marinho por meio de um bate-estaca (5), ligado a uma embarcação de serviço na superfície do mar, e que atua no interior do furo parcial de cada estaca, realizando um movimento alternativo vertical.

A Figura 9, representativa do detalhe 1, apresenta o bate estaca (5) atuando no interior do furo parcial de uma das estacas. Este bate-estaca (5) é ligado à embarcação de serviço por meio de um cabo, que pode ser de aço, ou de outro material, e o seu movimento alternativo vertical é gerado pelo movimento da embarcação de serviço em consequência das ondas na superfície do mar, o que confere ainda maior economicidade ao método de montagem e instalação.

A figura 11 apresenta uma visão em perspectiva do suporte montado e instalado no solo marinho, operando de modo a apoiar os risers

na configuração *Lazy S*.

- A descrição que se fez até aqui do suporte submarino fixo para risers e método de montagem e instalação, objeto da presente invenção, deve ser considerada apenas como uma possível concretização, e
- 5 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, apoiado no solo marinho, caracterizado por compreender:

- a. Uma base estrutural (2) constituída de pelo menos uma guia (21), que é um tubo que se estende por toda a altura da base (2), e uma pluralidade de barras de sustentação (22) rigidamente unidas entre si e à guia (21), de modo a manter a base (2) apoiada de maneira estável e na posição vertical;
- b. Pelo menos uma estaca (3), cilíndrica, com diâmetro externo compatível com o diâmetro interno da guia (21) e com comprimento superior ao desta guia; apresenta um furo parcial (31) a partir de sua extremidade superior (32) e é posicionada concentricamente à guia (21), sendo sua extremidade inferior (33) cravada no solo, de modo a manter todo o suporte fixado no leito marinho;
- c. Uma viga suporte (4), constituída por uma barra horizontal (41) e pelo menos um posicionador (42) rigidamente unido, por uma de suas extremidades, à barra horizontal (41), sendo o posicionador (42) acoplado à estaca (3) de modo a manter a viga suporte (4) unida a todo o conjunto.

2- Suporte, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a compatibilidade entre o diâmetro externo da estaca (3) e o diâmetro interno da guia (21) representar um ajuste com interferência.

3- Suporte, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a compatibilidade entre o diâmetro externo da estaca (3) e o diâmetro interno da guia (21) representar um ajuste com folga.

4- Suporte, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a barra horizontal (41) ter seção circular.

5- Suporte, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a barra horizontal (41) ter seção semicircular.

6- Suporte, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a barra horizontal (41) ter secção trapezoidal.

7- Suporte, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o posicionador (42) ser um cilindro maciço com diâmetro externo compatível com o diâmetro do furo parcial (31) de modo a se acoplar à estaca (3) por meio do furo parcial (31) atuando como um engate tipo macho.

8- Suporte, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o posicionador (42) ser uma camisa cilíndrica com o diâmetro interno compatível com o diâmetro da estaca (3) e se acoplar à estaca (3) envolvendo sua extremidade, atuando como um engate tipo fêmea.

9- MÉTODO DE MONTAGEM E INSTALAÇÃO DO SUPORTE, definido na reivindicação 1, caracterizado por compreender as seguintes etapas:

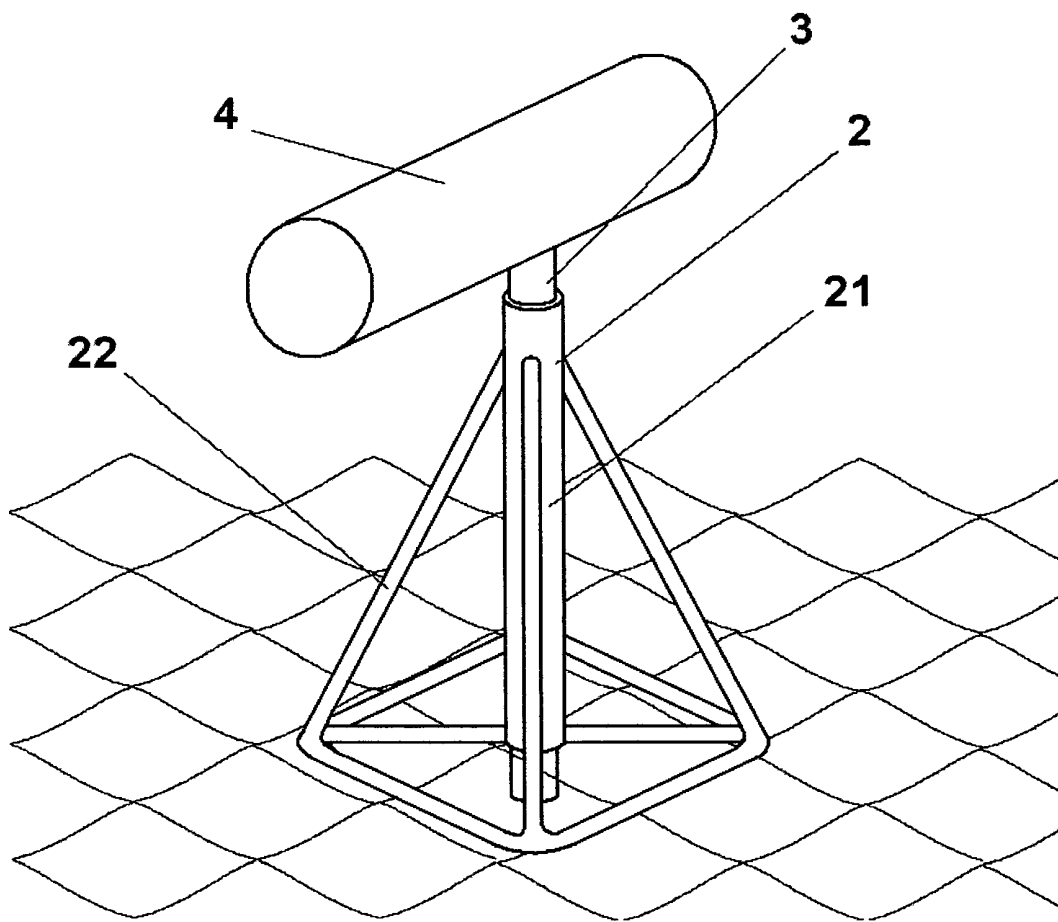
- a. Descer a base estrutural (2) até o leito marinho e posicioná-la no local adequado previamente definido.
- b. Descer a pelo menos uma estaca (3) e posicioná-la de maneira alinhada com a pelo menos uma guia (21).
- c. Inserir a pelo menos uma estaca (3) concentricamente no interior da guia (21) e cravá-la no solo marinho.
- d. Descer a viga suporte (4) e posicioná-la de modo que o posicionador (42) fique concentricamente alinhado com a estaca (3).
- e. Acoplar a viga suporte (4) à estaca (3) por meio do posicionador (42).

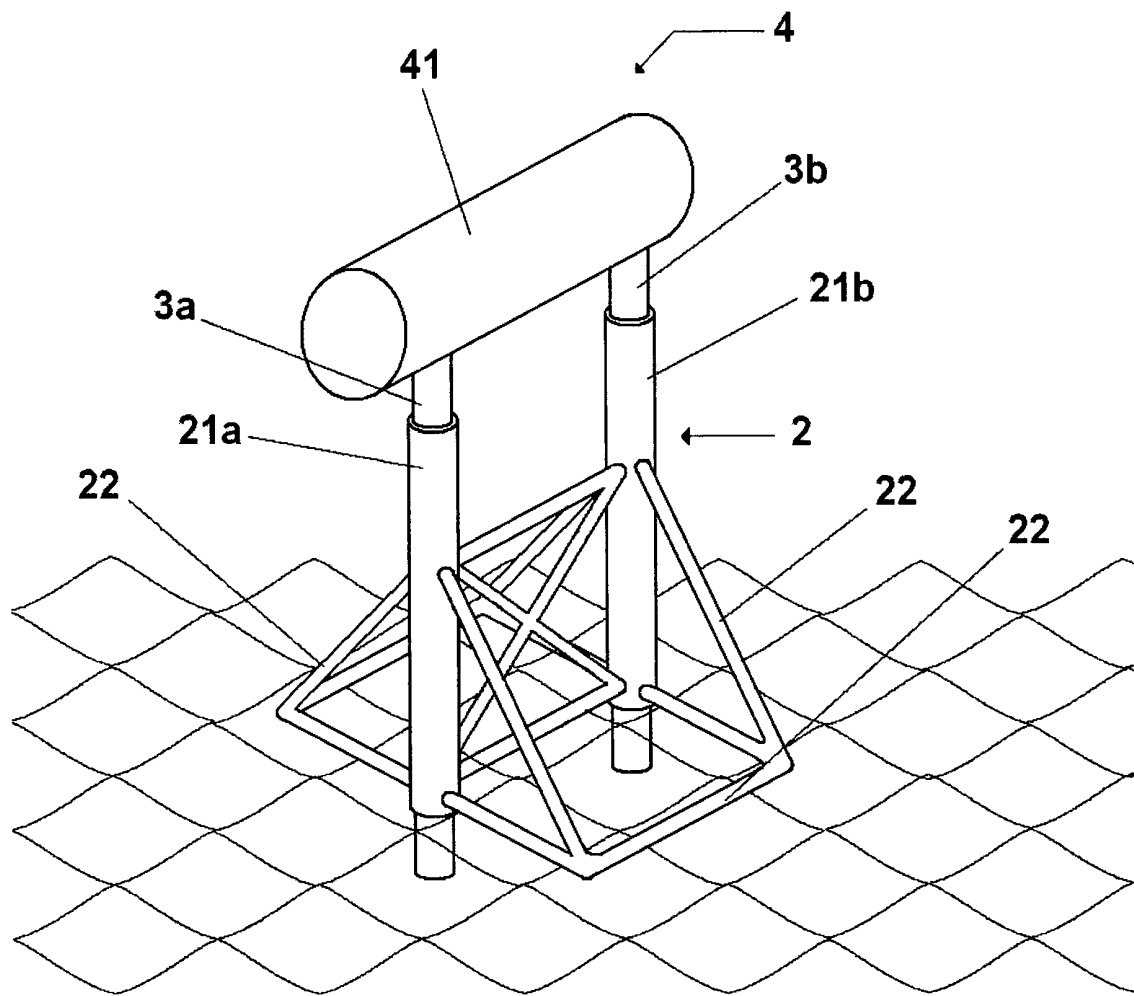
10- Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por a descida de todos os elementos até o leito marinho ocorrer por meio de cabo.

11- Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por a estaca (3) ser inserida no interior da guia (21) e cravada no solo marinho por meio de um bate-estaca (5), ligado a uma embarcação de serviço na superfície do mar, e que atua no interior do furo parcial (31) realizando um movimento alternativo vertical.

12- Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por o bate estaca (5) ser ligado à embarcação de serviço por meio de um cabo.

13- Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por o movimento alternativo vertical do bate estaca (5) ser gerado pelo movimento da embarcação de serviço em consequência das ondas na superfície do mar.

**FIGURA 1**

**FIGURA 2**

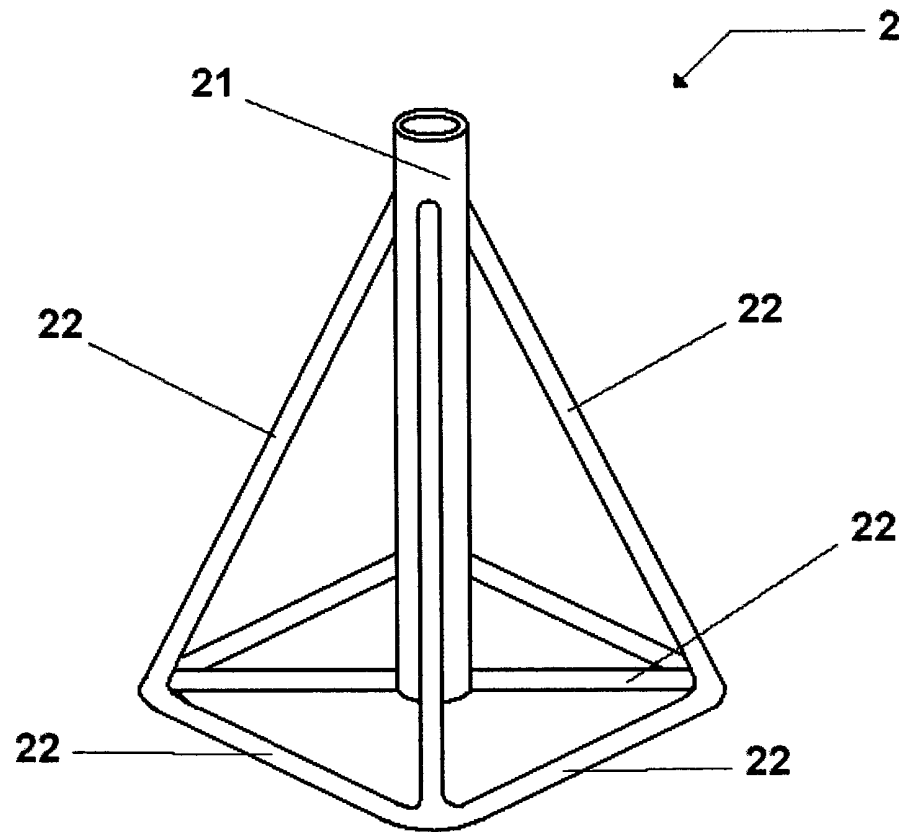


FIGURA 3

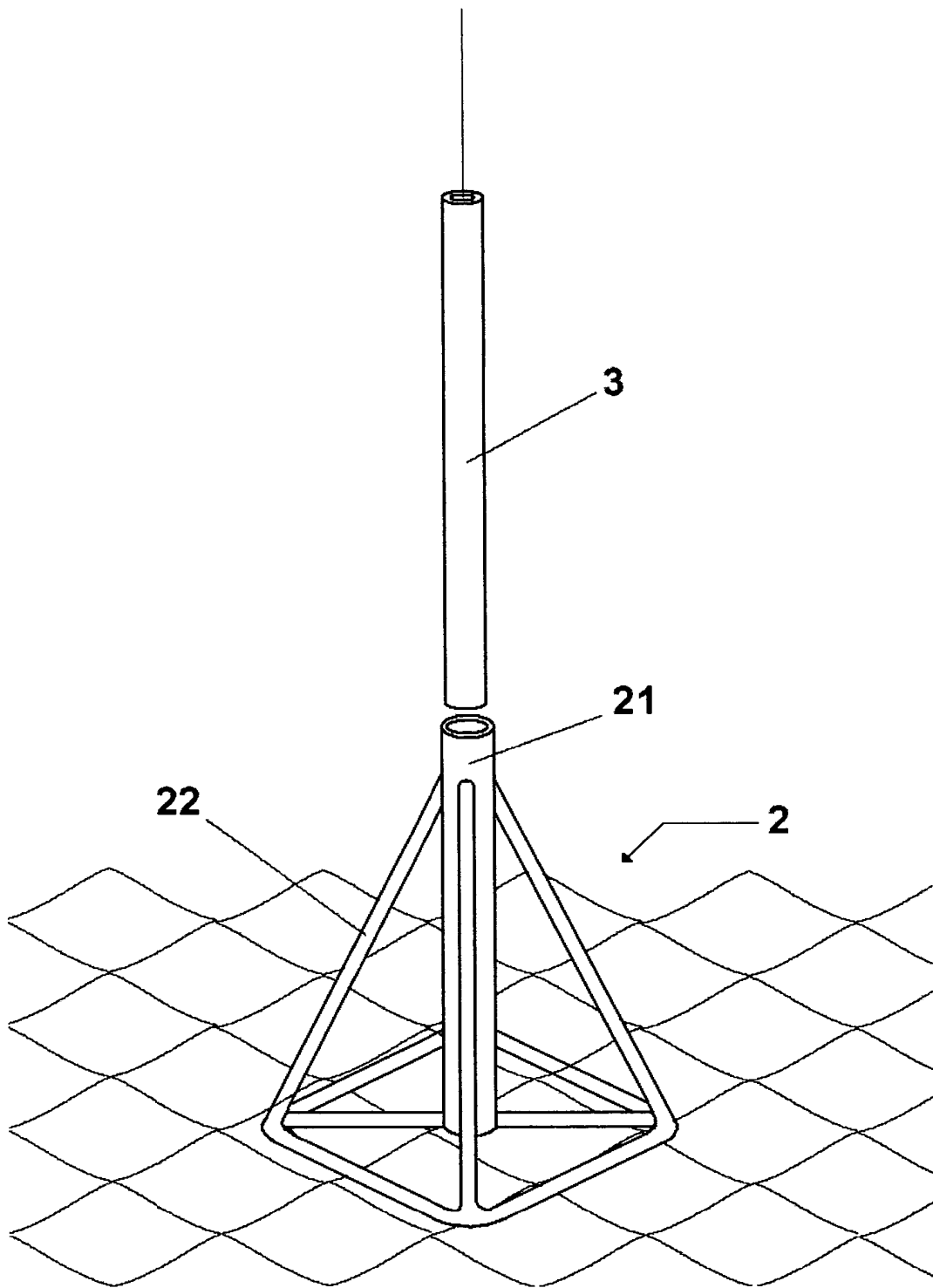


FIGURA 4

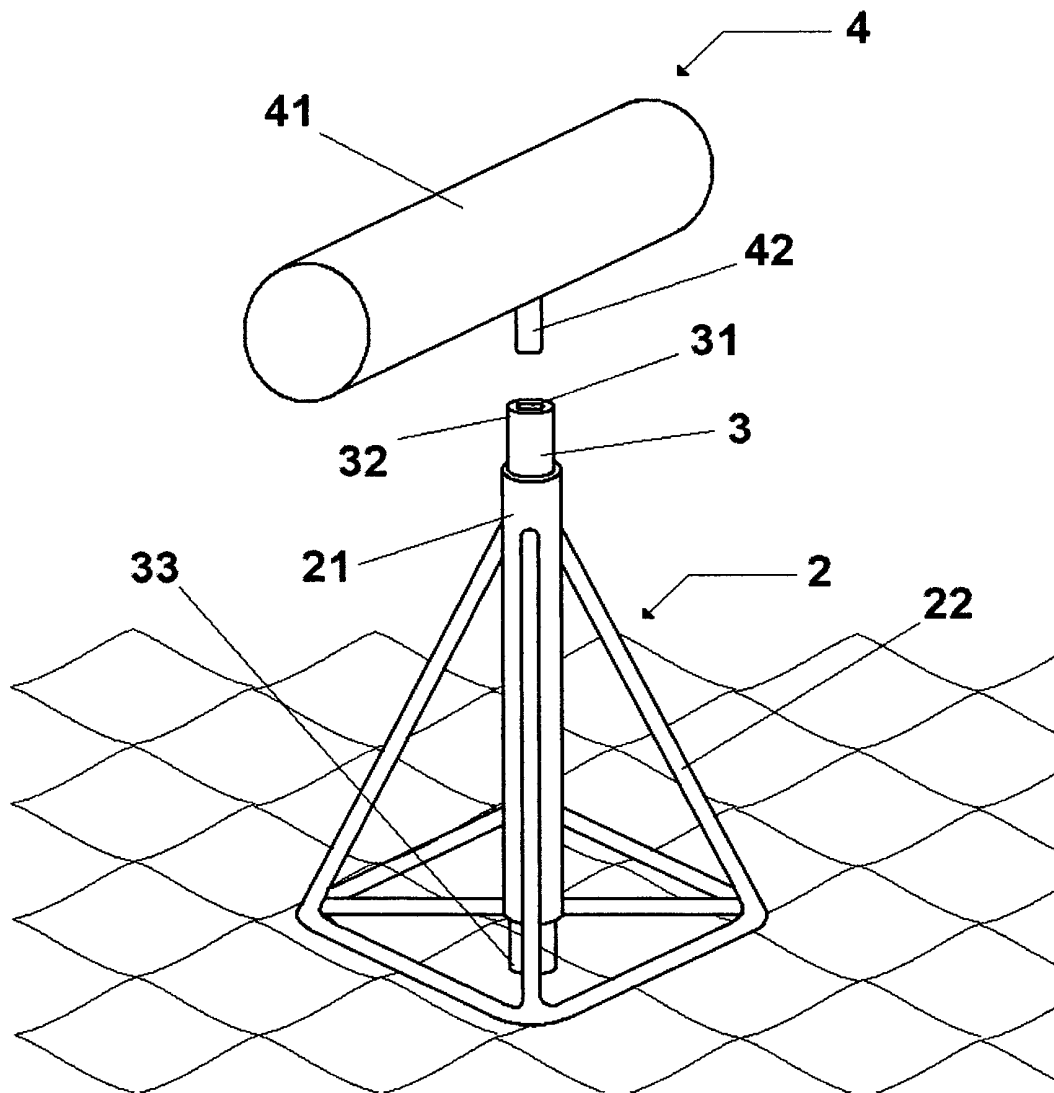
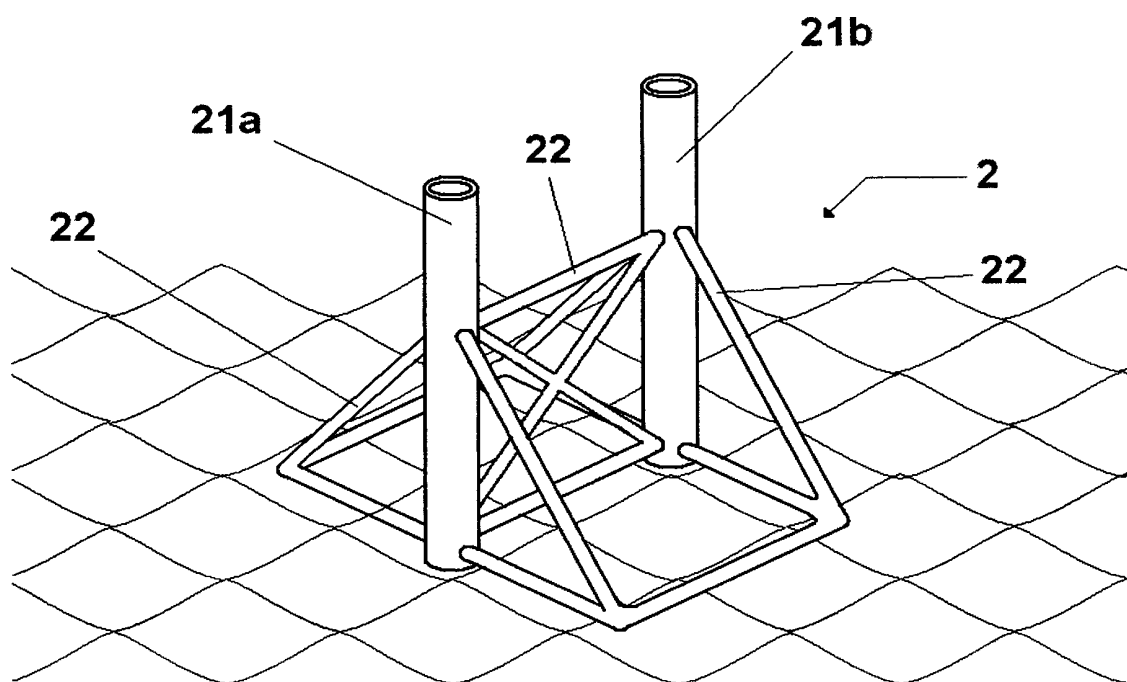


FIGURA 5

**FIGURA 6**

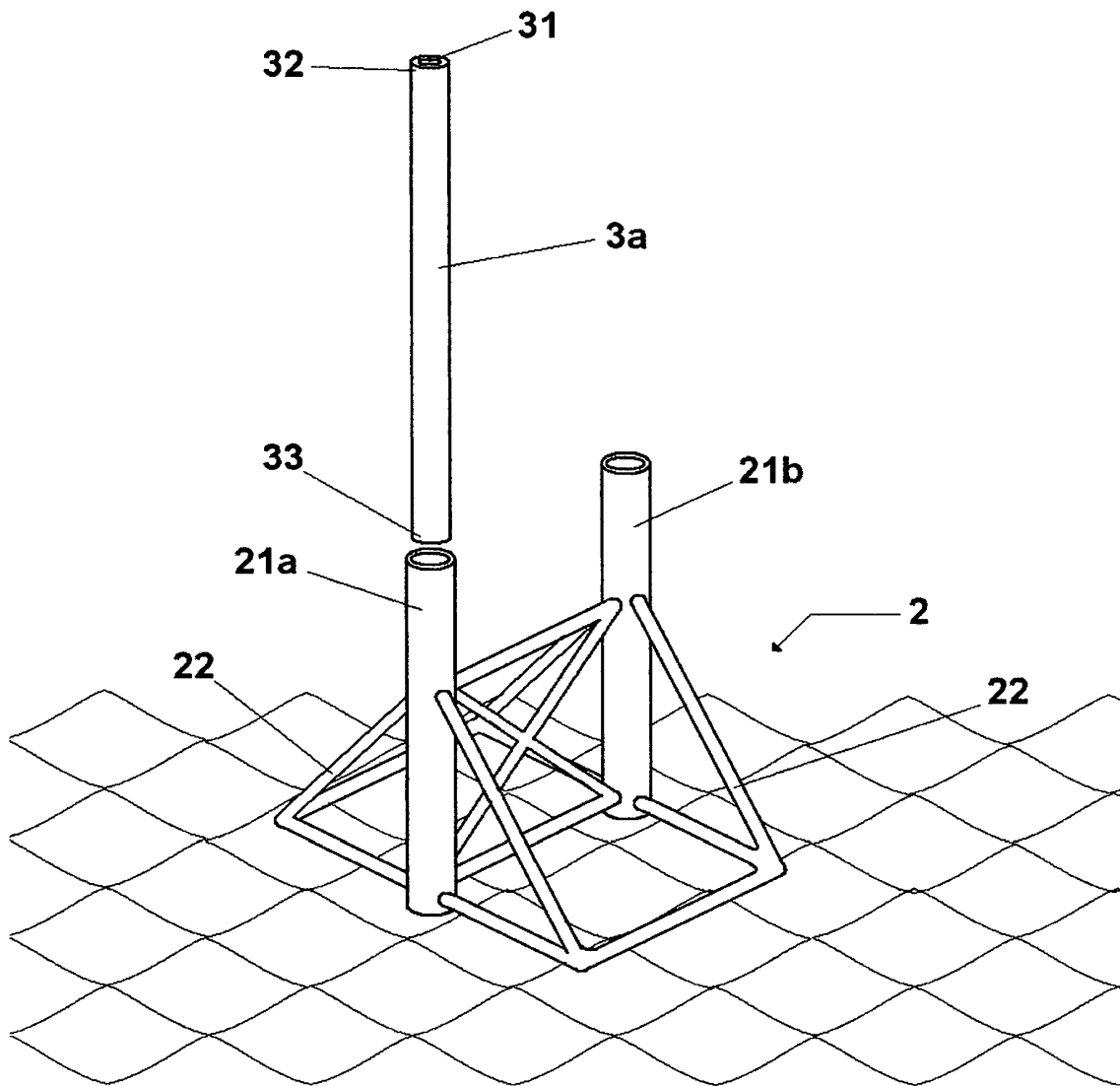


FIGURE 7

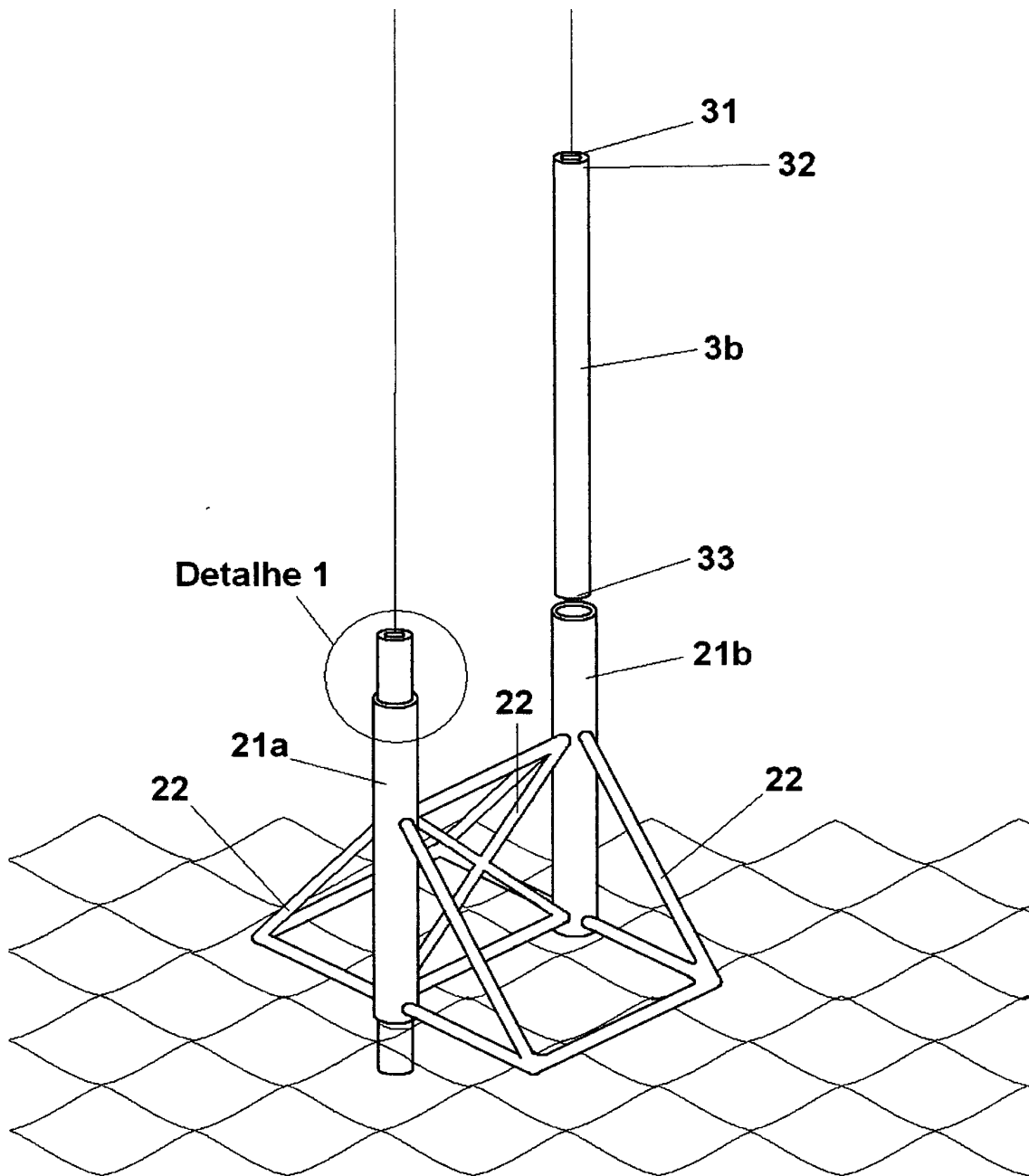
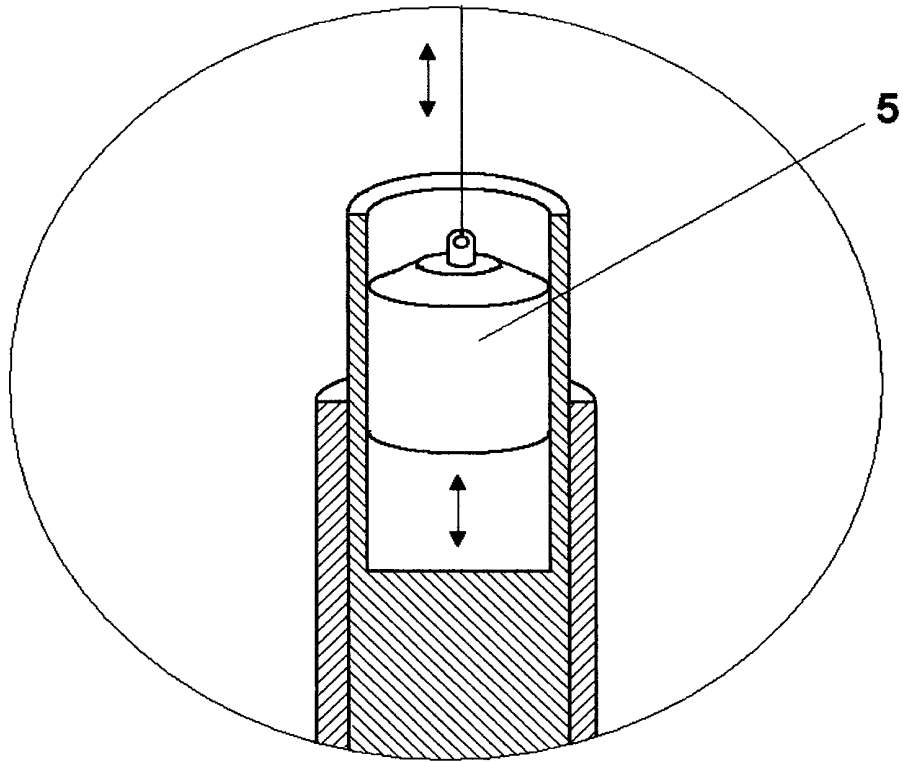


FIGURA 8



Detalhe 1

FIGURA 9

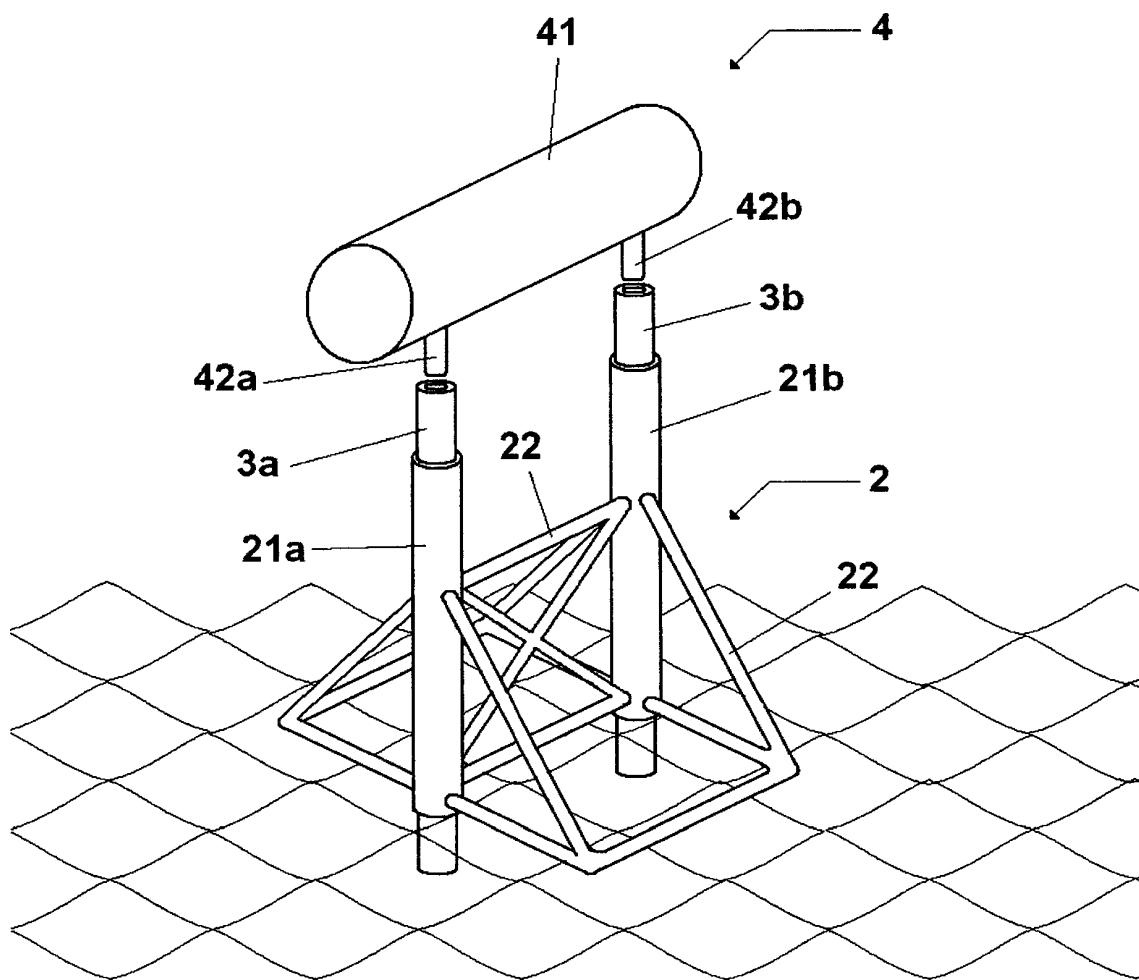


FIGURE 10

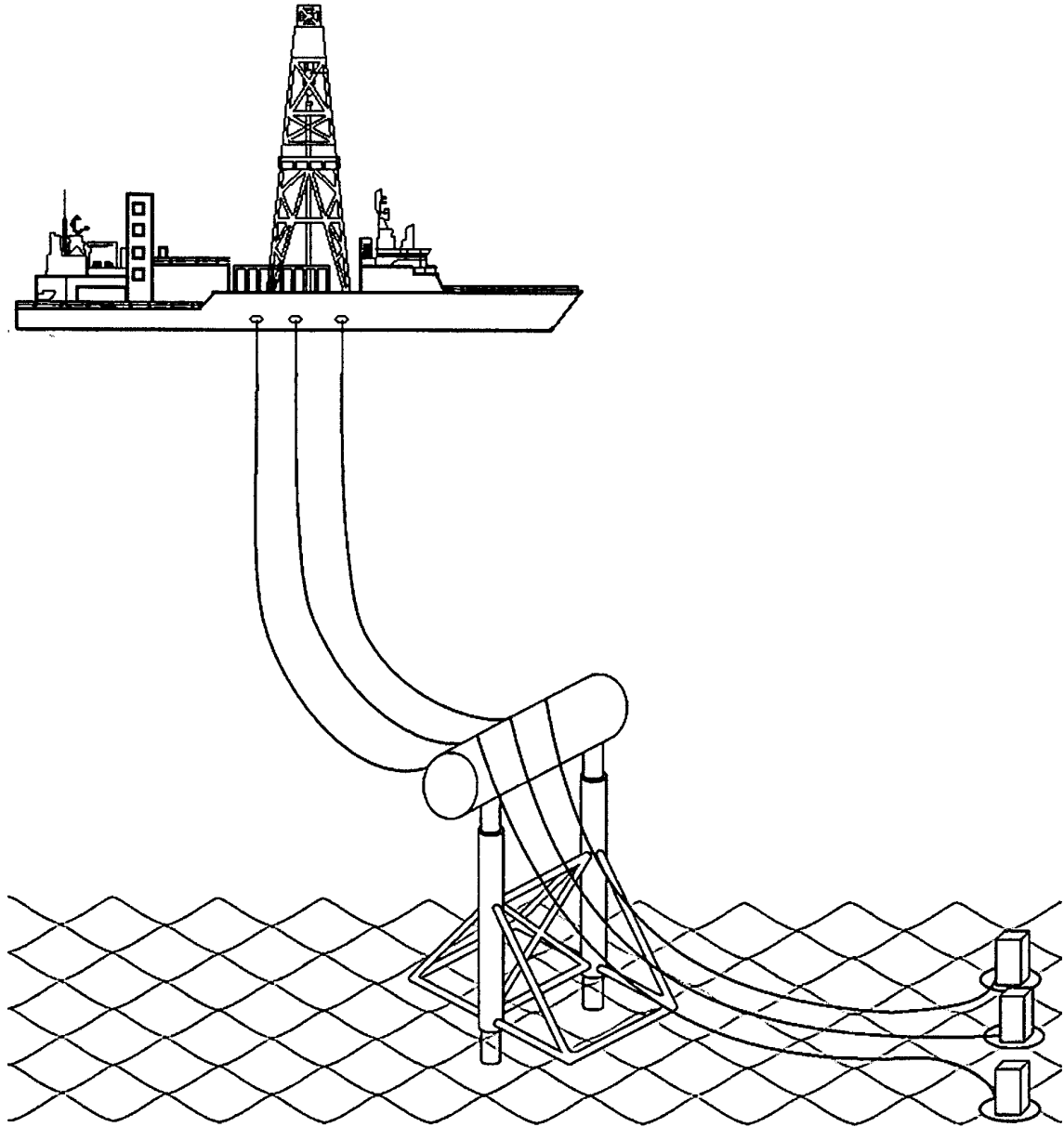


FIGURA 11