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

(11) PI 0600496-2 B1

(22) Data do Depósito: 16/02/2006

(45) Data de Concessão: 24/09/2020

(54) Título: PIG DE PERFILAGEM DE ALTA RESOLUÇÃO PARA DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DA CORROSÃO INTERNA DE TUBULAÇÕES

(51) Int.Cl.: F16L 55/28.

(73) Titular(es): PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRÁS.

(72) Inventor(es): CLÁUDIO SOLIGO CAMERINI; JOSÉ AUGUSTO PEREIRA DA SILVA; MIGUEL DE ANDRADE FREITAS.

(57) Resumo: PIG DE PERFILAGEM DE ALTA RESOLUÇÃO PARA DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DA CORROSÃO INTERNA DE TUBULAÇÕES A presente invenção refere-se a um equipamento destinado a ser enviado pelo interior de uma tubulação, com meios de percepção e registro de irregularidades provocadas por corrosão na parede interna da referida tubulação. Compreende elementos elastoméricos que podem ser copos ou discos, os quais encontram-se ligados axialmente às extremidades ou ao longo de um corpo, que pode ser rígido ou flexível. Ao longo do corpo também é unido um conjunto sensor formado por uma pluralidade de anéis que apresentam uma pluralidade de sensores de ângulo de alta precisão ligados radialmente ao longo de todo o perímetro de cada anel. Também faz parte do pig da presente invenção, meios para registrar a distância percorrida no interior da tubulação. Todos os sinais de todos os sensores são transmitidos para um sistema eletrônico microprocessado.

PIG DE PERFILAGEM DE ALTA RESOLUÇÃO PARA DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DA CORROSÃO INTERNA DE TUBULAÇÕES

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção encontra seu campo de aplicação entre os equipamentos destinados a serem enviados pelo interior de uma tubulação, impulsionados por um fluido que escoa dentro da referida tubulação, com meios de percepção e registro de irregularidades provocadas por corrosão na parede interna desta tubulação.

ESTADO DA TÉCNICA

Todas as grandes indústrias se utilizam de tubulações. É importante que os operadores dessas indústrias conheçam, o mais que puderem, sobre as condições estruturais dessas tubulações. Uma das formas de verificar as condições de uma tubulação, é promover a passagem de um equipamento pelo interior da tubulação.

O propósito dessa passagem pode ser tanto para a manutenção em termos da limpeza interna da tubulação, como para a inspeção da parede interna.

No caso de uma inspeção, o equipamento tem a capacidade de transportar em seu interior, uma instrumentação com um meio de gravação de dados relativos a desvios na configuração interna das paredes da referida tubulação.

Esse equipamento é conhecido pelos especialistas de uma forma genérica pelo termo "pig".

Em uma aplicação especial instrumentada, são conhecidos como "pigs calibradores" ou "pigs geométricos".

Pigs geométricos normalmente compreendem um corpo com pelo menos dois copos de material elastomérico e com certo grau de flexibilidade, que tocam a parede interna da tubulação pelo interior da qual se deslocam.

Ao passar pelo interior da tubulação, caso encontre alguma irregularidade como um amassamento por exemplo, o copo se deforma, aciona um transdutor e, por consequência, gera um registro de uma irregularidade. Exemplo desse tipo de pig, está descrito no documento US 3,755,908 pertencente à VerNooy e no documento US 4,457,073, pertencente à T.D.Williamson Inc.

Não se pode dizer que tais pigs não funcionam. Funcionam muito bem, uma vez que são frequentemente utilizados até hoje.

Estes pigs, porém, não são eficientes para casos nos quais a parede interna de tubulações é atacada pelo fenômeno da corrosão. Pela própria natureza destes pigs, apenas incrustações e deformações mecânicas são capazes de deformar os copos dotados com os elementos sensores do pig e provocar registros, como já foi dito.

Deve ser observado que protuberâncias na parede interna de uma tubulação também podem ser causadas pelo fenômeno da corrosão. Porém, o que acontece com frequência, é o surgimento de depressões na parede da tubulação, as quais o tipo de pig acima não é capaz de perceber.

Os pigs evoluíram para ter a capacidade de perceber e registrar as irregularidades provocadas por corrosão na parede interna da tubulação pelo interior da qual ele se desloca.

Em tubulações de transporte de petróleo e seus derivados, a ocorrência de falhas estruturais por corrosão interna normalmente fica localizada na geratriz inferior da tubulação. Isto acontece devido a presença de água salgada fazendo parte do fluido que é transportado. A água salgada, como é mais pesada que os hidrocarbonetos, migra para a região da geratriz inferior da tubulação e gera quase que uma linha localizada e frequente em falhas provocadas pelo fenômeno da corrosão.

Um tipo de pig para detecção das falhas citadas acima, é o Pig Magnético de Corrosão, também conhecido internacionalmente como

PI0800496

"Magnetic Flux Leakage Pig" ou, simplesmente, "MFL Pig".

Este tipo de pig atua em duas etapas quase que instantâneas. Uma primeira etapa compreende a magnetização da parede da tubulação. Uma segunda etapa, logo a seguir, compreende a medição do campo magnético sobre a superficie magnetizada na primeira etapa. A detecção de uma falha é interpretada pela ocorrência de fugas de campo magnético percebidas pelos sensores de detecção. Uma fuga de campo magnético significa perda de material metálico, que indica uma falha na espessura da tubulação.

Este tipo de pig apresenta algumas limitações para a determinação precisa do tipo de falha causada pelo fenômeno da corrosão.

A primeira delas reside na precisão da quantificação deste tipo de corrosão. Como as falhas ou defeitos ficam muito próximos entre si, a resposta fica comprometida em termos de graduação do nível da corrosão. O grande número de defeitos gera uma pertubação muito complexa no campo magnético na região da geratriz inferior e o resultado final é impreciso. Por outro lado, não é possível ter certeza se o defeito é uma protuberância ou uma depressão.

A segunda limitação fica por conta da espessura da parede da tubulação. Para tubulações com espessura de parede acima de 12 mm, a sensibilidade da aparelhagem sensora enfraquece drasticamente. O pig, por ser um equipamento autônomo e que se desloca pela pressão do fluido em uma determinada velocidade de fluxo, não tem capacidade de carregar uma instrumentação com potência suficiente para magnetizar parede com grande espessura.

Um caso crítico é o de tubulações com grande espessura de parede e diâmetro médio ou pequeno. O espaço interior deste tipo de tubulação é muito pequeno (diâmetro) e o volume a ser magnetizado é grande (espessura). Um exemplo deste tipo de tubulação é um duto submarino para a exploração de petróleo em águas profundas, no qual a espessura da

PI0800496

parede tem que ser grande para resistir as altas pressões do meio ambiente.

Como a tendência, em termos de exploração, aponta para profundidades ainda maiores, maior espessura de parede de tubulação pode ser esperada. Nas condições tecnológicas atuais e com o nível de espessura de parede de tubulação a ser requerida, em breve é de se supor que o Pig MFL irá perder totalmente seu nível de eficiência e, consequentemente, sua utilidade na inspeção de dutos submarinos para águas profundas. Isto, de maneira alguma sugere que ele não continue sendo eficiente para as características de tubulação normais.

Uma outra ferramenta para inspecionar o interior de tubulações é conhecido como Pig Ultra-sônico. O princípio de funcionamento reside na emissão de ondas de alta frequência contra a parede da tubulação e na captação do eco correspondente à onda emitida, com registro do tempo de ida da onda e volta do eco. O tempo entre a emissão da onda e o retorno do eco, quando fora de uma homogeneidade, é indicativo de falha por corrosão.

Embora seja um sistema que não apresenta problemas em relação à espessura da tubulação e não apresenta problemas em ser compactado para que possa ser inserido em tubulações de médio a pequeno diâmetro, características que tornam-se vantagens sobre o Pig MFL anteriormente descrito, este tipo de equipamento necessita de alto grau de limpeza da superfície interna da tubulação e a necessidade do fluxo de líquido que é transportado ser homogêneo. Isto quer dizer que a tubulação tem que estar totalmente isenta de depósitos de parafina, carepas e outros detritos diversos.

Com os dois problemas relatados logo acima, a utilização do Pig Ultra-sônico torna-se inviável em tubulações de produção de óleo, onde é comum a presença de parafinas, areias e outros detritos, além do fluido, que

PI0600496

com frequência está misturado com gases, água de formação e areias.

Como se tudo isto não bastasse, o custo envolvido neste equipamento é muito alto.

Ainda é sentida a necessidade de um equipamento que possa registrar com precisão a localização, quantificação, e o perfil de uma ocorrência de corrosão no interior de uma tubulação de transporte de fluido.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Trata a presente invenção de um equipamento destinado a ser enviado pelo interior de uma tubulação, com meios de percepção e registro de irregularidades provocadas por corrosão na parede interna da referida tubulação, de tal forma que o perfil da irregularidade seja exatamente determinado.

Compreende elementos elastoméricos que podem ser copos ou discos, os quais encontram-se ligados axialmente às extremidades de um corpo, que pode ser rígido ou flexível.

Ao longo do corpo rígido ou flexível, é unido axialmente um conjunto sensor. No caso do corpo ser rígido, o conjunto sensor é formado por uma pluralidade de anéis adaptados e fixados ao corpo. Cada anel apresenta uma pluralidade de sensores ligados radialmente ao longo de todo o seu perímetro.No caso de um corpo flexível o conjunto sensor é formado por uma pluralidade de sensores fixados diretamente à superfície do corpo flexível.

Cada sensor para detecção e perfilagem da corrosão é do tipo de ângulo de alta precisão. No caso presente, compreende um estilete tensionado de forma que esteja sempre defletido contra a parede da tubulação. No eixo principal de movimento do estilete encontra-se unido um medidor, o qual pode ser ótico, resistivo ou magnético. As depressões e/ou protuberâncias provocadas por corrosão na parede interna da tubulação, movimentam os estiletes, provocando a geração de sinais a partir das

PI0600496

medidas dos sensores de ângulo de alta precisão.

Também faz parte do pig da presente invenção, meios para registrar a distância percorrida no interior da tubulação.

Todos os sinais de todos os sensores são transmitidos para um sistema eletrônico microprocessado.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

As características do pig de perfilagem de alta resolução para quantificação da corrosão interna de tubulações, objeto da presente invenção, serão melhor percebidas a partir da descrição detalhada que se fará a seguir, a mero título de exemplo, associada aos desenhos abaixo referenciados, os quais são parte integrante do presente relatório.

A FIGURA 1 apresenta uma representação em perspectiva do equipamento de acordo com a presente invenção.

A FIGURA 2 mostra uma representação esquemática em corte longitudinal AA' do equipamento da Figura 1.

A FIGURA 3 mostra uma representação em perspectiva de um anel de sensores de acordo com a presente invenção.

A FIGURA 4 mostra o pig da presente invenção em uma representação esquemática uma visão frontal segundo o corte longitudinal da Figura 2, sem os copos elastoméricos.

A FIGURA 5 mostra uma representação em perspectiva de uma concretização de um sensor.

A FIGURA 6 mostra uma representação em vista lateral do sensor da Figura 5, com a representação em pontilhado da capacidade de movimentação do sensor.

A FIGURA 7 apresenta uma vista em perspectiva de uma segunda possível concretização para a presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A descrição detalhada do pig de perfilagem de alta resolução para

quantificação da corrosão interna de tubulações, objeto da presente invenção, será feita de acordo com a identificação dos componentes que o formam, com base nas figuras acima descritas.

O pig da presente invenção tem a capacidade de perceber, localizar, registrar o comprimento, largura e profundidade ou elevação de uma ocorrência provocada por corrosão na parede interna de uma tubulação de transporte de fluidos, em particular, uma tubulação de transporte de petróleo.

O pig da presente invenção, está representado neste relatório por duas concretizações possíveis: uma primeira concretização pode ser observada nas Figuras 1 e 2 e uma segunda concretização na Figura 7. Ambas as concretizações basicamente compreendem:

- elementos elastoméricos (1) impulsionadores fixados axialmente a um corpo (2);
- um conjunto sensor (3), localizado e fixado ao corpo (2) na região compreendida entre elementos elastoméricos (1);
- pelo menos um hodômetro (4), fixado ao corpo (2) em uma localização que pode ser escolhida entre: após um conjunto sensor (3), antes de qualquer um dos elementos elastoméricos (1) e depois de qualquer um dos elementos elastoméricos (1).
- um módulo eletrônico de processamento (5), o qual serve para receber, processar e armazenar todos os dados emitidos tanto pelo conjunto sensor (3) quanto pelo hodômetro (4).

Os elementos elastoméricos (1) podem ser escolhidos entre: copos elastoméricos, os quais são montados nas extremidades de um corpo (2) que neste caso é rígido, cilíndrico e ôco, ilustrado nas Figuras 1 e 2, e uma pluralidade de discos elastoméricos que são montados ao longo de um corpo (2) tubular flexível, como uma mangueira, ilustrado na Figura 7.

No presente relatório, será tomado como exemplo para explicação

PI0804-96

mais detalhada, a concretização que contempla elementos elastoméricos (1) do tipo copo, montados nas extremidades de um corpo (2) cilíndrico rígido e ôco. Também será considerado no presente relatório, por mera simplificação, o módulo eletrônico de processamento (5) alojado no interior do corpo (2) do pig.

Tomando como base a Figura 3 em conjunto com a Figura 4, pode-se observar um dos anéis sensores (31) que compõem o conjunto sensor (3). O conjunto sensor (3) é formado por uma pluralidade de anéis sensores (31) os quais são montados e fixados ao corpo (2) um imediatamente a seguir de outro. Cada anel sensor (31) apresenta, unidos em posicionamento radial, uma pluralidade de sensores de ângulo de alta precisão (311).

Entre cada um dos anéis sensores (31), é observado um giro de pequeno ângulo α, de forma que os sensores de ângulo de alta precisão (311) que se encontram fixados em um determinado anel sensor (31), apresentem uma pequena defasagem angular em relação aos estiletes (3111) dos sensores de ângulo de alta precisão (311) do anel sensor (31) imediatamente anterior ou imediatamente posterior. Esta situação encontra-se melhor ilustrada na Figura 4. Os anéis sensores (31) e a defasagem angular α entre os estiletes (3111) de cada sensor de ângulo de alta precisão (311) devem ser em número suficiente para cobrir os 360 graus de uma seção da tubulação na região do conjunto sensor (3).

Na prática, o posicionamento dos anéis sensores (31) explicado no parágrafo anterior, é o fator principal para determinação do registro, das características e da quantificação das falhas por corrosão existentes na parede interna da tubulação.

Na Figura 5, observa-se em perspectiva um sensor de ângulo de alta precisão (311) . O medidor de ângulo (3112) pode ser escolhido entre vários tipos que possam fornecer medidas confiáveis e de alta precisão,

como por exemplo, ótico, resistivo, magnético, posicionado no eixo de movimento (3113) existente na base (3114) do sensor de ângulo de alta precisão (311) e registra um sinal correspondente à medida de um ângulo.

O estilete (3111) é o ponto de contato entre o pig e a parede interna da tubulação. O estilete (3111) encontra-se tensionado sempre contra a parede da tubulação. A fonte desta tensão pode ser proporcionada por uma mola (3115), por exemplo.

A flexibilidade do movimento do estilete (3111) pode ser tanto na direção do pig para a tubulação, no caso de uma falha do tipo depressão na parede da tubulação, quanto na direção da tubulação contra o pig, caso de uma falha do tipo protuberância, ambas causadas por corrosão na parede da tubulação. Esta situação pode ser melhor entendida, por meio da representação pontilhada das possibilidades de movimentação do estilete (3111), ilustrada na Figura 6.

EXEMPLO:

Suponha-se uma situação na qual um pig, segundo a presente invenção, percorre o interior de uma tubulação e está prestes a encontrar uma falha, por exemplo, uma depressão. Ao começar a passar por ela, um medidor de ângulo (3112) de um primeiro sensor de ângulo de alta precisão (311) em um dos anéis sensores (31), acusa uma variação angular devido à entrada do estilete (3111) deste sensor de ângulo de alta precisão (311) no início desta falha. Enquanto o estilete (3111) do primeiro sensor de ângulo de alta precisão (311) se aprofunda na falha, os estiletes (3111) pertencentes a sensores de ângulo de alta precisão (311) angularmente defasados do posicionamento do primeiro sensor (31) e que encontram-se no segundo anel sensor (31), começam a registrar uma defasagem angular correspondente às bordas da falha e assim sucessivamente até que o último registro gerado pelo último sensor de ângulo de alta precisão (311) no último anel sensor (31) indique o final da falha. Enquanto a detecção da falha é

realizada pelos sensores de ângulo de alta precisão (311), o hodômetro (4) continuamente registra a extensão de tubulação percorrida pelo pig.

Como foi possível acompanhar no exemplo acima, o conjunto sensor (3) é capaz de registrar o início de uma falha, a sua progressão lateral, sua extensão, a progressão em termos de profundidade em caso de depressão ou elevação o caso de uma protuberância e, com a interpolação e processamento de todos os dados, traçar o perfil exato não só de cada falha, como contar as falhas contidas na seção da tubulação que conjunto sensor (3) cobre para inspeção em cada instante.

No caso de depósitos de parafina ou outros tipos de depósito aderidos, quando o conhecimento das características do fluido que escoa no interior da tubulação já antecipam a possível ocorrência destes depósitos, a tensão do estilete (3111) do sensor de ângulo de alta precisão (311) pode ser ajustada para uma pressão maior contra a parede interna da tubulação.

Com o ajuste de tensão, o estilete (3111) adquire a capacidade de cortar o depósito como uma faca.

Por outro lado, se o depósito preenche uma depressão formada pela falha, o efeito de corte vai possibilitar a penetração do estilete (3111) no interior da falha e o registro das características desta falha do tipo depressão.

O conjunto sensor (3), devido à sua flexibilidade operacional que o conjunto de seus componentes proporciona, apresenta uma grande tolerância no tocante à mudanças de diâmetro que podem ocorrer em uma tubulação de transporte.

Todos os sinais gerados por cada um dos sensores de ângulo de alta precisão (311) de cada anel sensor (31) do conjunto sensor (3), assim como o sinal proveniente do hodômetro (4), são recebidos, tratados e armazenados por um módulo eletrônico de processamento (5). Este módulo

PI0600496

eletrônico de processamento (5) pode estar ou não alojado no interior do corpo (2) do pig.

Na presente concretização e, por uma mera questão de exemplo, o módulo eletrônico de processamento (5) encontra-se alojado no interior do corpo (2) do pig, como já foi dito. Os dados gravados são posteriormente analisados de maneira que forneça como resultado, o posicionamento, a frequência, e qual o perfil de cada falha ocasionada pelo fenômeno da corrosão na parede interna da tubulação. Por perfil deve ser entendido como a quantificação da extensão, largura e altura ou profundidade da falha.

A concretização do pig cujo corpo (2) é um tubo flexível com elementos elastoméricos (1) em forma de disco pode ser observado na Figura 7.

Neste caso, o conjunto sensor (3) também é formado por uma pluralidade de sensores de ângulo de alta precisão (311), porém fixados diretamente sobre o corpo (2) em uma configuração radial.

Nesta concretização, devido à tensão que cada sensor de ângulo de alta precisão (311) exerce sobre a parede da tubulação, o conjunto sensor (3), que é formado por uma pluralidade de sensores de ângulo de alta precisão (311), como já foi dito anteriormente, adquire adicionalmente uma função de centralização do equipamento em relação ao eixo longitudinal da tubulação. Caso seja necessário, mais elementos elastoméricos em forma de disco podem ser acrescentados para melhorar a centralização do euipamento como um todo.

O pig desta concretização apresenta como características, uma grande flexibilidade, capacidade de utilização multi-diâmetro, facilidade de passagem em trechos de curva acentuados, de pequeno diâmetro assim como outros obstáculos geométricos e facilidade de deslocamento em tubulações de menor diâmetro, sem perder a precisão de perfilagem do interior da referida tubulação. Na Figura 7 foram omitidos, por uma questão

PI0600496

de clareza apenas, a representação e localização dos hodômetros (4).

A descrição que se fez até aqui do equipamento destinado a ser enviado pelo interior de uma tubulação, objeto da presente invenção, deve ser considerada apenas como possíveis concretizações, e quaisquer características particulares nelas introduzidas devem ser entendidas apenas como algo que foi descrito para facilitar a compreensão. Dessa forma, não podem de forma alguma serem consideradas como limitantes da invenção, a qual está apenas limitada ao escopo das reivindicações que seguem.

REIVINDICAÇÕES

1- Pig de perfilagem de alta resolução para monitoração da corrosão interna de tubulações destinado a ser enviado pelo interior de uma tubulação de transporte de fluidos, caracterizado por apresentar a capacidade de localizar e quantificar, registrar o comprimento, largura, profundidade ou elevação de falhas provocadas por corrosão, fornecer como resultado o perfil de cada falha detectada na parede interna de uma tubulação e, basicamente, compreender:

- elementos elastoméricos (1) impulsionadores fixados a um corpo (2); um conjunto sensor (3), localizado e fixado ao corpo (2) na região compreendida entre os elementos elastoméricos (1);
- pelo menos um hodômetro (4), fixado ao corpo (2), em uma localização que pode ser escolhida entre: após o conjunto sensor (3), antes de qualquer um dos elementos elastoméricos (1) e imediatamente após um dos elementos elastoméricos (1);
- um módulo eletrônico de processamento (5), o qual serve para receber, processar e armazenar todos os dados emitidos tanto pelo conjunto sensor (3) quanto pelo hodômetro (4).

2- Pig de perfilagem de alta resolução, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o corpo (2) ser um elemento subtancialmente cilíndrico, ôco e rígido.

3- Pig de perfilagem de alta resolução, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o corpo (2) ser um elemento substancialmente tubular e flexível.

4- Pig de perfilagem de alta resolução, de acordo com a reivindicação 1 e 2, caracterizado por o elemento elastomérico (1) ser do tipo copo montado nas extremidades do corpo (2).

5- Pig de perfilagem de alta resolução, de acordo com as reivindicações 1 e 3, caracterizado por uma pluralidade de elementos elastoméricos (1) do tipo disco serem montados espaçadamente ao longo do corpo (2).

6- Pig de perfilagem de alta resolução de acordo com as reivindicações 1 e

2, caracterizado por o conjunto sensor(3) ser formado por uma pluralidade de anéis sensores (31) montados um a seguir do outro, cada anel sensor (31) apresentar unidos a este último e em um posicionamento radial, uma pluralidade de sensores de ângulo de alta precisão (311), cada anel sensor ser montado com um giro de pequeno ângulo em relação ao anel sensor (31) imediatamente anterior, de forma que os sensores de ângulo de alta precisão (311) de um determinado anel sensor (31) apresente uma pequena defasagem angular em relação aos sensores de ângulo de alta precisão (311) do anel sensor (31) imediatamente anterior ou posterior.

7- Pig de perfilagem de alta resolução de acordo com as reivindicações 1 e 3, caracterizado por o conjunto sensor (3) ser formado por uma pluralidade de sensores de ângulo de alta precisão (311) montados radial e diretamente ao corpo (2) com uma pequena defasagem angular em relação aos sensores de ângulo de alta precisão (311) imediatamente anteriores ou posteriores.

8- Pig de perfilagem de alta resolução de acordo com as reivindicações 1, 2, 3, 6 e 7, caracterizado por o sensor de ângulo de alta precisão (311) compreender um medidor de ângulo (3112), posicionado no eixo de movimento (3113) existente na base (3114) do sensor de ângulo de alta precisão (311), registrar um sinal correspondente à medida de um ângulo e, ligado ao eixo de movimento (3113) prolongar-se um estilete (3111) tensionado contra a parede da tubulação.

9- Pig de perfilagem de alta resolução de acordo com as reivindicações 1, 3, e 8, caracterizado por a tensão que cada sensor de ângulo de alta precisão (311) exerce sobre a parede da tubulação desempenhar uma função de centralização do pig em relação ao eixo longitudinal da tubulação.

10- Pig de perfilagem de alta resolução de acordo com as reivindicações 1, 3, 8 e 9, caracterizado por apresentar grande flexibilidade, capacidade de utilização multi-diâmetro, facilidade de passagem em trechos de curva acentuados, de pequeno diâmetro, assim como obstáculos geométricos e facilidade de deslocamento em tubulações de menor diâmetro com precisão de perfilagem.

PI0600496

24

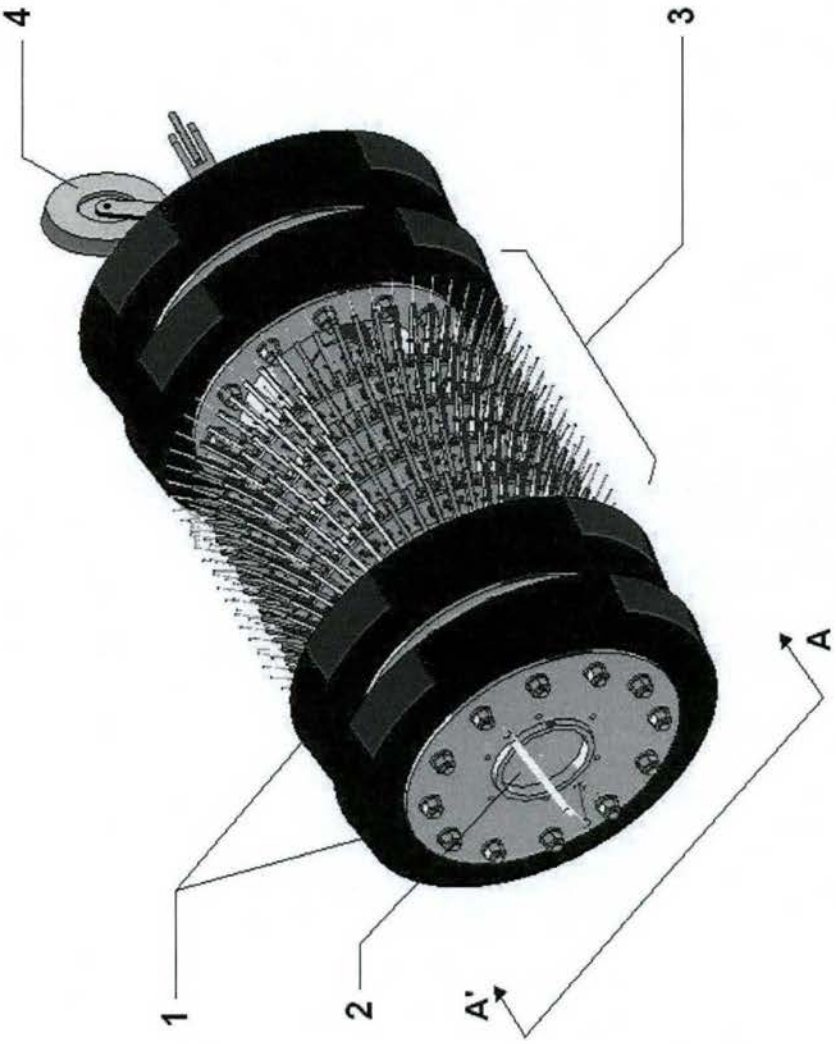

FIGURA 1

PI0600496

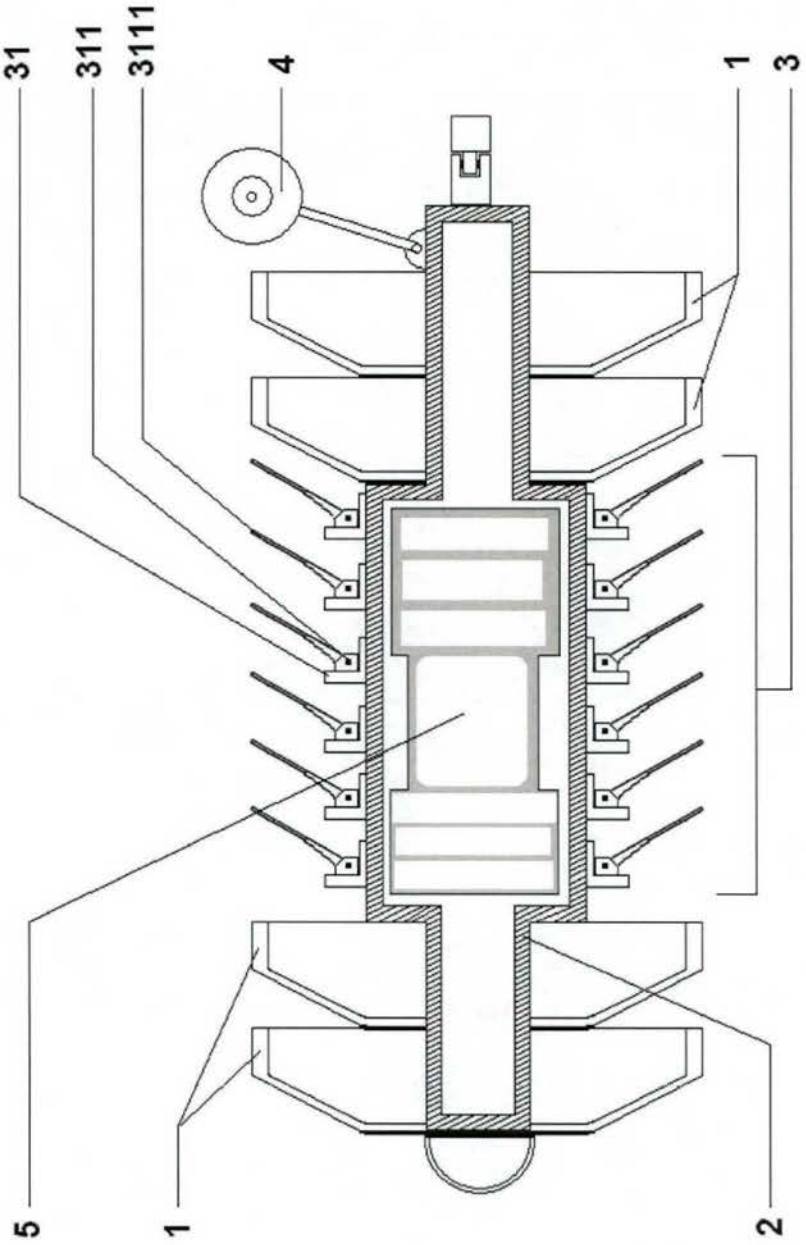

FIGURA 2

PI0604496

26

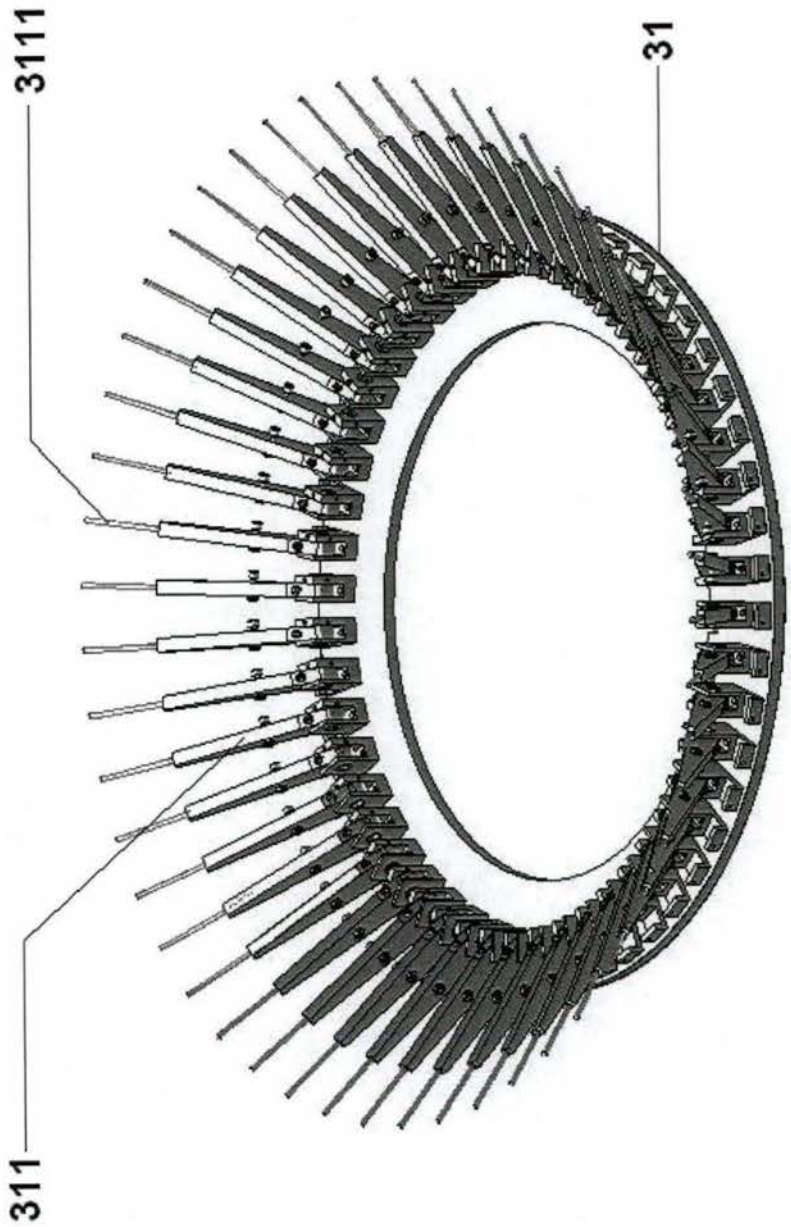

FIGURA 3

PI0600496

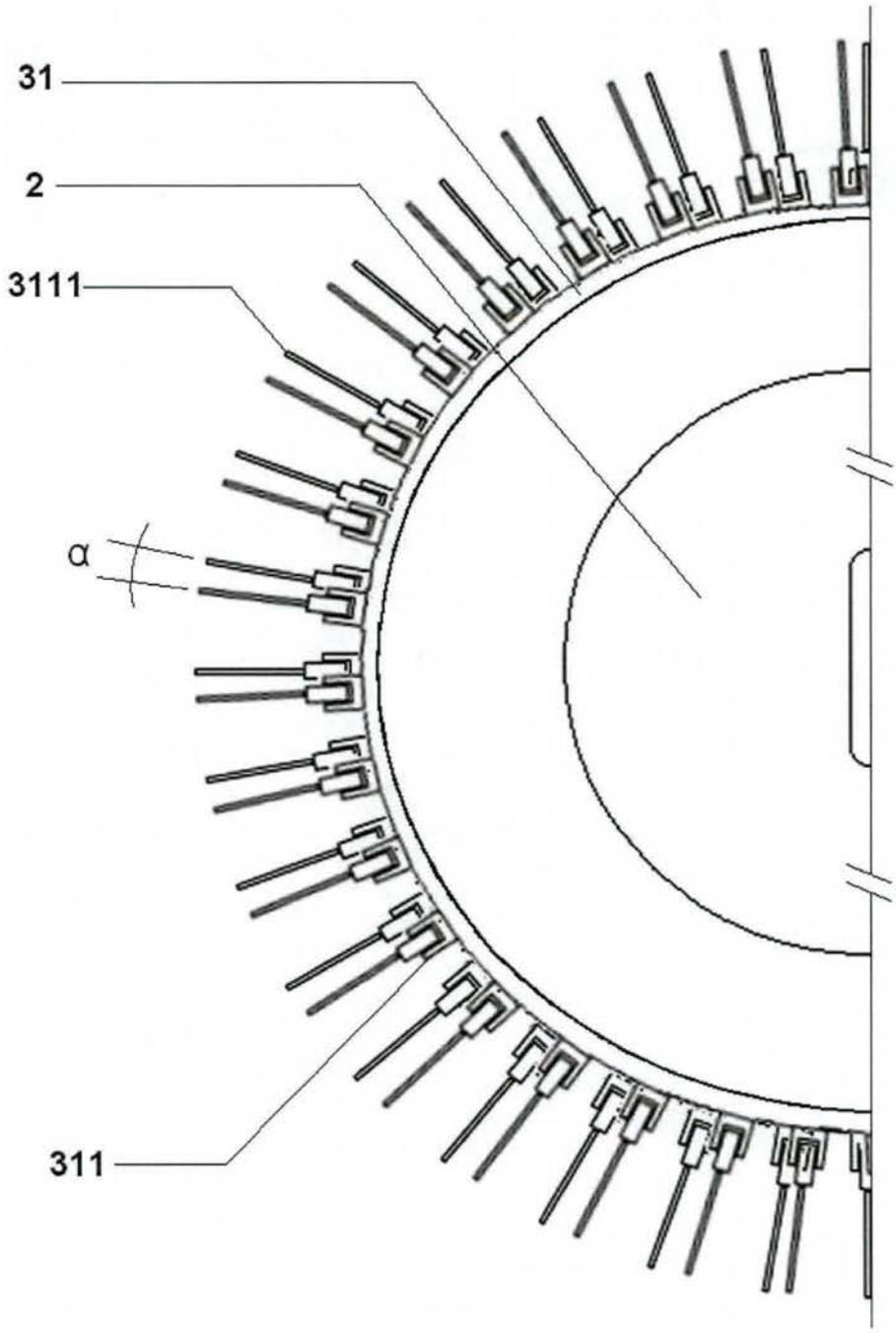

FIGURA 4

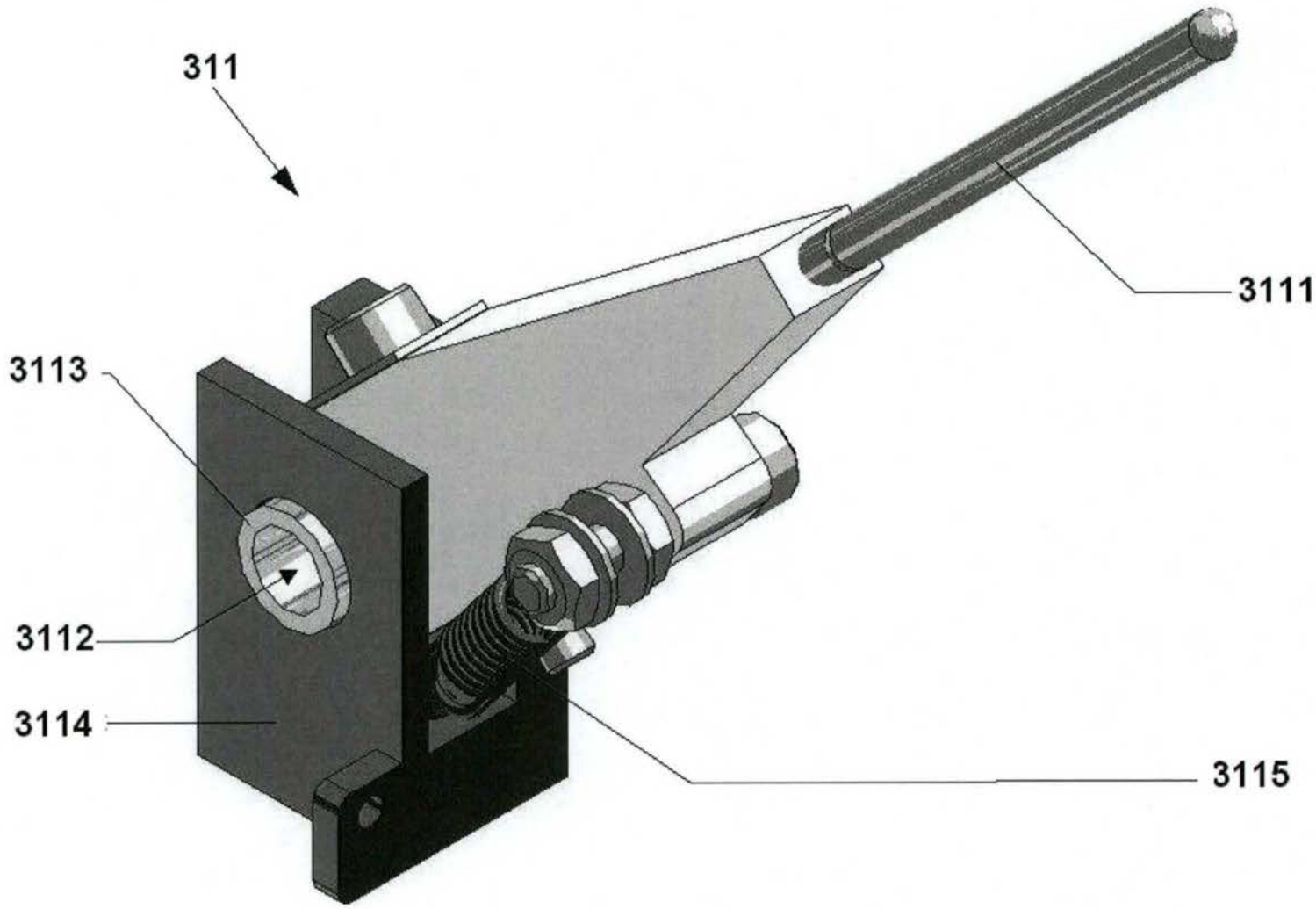

FIGURA 5

28

P1060496

29

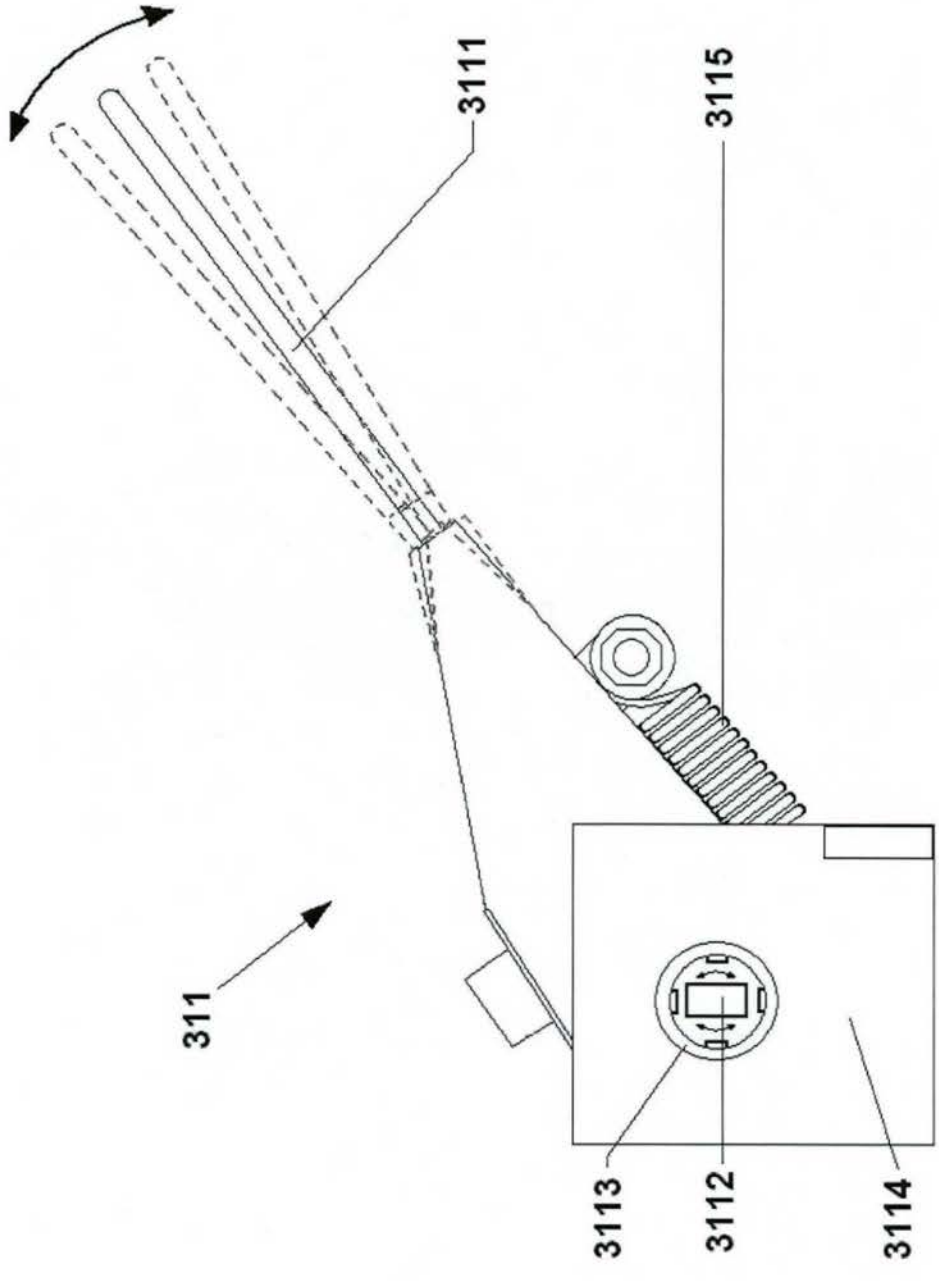

FIGURA 6

P 10600496

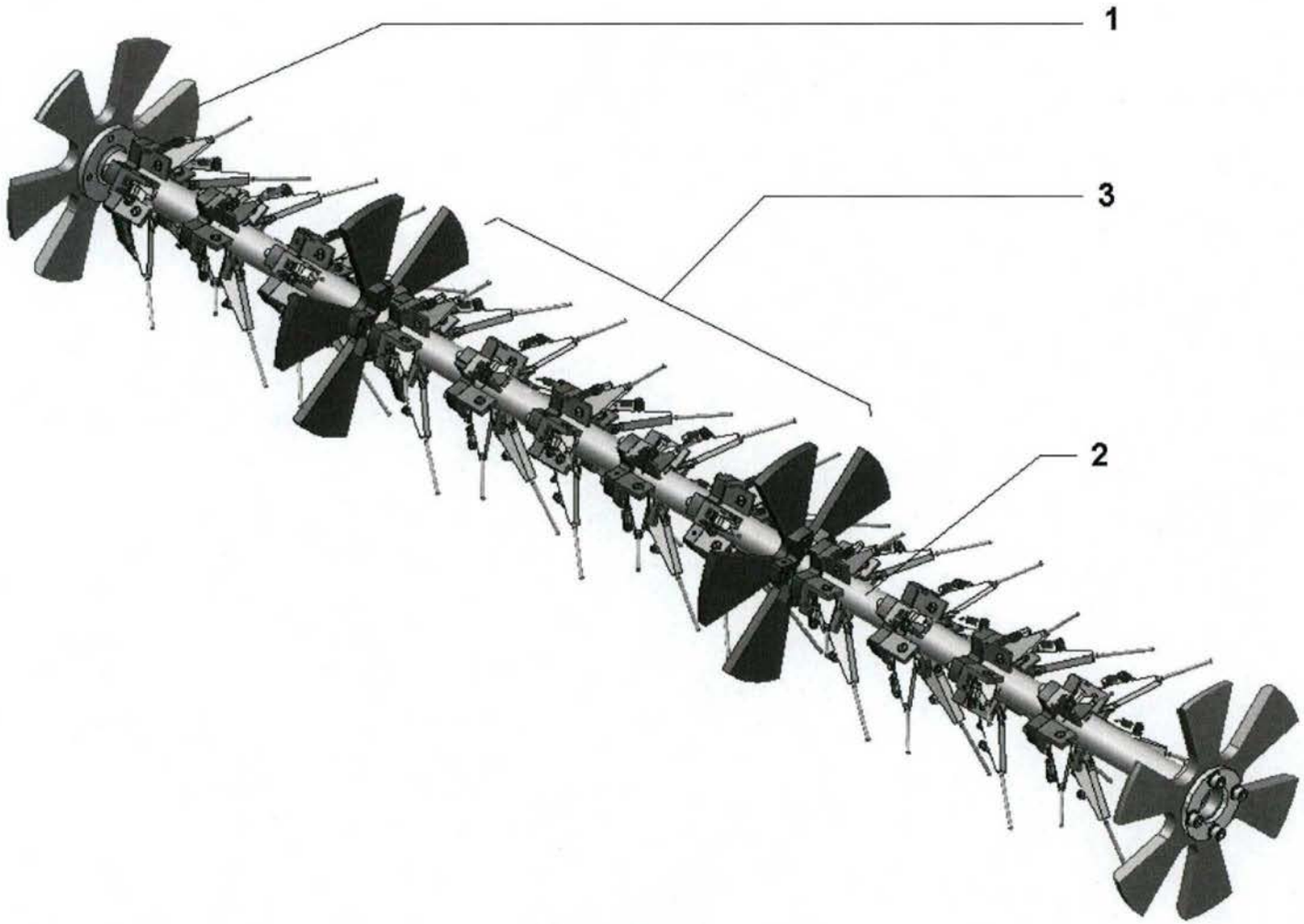

FIGURA 7