



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

(11) PI 1004554-6 B1



(22) Data do Depósito: 07/01/2010

(45) Data de Concessão: 10/11/2020

(54) Título: EQUIPAMENTO PARA PROVER MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS FORA DO REVESTIMENTO DA CABEÇA DO POÇO DE UM POÇO E MÉTODO PARA O MONITORAMENTO DE PARÂMETROS FORA DO REVESTIMENTO DA CABEÇA DO POÇO DE UM POÇO

(51) Int.Cl.: E21B 41/00; E21B 47/00; E21B 47/01; E21B 47/06; E21B 47/10; (...).

(30) Prioridade Unionista: 12/01/2009 GB 0900446.6; 25/11/2009 GB 0920674.9.

(73) Titular(es): SENSOR DEVELOPMENTS AS.

(72) Inventor(es): OIVIND GODAGER.

(86) Pedido PCT: PCT GB2010000003 de 07/01/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/079320 de 15/07/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 04/07/2011

(57) Resumo: EQUIPAMENTO PARA PROVER MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS FORA DO REVESTIMENTO DA CABEÇA DO POÇO DE UM POÇO E MÉTODO PARA O MONITORAMENTO DE PARÂMETROS FORA DO REVESTIMENTO DA CABEÇA DO POÇO DE UM POÇO. Um equipamento e método para monitorar parâmetros fora do revestimento da cabeça do poço (2) do poço compreendendo uma Unidade Sensora Sem Fio (WSU - Unidade Sensora Sem Fio) (1) localizada fora de uma seção de um revestimento não-magnético do poço, a dita WSU incluindo um dispositivo sensor (1) para medir os parâmetros adjacentes. O equipamento ainda inclui uma Unidade Energizadora do Sensor (SEU - Sensor Energizer Unit) (9) dentro do revestimento da cabeça do poço usada para energizar e fazer a comunicação com a WSU. A SEU e a WSU são dispostas para se situarem na mesma elevação e comunicam dados usando técnicas de modulação eletromagnética.

“EQUIPAMENTO PARA PROVER MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS FORA DO REVESTIMENTO DA CABEÇA DO POÇO DE UM POÇO E MÉTODO PARA O MONITORAMENTO DE PARÂMETROS FORA DO REVESTIMENTO DA CABEÇA DO POÇO DE UM POÇO”

[001] A presente invenção se refere a um método e equipamento para medições da cabeça do poço no local para o monitoramento e controle da produção de óleo e gás, de poço de injeção e observação. Mais particularmente, a presente invenção se refere a um método e equipamento para o monitoramento dos parâmetros da cabeça do poço e de formação no local. Os meios operacionais podem ser instalados sem fio atrás do revestimento da cabeça do poço ou da barreira de produção, sem a necessidade de um cabo ou fio para energização, e sem comprometer de qualquer maneira a integridade da pressão do poço ou do projeto do poço.

[002] A presente invenção leva a uma melhor interpretação do processo ou da formação de parâmetros, já que os sensores são colocados mais próximos ou em contato direto com a zona de investigação de interesse. Os equipamentos envolvidos permitem que os parâmetros sejam medidos simultaneamente dentro e fora do revestimento da cabeça do poço. A proximidade do sensor para a formação e o desempenho geral da aquisição de dados permite que o operador possa melhor distinguir se uma alteração do parâmetro físico medido foi causada pela alteração do próprio parâmetro físico ou foi causada pelas flutuações do processo ou ambientais.

[003] A invenção também inclui uma telemetria para a comunicação da superfície com o poço, assim como uma "coleta de potência" combinada e dispositivo de telemetria para a comunicação com a Unidade Sensora Sem Fio que se localiza atrás da barreira ou do revestimento do poço. O link de potência e telemetria da superfície para o poço permite que várias unidades de sensores sejam montadas e operadas no mesmo cabo de poço. Essa

configuração de rede permite o monitoramento local dos parâmetros da cabeça do poço de diferentes zonas em somente uma cabeça do poço.

[004] A administração do óleo e gás, assim como dos reservatórios para armazenagem constitui uma preocupação corrente da indústria do petróleo. Essas preocupações são principalmente devidas às enormes despesas monetárias envolvidas na fabricação e na operação de qualquer tipo de poço de petróleo, assim como aos riscos associados com restaurações e recompletações. Na presente, um poço do tipo petróleo é definido como qualquer tipo de poço que estiver sendo perfurado e equipado com o propósito de produção ou de armazenagem de frações de hidrocarbonetos de ou para formações sub-superfície. Além disso, poços do tipo petróleo são categorizados como qualquer tipo ou combinação de poço de armazenagem, observação, produção ou de injeção.

[005] Modernos sistemas de administração de reservatórios mais e mais visam o avanço, incluindo medições do exterior do revestimento da cabeça do poço. Estão sendo consideradas medições tanto de perto como longe da cabeça do poço. Assim, o prospecto e o propósito da formação do monitoramento de parâmetros tornaram-se mais complexos do era o caso anteriormente. Como a indústria em geral, a motivação é a compreensão completa das propriedades físicas e da geometria do reservatório, já que esta no longo prazo contribui para o prolongamento da vida útil do poço, assim como do rendimento da produção.

[006] Existem vários parâmetros de formação que podem ser de interesse ao se ter disponível a tecnologia de sensores para a observação no lado da formação do revestimento, como na presente invenção. Assim, a tecnologia de medição com sensores proposta se aplica a qualquer tipo de medições de formação como, por exemplo, resistividade, meios químicos, de temperatura, pressão, radiação, sísmicos multi eixos, para mencionar alguns. Para o propósito da presente invenção, escolhemos uma aplicação de medição

específica para mostrar as características e a funcionalidade da presente invenção. Assim, o exemplo de processo para a continuação da discussão é a técnica para prever corretamente a pressão de poros de uma formação fora do revestimento da cabeça do poço no mesmo tempo em que o poço produz. A aplicação exige que o sensor seja cimentado no lugar atrás do revestimento o mais próximo possível da formação.

[007] Em geral, todo o controle e o acesso ao poço de petróleo são providos por meio de uma cabeça de poço. A presente invenção tem aplicações para quaisquer poços do tipo petróleo, por exemplo, poços localizados em terra, em uma plataforma ou em um leito marinho. Entretanto, para simplicidade e para facilitar a compreensão uniforme da presente invenção, é descrita na presente particularmente da forma com que se relaciona com um poço de petróleo do tipo genérico e sua cabeça de poço.

[008] Existem numerosas patentes da técnica anterior relacionadas à medição de parâmetros fora dos anéis tubulares do revestimento do poço. Um sistema próximo é descrito na US 6,513,596B2. O sistema descrito é ilustrativo por natureza e mostra um sistema de monitoramento de dados de poços com sensores colocados no interior dos anéis tubulares de um programa para revestimento de poços. O sistema é uma abordagem não invasiva para medir a pressão e demais parâmetros dentro de uma pluralidade de espaços de anéis tubulares e que preserva a pressão que contém a integridade do poço. O sistema mostra sensores colocados no interior dos anéis tubulares que se comunicam com um sistema de interrogação localizado externa ou internamente ao alojamento da cabeça de poço. Confirma-se que os sensores exigirão potência e comunicação para realizar aquela operação e lista em geral fontes alternativas para acionamento e métodos de comunicação sem resolver os desafios reais sobre como programá-los em uma aplicação no mundo real.

[009] Não se acredita que este método tenha sido instalado em

qualquer campo ou poço de petróleo.

[0010] Outra abordagem relacionada é descrita na EP 1 662 673 A1. O método aí descrito é a saturação magnética do revestimento ou conduto do poço para fazer uma "janela" para a operação local de um campo magnético CA para excitar um sensor localizado fora do revestimento. O princípio descrito não é considerado realista devido ao relativamente alto consumo necessário para saturar magneticamente o revestimento do poço. Além disso, o método exigiria um fluxo de corrente uniforme no interior do material a ser saturado, que por sua vez exigiria um desempenho de contato ideal (resistência de contato distribuída uniformemente na área exposta) dos eletrodos envolvidos. Devido à combinação de eletrodos expostos e das altas correntes, esse sistema se degradaria rapidamente devido às reações galvânicas (oxidação/corrosão) no interior do sistema de contenção de pressão do poço. Assim, o método é considerado como não aplicável para uma aplicação de medição permanente de cabeça do poço devido aos eletrodos expostos e à alta densidade de corrente necessária para a saturação magnética permanente do revestimento da cabeça do poço. Além disso, não é ilustrado e nem se acredita que este método e equipamento possam funcionar em uma configuração multi sensor para prover uma infraestrutura comum de maneira a permitir a colocação dos sensores da cabeça do poço no local nas diferentes zonas de investigação, como na presente invenção.

[0011] Um aspecto da presente invenção é prover um método e um equipamento para a obtenção de medições da cabeça do poço no local. Em certas aplicações, é necessário colocar os sensores atrás do revestimento do poço perto da formação. Para tanto, é necessário estabelecer um link sem fio para potência e comunicação através do revestimento da cabeça ou barreira do poço. Tradicionalmente, os sensores não são colocados atrás do revestimento devido à necessidade de um cabo tradicional para o fornecimento de potência e comunicação. Entretanto, a introdução de um cabo e de uma penetração no

revestimento de um poço não contribui para a integridade de pressão da barreira, sendo uma instalação não ideal. Assim, foram feitas somente aplicações especiais que envolvam uma seção cimentada de um forro ou equivalente, provendo sensores no exterior do revestimento de produção.

[0012] Além disso, e como adição à complexidade, algumas aplicações dos novos métodos de produção fazem uso do tradicional espaço dos anéis tubulares (anel tubular-A) como elementos vivos de seus sistemas de processo. Consequentemente, surgem novas exigências reguladoras e a necessidade de mover a barreira do revestimento de produção tradicional e a integridade do poço para o exterior, como segue. A presente invenção revela um método não intrusivo que preserva a integridade da pressão do poço ao mesmo tempo em que permite a colocação de sensores atrás do revestimento da cabeça do poço. Outra importante característica do método e do equipamento da presente invenção é que permite que um aglomerado de sistemas sensores (SEU) seja montado e operado no mesmo cabo elétrico do poço. Assim, é obtida uma configuração de multi sensores na medição da cabeça do poço.

[0013] Um segundo aspecto da invenção, é que o sistema pode corrigir desvios transientes induzidos pelas alterações ambientais ou de carga de processo. Tipicamente, as alterações de carga são causadas por flutuações na temperatura do processo ou ambientais. Este é o caso de um dispositivo sensor de pressão que conduz um volume constante de fluido hidráulico, como em uma aplicação de medição de pressão de poros. Com a alteração ou a flutuação da temperatura de um poço de produção, o fluido do sistema ou a pressão no interior do sistema de contenção de um sensor de pressão expande ou contrai, resultando em uma leitura tendenciosa. A alteração não é crítica, mas simplesmente adiciona-se à má interpretação e ao monitoramento errôneo da pressão no período transiente. Quanto menor o sistema de contenção, maior é o desvio. Para superar esse fato, uma aquisição em tempo real dos

dados de processo e ambientais, em combinação com as medições no local constituem-se um importante avanço com relação à técnica anterior, já que a presente invenção pode ajudar a administrar a antecipação e reagir aos problemas. Além disso, o pacote do sensor remoto pode ser dotado de numerosos e diferentes sensores de avaliação, que podem ser importantes para avaliar ou filtrar o status ou a integridade de um parâmetro de medição de poço.

[0014] De acordo com um aspecto da presente invenção, trata-se de uma Unidade Sensora Sem Fio (WSU). A WSU é um sistema não intrusivo de medição no local destinado ao monitoramento de um ou mais parâmetros de cabeça do poço atrás do revestimento próximo à formação. Uma característica da WSU é conter um Pacote Sensor (SP) que para o propósito de ilustrar a presente invenção consiste em um pacote sensor para permanentemente monitorar a pressão e a temperatura sem comprometer, sob qualquer aspecto, quaisquer das barreiras de integridade de pressão dos anéis tubulares do revestimento do poço. A SP é específica para a aplicação e consiste em um conjunto de cristais sensores para temperatura e pressão de quartzo altamente preciso e produz vazões de pressão e temperatura assim como gradientes de temperatura (isto é, alterações). Por sua vez, a SP está ligada a um Transceptor Eletromagnético (ET) que inclui circuitos para a comunicação bilateral e a coleta de potência. Tanto a SP como o ET são montados ou integrados ao perímetro externo de uma Seção de Revestimento Não-Magnético (NMCS) que faz parte do programa de revestimento do poço (barreira).

[0015] Outro aspecto da presente invenção é a Unidade Energizadora do Sensor (SEU) que é tipicamente parte ou é montada à tubulação de preenchimento do poço. A SEU é adaptada para hospedar a Unidade Sensora Sem Fio. A SEU consiste em três elementos principais. O primeiro e principal elemento da SEU é uma Armadura Eletromagnética (EA); segundo, um

Mandril Ajustável (AM); e terceiro, um Adaptador de Cabos (CA). A EA fornece uma combinação de fonte de potência e link de comunicações para a WSU. A principal transmissão da EA é por indução de baixa frequência ou meios eletromagnéticos (EM), que são coletados e convertidos em energia elétrica pela WSU. Para garantir a eficiência ideal vice-versa da WSU, a EA é montada no AM, que amplia a instalação para "sintonia fina" ou otimiza a eficiência para hospedar a WSU por meio de ajuste vertical. Montado na EA existe também um Adaptador de Cabos (CA) que liga o cabo de controle a partir do exterior do poço. O cabo de controle é montado na tubulação de preenchimento por meio de grampos de cabos tradicionais e sai do poço pela cabeça de poço, tudo de acordo com os meios da técnica anterior. Tipicamente, o cabo de controle é um Cabo Elétrico de Tubulação (TEC) do tipo condutor simples, que fornece energia à SEU, assim como comunicação entre as dependências mencionadas e de monitoramento (isto é, fora do poço).

[0016] Por razões práticas, a EA pode ser fixada a um Mandril Ajustável (AM) que dá liberdade de ajuste/posicionamento vertical da EA com relação à WSU. A liberdade de ajuste vertical após ser montada à tubulação de processo permite que os operadores envolvidos a posicionem no local exato adjacente à WSU no poço sem introduzir a complexidade espaço externo, que envolve o preenchimento ou a tubulação de processo dentro do poço. Assim, o propósito do AM é duplo, primeiro, prover um suporte, portador e/ou protetor para a EA e, segundo, permitir o ajuste vertical de maneira que as duas configurações principais da invenção (isto é, a WSU e a SEU) sejam corretamente dispostas entre si.

[0017] Dependendo do tipo e das condições para a provisão de uma medição particular cabeça do poço, a SEU também pode incluir um Pacote Sensor (SP) igual ou diferente daquele da WSU para aumentar as aquisições mais complexas de dados para interpretar as medições da cabeça do poço.

[0018] De acordo com um aspecto da presente invenção, é fornecido

um equipamento para prover monitoramento dos parâmetros fora do revestimento da cabeça do poço de um poço, o dito equipamento compreendendo: a Unidade Sensora Sem Fio (WSU), localizada fora de uma Seção de Revestimento Não-Magnético, a dita WSU incluindo um dispositivo sensor para medir parâmetros de suas adjacências, onde a WSU pode ser instalada ou posicionada em qualquer elevação da cabeça do poço e onde a WSU é acionada pela Coleta de Potência onde a frequência do sinal de indução está na faixa de 10-1000 Hz para penetração profunda através do revestimento não-magnético; uma Unidade Energizadora do Sensor (SEU) interna colocada no interior do revestimento da cabeça do poço, a dita SEU sendo usada para o acionamento e a comunicação com a WSU, e onde a SEU é montada na tubulação do poço ou um programa de preenchimento por meio de tubulação tendo uma rosca que permite o ajuste de sua elevação, e onde a SEU converte a energia de corrente contínua fornecida por um cabo da superfície até um campo eletromagnético alternado que provê uma fonte de energia para a WSU fora do revestimento; onde a SEU e a WSU usam uma técnica de modulação eletromagnética para prover a comunicação de dados entre os dois componentes; e onde a SEU e a WSU são dispostas para estarem exatamente na mesma elevação.

[0019] A WSU pode ser montada próximo à cabeça de poço ou pode ser montada distalmente a partir da cabeça de poço, bem abaixo em formação. Pode haver dois ou mais sensores em uma WSU e podem todos, ou em parte, ser colocados no exterior do revestimento da cabeça do poço sem comprometer a integridade da pressão do poço.

[0020] Os sensores medem um ou mais parâmetros adjacentes e podem ser ramificados a partir da WSU e conectados a um conjunto de fiação elétrica comum montado no exterior do revestimento. O conjunto de fiação elétrica é um cabo para fundo de poço (TEC) do tipo de condutor único ou múltiplo.

[0021] O sensor ou sensores da WSU podem ser do tipo permanente que podem ser cimentados no lugar diretamente faceando a formação ou podem ser de furo aberto e diretamente faceando a formação. Alternativamente, a WSU e sua configuração de sensor podem ser parte de um sistema de contenção de pressão de cabeça de poço no anel tubular e faceando um revestimento externo da cabeça do poço ou cimentados no lugar faceando um revestimento externo da cabeça do poço.

[0022] O equipamento pode ainda compreender uma ou mais bobinas para coleta de potência espaçadas em uma dada Seção de Revestimento Não-Magnético. As bobinas ou uma banda do revestimento não-magnético podem prover o preenchimento necessário ou a tolerância espaçada do sistema ao ser colocada a tubulação do poço ou o suporte da tubulação na cabeça do poço ou árvore.

[0023] A WSU pode também incluir ou ser conectada a uma fonte secundária de energia que pode ser uma bateria ou um gerador de poço, por exemplo.

[0024] A SEU pode ainda incluir um ou mais sensores para medir parâmetros no interior do revestimento da cabeça do poço ou tubulação à qual é fixada e esses sensores podem ser uma parte integrante de uma SEU, ou podem ser ramificados a partir da SEU e conectados a um conjunto de fiação elétrica comum, ou o sistema sensor pode ser uma combinação de sensor integral e de sensores ramificados. Quando presente, o conjunto de fiação elétrica pode ser um cabo para fundo de poço (TEC) do tipo de condutor único ou múltiplo.

[0025] Os sensores da presente invenção podem medir os parâmetros referentes ao processo do poço, seus componentes estruturais, ou de formação de parâmetros.

[0026] Os exemplos das propriedades do processo de poço que podem ser medidas incluem: pressão, temperatura, vazão, velocidade do fluxo,

direção do fluxo, turbidez, composição, nível do óleo, nível da interface óleo-água, densidade, salinidade, deslocamentos, vibrações, pH, resistividade, radioatividade, teor de areia, condutividade térmica, assim como outras propriedades químicas e físicas.

[0027] Os exemplos de componentes estruturais da cabeça do poço que podem ser medidos incluem: choque, vibrações, inclinações, propriedades magnéticas, propriedades elétricas, face de ferramenta ou outro tipo de orientação de ferramenta, assim como propriedades de stress e tensão.

[0028] Os exemplos de propriedades de formação ou de furo aberto fora do revestimento da cabeça do poço que podem ser medidas incluem: pressão, temperatura, radioatividade, resistividade, densidade, pH, salinidade, campos eletromagnéticos e/ou elétricos, som, velocidade do som, condutividade térmica, assim como outras propriedades químicas e físicas.

[0029] O equipamento pode ainda incluir meios para induzir uma resposta das adjacências, meios estes que podem ser selecionados dentre: uma fonte de campo magnético, uma fonte de campo elétrico, ondas sonoras, pressão, temperatura, ondas de forças de cisalhamento, outro elemento final ou peça de acionamento do controle de processo do poço, elemento final ou acionador usado para a formação para auxiliar qualquer das medições acima mencionadas.

[0030] O equipamento pode também ainda compreender um ou mais dentre: cancelamento de ruído de desvios de parâmetros devido ao desvio criado pelo processo do poço ou pelo ambiente; predição e correção de medições devidas ao gradiente térmico e de pressão dentro do sistema.

[0031] A invenção também se estende ao método para o monitoramento de parâmetros fora do revestimento da cabeça do poço de um poço, o dito método compreendendo: instalação de uma Unidade Sensora Sem Fio (WSU), incluindo um dispositivo sensor para medir parâmetros de suas adjacências, em um local fora de uma seção de um revestimento não-

magnético, onde a WSU pode ser instalada ou posicionada em qualquer elevação da cabeça do poço; instalação de uma Unidade Energizadora do Sensor (SEU) interna colocada no interior do revestimento da cabeça do poço, a dita SEU sendo usada para o acionamento e a comunicação com a WSU, e onde a SEU é montada na tubulação do poço ou um programa de preenchimento por meio de tubulação tendo uma rosca que permite o ajuste de sua elevação; disposição da SEU e da WSU para se situarem exatamente na mesma elevação; energização da WSU pela Coleta de Potência onde a frequência do sinal de indução está na faixa de 10-1000 Hz para penetração profunda através do revestimento não-magnético; conversão da energia de corrente contínua fornecida por um cabo da superfície até um campo eletromagnético alternado que provê uma fonte de energia para a WSU fora do revestimento; e o uso de uma técnica de modulação eletromagnética para fazer a comunicação de dados entre a WSU e a SEU.

[0032] As características opcionais e preferidas do equipamento acima discutidas aplicam-se igualmente ao método da presente invenção e serão discutidas em maiores detalhes na descrição específica abaixo.

[0033] Estas e outras características e vantagens da presente invenção serão apreciadas e compreendidas pelos técnicos no assunto a partir da descrição e dos desenhos detalhados. Com referência agora aos desenhos, onde elementos iguais têm numerações iguais nas várias Figuras:

A Figura 1 é uma vista em diagrama mostrando o Método e o Equipamento da presente invenção para uso nas Medições Locais na Cabeça do Poço;

A Figura 2 mostra uma vista ampliada em diagrama de um aspecto da Figura 1, mostrando a Unidade Sensora Sem Fio (WSU);

A Figura 3 mostra uma vista ampliada em diagrama de outro aspecto da Figura 1, mostrando a Unidade Energizadora do Sensor (SEU);

A Figura 4 mostra um diagrama de bloco elétrico simplificado

do Sistema de Administração de Pressão de acordo com a presente invenção;

A Figura 5 é uma vista em diagrama similar à Figura 1, mas mostrando o uso de múltiplos sensores em cada lado do revestimento da cabeça do poço;

A Figura 6 é um diagrama de blocos mostrando uma rede de sensores operando a partir de uma nota só;

A Figura 7 é uma vista em diagrama similar à Figura 1, mostrando o uso de múltiplos sensores em um único cabo para fundo de poço; e

A Figura 8 é um diagrama de blocos mostrando a rede de sensores da Figura 7.

[0034] A presente invenção se refere a medições locais na cabeça do poço. O objetivo é colocar um ou mais sensores dentro e à volta da cabeça do poço para medir um parâmetro físico ou propriedade de uma formação. Os parâmetros mais comuns ou frequentes a monitorar são a pressão e/ou temperatura em uma elevação alvo no interior de um reservatório ou formação. Em particular, a Unidade Sensora Sem Fio (WSU) 1 na presente invenção é parte do programa de revestimento da barreira de produção principal 2 do poço. A seção de revestimento 20 (vide Figura 2) da WSU 1 é feita de um material não-magnético e abriga um Pacote Sensor 10 e uma pluralidade de Transceptores Eletromagnéticos 11 a-f. Para o propósito da presente invenção, o pacote sensor é configurado para medir e monitorar o espaço anular fora da barreira principal do sistema de produção do poço como mostrado na Figura 1.

[0035] Com referência à Figura 1, esse espaço 3 é também geralmente denominado de Anel Tubular-B e a WSU 1 fica tipicamente posicionada próximo e abaixo da estrutura ou alojamento da cabeça de poço 4. A estrutura da cabeça de poço é aqui mostrada no contexto, com os números de referência mostrando a terra pela qual o poço foi perfurado, onde 6 mostra a cabeça do

poço. A WSU 1 acionada sem fio pela Unidade Energizadora do Sensor (SEU) 9 por meios eletromagnéticos, também denominados de "coleta de potência" (indicado com o número de referência 100 na Figura 4) pelos técnicos em engenharia elétrica. A WSU 1 é dotada de circuitos de supervisão, que permitem comunicações de dupla via com a SEU 9. Por sua vez, a comunicação é feita por meios eletromagnéticos.

[0036] A Figura 2 mostra os elementos principais de um componente da presente invenção em maior detalhe, que em conjunto definem a configuração da Unidade Sensora Sem Fio (WSU) 1. A WSU 1 consiste em um Pacote Sensor (SP) 10, um Transceptor Eletromagnético (ET) 11 a-f, e uma Seção de Revestimento Não-Magnético (NMCS) 20. Uma conexão mais detalhada e um diagrama de funcionamento da WSU 1 são ilustrados no lado direito da linha pontilhada da Figura 4.

[0037] Com referência à Figura 3, um segundo componente da presente invenção é a Unidade Energizadora do Sensor (SEU) 9. A SEU 9 é tipicamente montada em um Mandril 91 e fixada à uma seção da tubulação de produção 94. Para a presente ilustração, a tubulação de produção 94 é dotada de uma rosca externa 93, apesar de também poder ser uma rosca interna. A rosca 93 permite que a elevação da SEU 9 seja ajustada de maneira que essa elevação no poço corresponda exatamente à elevação da WSU 1. Isto garante as comunicações adequadas, assim como dá a eficiência ideal da coleta de potência (referência 100 na Figura 4).

[0038] O fornecimento de energia e as comunicações para a SEU 9 são providas por meio do Cabo Elétrico Tubular (TEC) 97 que está montado na tubulação de processo 7 e na alimentação 72 e 73, tipicamente saindo do suporte da tubulação 71 (vide Figura 1). A SEU 9 também pode abrigar um Pacote Sensor 95, que em princípio é o mesmo que o Pacote Sensor 10 da WSU 1, mas configurado para ler os parâmetros dos anéis tubulares internos 8. Tipicamente, o anel tubular interno 8 é geralmente denominado de Anel

Tubular-A pelos técnicos no assunto, ou então se situa abaixo do pacote de produção do poço.

[0039] Com referência às Figuras 3 e 4, a energia para a SEU 9 é provida a partir da Unidade de Interface do Furo de Poço (DIU) 101 montada no local do poço por meio do conduto de cabo (TEC) 97. O TEC também abriga as comunicações para dentro e para fora do poço entre a DIU 101 e a SEU 9. Tipicamente, a comunicação se faz por meio de um sinal superposto na potência, já que a TEC 97 é um cabo condutor simples. A TEC 97 finaliza na SEU 9 no Adaptador de Cabos 96. A energia é dirigida internamente por meio do mandril 91 e conectada à Armadura Eletromagnética (EA) 92. Uma descrição detalhada das funções eletrônicas internas e de roteamento é dada na Figura 4, no lado esquerdo da linha pontilhada.

[0040] Também, se necessário, um Pacote Sensor (SP) 95 pode ser adaptado para fornecer mais dados para a avaliação da integridade da pressão dos anéis tubulares de interesse. O SP 95 é o mesmo que o SP 10 da WSU, mas pode ser alternativamente de qualquer tipo de sensor capaz de fornecer dados para aumentar a segurança e a avaliação de riscos de um determinado poço.

[0041] Por exemplo, o sensor 95 poderia medir uma ou mais das seguintes propriedades: pressão, temperatura, vazão, velocidade do fluxo, direção do fluxo, turbidez, composição, nível do óleo, nível da interface óleo-água, densidade, salinidade, radioatividade, deslocamentos, vibrações, pH, resistividade, teor de areia, condutividade térmica, assim como outras propriedades químicas e físicas.

[0042] Como mencionado acima, EA 92 e SP 95 podem ser montadas no mandril 91. O mandril 91 serve tanto como suporte para a proteção dos elementos mencionados como permite o ajuste para combinar a posição ou a elevação vertical da WSU 1. A faixa de ajustes da presente invenção está tipicamente na faixa de 0-50 cm, por exemplo, 10-40 cm ou 25-35 cm, porém

pode ser mais ou menos dependendo das exigências de liberdade do espaço externo adequado da instalação. Tanto o mandril 91 como a tubulação de processos 94 podem ser fabricadas com material magnético.

[0043] Com referência à Figura 4, trata-se de um diagrama de blocos eletrônico simplificado da presente invenção sendo dotado, para os técnicos no assunto, de maneira a visualizar a arquitetura inerente, assim como a operação do sistema. Como pode ser visto no diagrama de blocos, uma ou mais unidades SEU 9 pode ser montada no cabo de controle 97.

[0044] Nessa Figura, isso é ilustrado usando outro TEC 98, levando a outras unidades SEU mostradas por 28. Em um sistema multi unidades (isto é, duas ou mais unidades SEU 9), cada SEU é conectada em uma configuração paralela no cabo 97. Devido ao consumo de energia relativamente grande, a natureza do sistema é também que somente uma SEU fique ativa por vez.

[0045] O status ativo de uma SEU é indicado durante a partida inicial e por meio de um comando expedido pela DIU 101 no local do poço. Na energização, a DIU indica ativamente uma das unidades SEU 9 na linha e a torna o nodo ativo do sistema. Para mudar para outra SEU, a DIU simplesmente desenergiza a linha para resetar ou para continuar. Na próxima energização, outra SEU poderá ser indicada. Usando esse modo de operação, a energia é direcionada para uma SEU por vez e o sistema é capaz de abrigar muitas unidades SEU na linha sem grande queda de tensão no cabo devido a grandes cargas.

[0046] A coleta de potência 100 é feita por meio do correto alinhamento vertical de uma SEU 9 com relação à WSU 1. Como mencionado acima, este ajuste é feito pelo mandril ajustável 91. Um segundo requisito e característica da presente invenção é o uso da Seção de Revestimento Não-Magnético (NMCS) 20 que torna o campo eletromagnético de menor frequência (50-1000 Hz) induzido pela Armadura Eletromagnética (EA) 92 de penetração profunda e assim visível para o Transceptor Eletromagnético (ET)

11 de uma WSU 1. A eficiência da transferência de potência é baixa devido às condições não ideais do acoplamento de indução; entretanto, os testes mostram que uma taxa na faixa de 20:1 pode ser obtida, sendo suficiente para operar um pacote sensor de baixa potência, como descrito na presente invenção.

[0047] Novamente com referência à Figura 4 em detalhe, a SEU 9 consiste em uma Fonte de Energia 21 que fornece energia em corrente contínua regulada para as funções eletrônicas da unidade. A SEU é supervisionada pelo Controlador interno 25. Em uma chamada de alerta, o Controlador faz a interpretação do endereço e, quando endereçado, liga o Oscilador de Modulação (Modulating Chopper Oscillator) interno 27. O MCO converte a energia elétrica em um campo magnético alternado por meio da Armadura Eletromagnética 92. O campo induzido tem uma frequência que permite que as ondas eletromagnéticas se propaguem profundamente nas estruturas adjacentes, sendo depois coletadas pelo Transceptor Eletromagnético (ET) 11 a-f de uma WSU 1. O MCO também auxilia a modulação de dados 22 entre a SEU e a WSU.

[0048] A SEU também tem um Modem 23. O principal propósito do Modem é ler e transmitir dados 22 de/para a linha de energia 97. Entretanto, os dados 22 que entram e saem da SEU são armazenados e interpretados pelo Controlador interno 25. Os Sensores de Cristal (por exemplo, para a detecção de pressão 29 e de temperatura 30) do dispositivo descrito, são acionados pelos respectivos Osciladores 26 e cada cristal sensor fornece uma saída de frequência como função de sua medida. A frequência do sensor é medida pelo Processador de Sinais 24, sendo continuamente alimentada para um buffer de entrada do Controlador 25.

[0049] Para a WSU 1, as funções eletrônicas internas são equivalentes às da SEU 9, com exceção da Ponte Retificadora 31. A Ponte Retificadora converte a corrente alternada induzida pelo campo eletromagnético local em

uma tensão/corrente contínua que aciona internamente a WSU 1. O princípio eletromagnético indicado utilizado é denominado Coleta de Potência 100 pelos técnicos no assunto. Para os propósitos da presente invenção, a WSU 1 é dotada de sensores de pressão 29 e de temperatura 30 de alta precisão. Em princípio, a WSU 1 pode incluir um Pacote Sensor que pode ter qualquer tipo de sensores para medir uma pluralidade de parâmetros de medição fora do revestimento da cabeça do poço ou barreira.

[0050] As Figuras 1 a 4 têm em geral mostrado um sistema que inclui um sensor ou dois sensores simples dentro da SEU, um dentro de uma SEU e o outro em uma WSU.

[0051] A Figura 5 mostra o sistema descrito na Figura 1 expandido para incluir mais sensores em cada lado do revestimento da cabeça do poço. Números de referência similares são usados para características similares como nas Figuras 1 a 4. No interior, ramificados a partir da SEU, estão os sensores 95a, 95b e 95c, por exemplo, e no exterior, ramificados a partir da WSU, ainda estão os sensores 10a, 10b e 10c, por exemplo.

[0052] A Figura 6 é o diagrama de blocos esquemático correspondente, mostrando os múltiplos sensores interligados para operarem a partir de um nodo simples e ilustra a cascata de sensores em ambos os lados do revestimento da cabeça do poço. Com referência à Figura 6, os sensores são mostrados medindo as propriedades do furo aberto, por exemplo, pressão 29, temperatura 30, resistividade 32, e nível da interface óleo/água 33.

[0053] A Figura 7 mostra o sistema descrito pela Figura 1 expandida para incluir múltiplos nodos por meio de dois ou mais conjuntos de SEU e WSU instalados. Os números de referência similares são usados para características similares como nas Figuras 1 a 4. No interior, e operadas no mesmo cabo 97, estão mostradas duas SEUs 9 que têm WSUs 1 associadas na mesma elevação externamente à cabeça do poço. Na Figura, ambas as WSUs 1 estão faceando a formação, mas seria possível ter ambas faceando para

dentro ou ter uma faceando para dentro e uma faceando a formação.

[0054] A Figura 8 é o diagrama de blocos esquemático correspondente mostrando os múltiplos sensores nas múltiplas WSUs, associados às múltiplas SEUs, todos operados fora do cabo 97. Com referência à Figura 8, os sensores são mostrados medindo propriedades de furo aberto, por exemplo, pressão 29 e temperatura 30.

REIVINDICAÇÕES

1. Equipamento para prover monitoramento dos parâmetros fora do revestimento da cabeça do poço de um poço, caracterizado pelo fato de compreender:

uma Unidade Sensora Sem Fio (WSU) (1), localizada fora de uma seção de um revestimento não-magnético (20), a WSU incluindo um dispositivo sensor (10) para medir os parâmetros de suas adjacências, em que a WSU (1). pode ser instalada ou posicionada em qualquer elevação da cabeça do poço (6) e no qual a WSU (1) é energizada pela Coleta de Potência (100) onde a frequência do sinal de indução está na faixa de 10-1000 Hz para penetração profunda através do revestimento não-magnético (20);

uma Unidade Energizadora do Sensor (SEU) interna (9) colocada no interior do revestimento da cabeça do poço (2), a SEU sendo usada para o acionamento e para a comunicação (100) com a WSU (1), e onde a SEU (9) é montada na tubulação de um poço ou um programa de preenchimento por meio de tubulação (7) tendo uma rosca (93) que permite o ajuste de sua elevação, e onde a SEU (9) converte a energia em corrente contínua fornecida por um cabo (97) da superfície até um campo eletromagnético alternado (100) que provê uma fonte de energia para a WSU (1) fora do revestimento (2);

onde a SEU (9) e a WSU (1) usam uma técnica de modulação eletromagnética para prover a comunicação de dados entre os dois componentes; e

onde a SEU (9) e a WSU (1) são dispostas para estarem exatamente na mesma elevação.

2. Equipamento de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a WSU (1) é montada perto da cabeça do poço ou a WSU (1) é montada distalmente partir cabeça do poço, bem abaixo em formação.

3. Equipamento de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que existem dois ou mais sensores (10) na WSU (1), e todos os sensores (10) da WSU (1) podem ser colocados no exterior do revestimento da cabeça do poço sem comprometer a integridade da pressão do poço, e os sensores (10) medem um ou mais parâmetros adjacentes.

4. Equipamento de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que os sensores (10) são ramificados a partir da WSU (1) e são conectados a um conjunto de fiação elétrica comum (97) montado no exterior do revestimento (2), e o conjunto de fiação elétrica (97) pode ser um cabo para fundo de poço do tipo condutor único ou múltiplo (TEC).

5. Equipamento de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o sensor (10) ou os sensores da WSU (1) são do tipo permanente e sua configuração de sensor (10) é cimentada no lugar diretamente faceando a formação, ou a WSU (1) e sua configuração de sensor (10) são de furo aberto e diretamente faceando a formação, ou a WSU (1) e sua configuração de sensor (10) são parte de um sistema de contenção de pressão de poço no anel tubular e faceando um revestimento externo do furo do poço, ou a WSU (1) e sua configuração de sensor (10) são cimentados no lugar faceando um revestimento externo da cabeça do poço.

6. Equipamento de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de compreender ainda uma ou mais bobinas para coleta de potência (11a-f) espaçadas em uma dada Seção de Revestimento Não-Magnético (NMCS) (2), e as bobinas ou uma banda do revestimento não-magnético (20) podem prover a totalização necessária ou a tolerância espaçada do sistema ao ser colocada a tubulação do poço ou o suporte da tubulação na cabeça do poço ou árvore.

7. Equipamento de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a WSU (1) inclui ou é conectada a uma fonte secundária de energia, tal como uma bateria ou um gerador de fundo de poço.

8. Equipamento de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que a SEU (9) ainda inclui um ou mais sensores (95) para medir os parâmetros no interior do revestimento da cabeça do poço (2) ou tubulação (7) à qual é fixada e onde os sensores (95) podem ser uma parte integrante de uma SEU (9), ou são ramificados a partir da SEU (9) e conectados a um conjunto de fiação elétrica comum (97) tal como um cabo para fundo de poço (TEC) do tipo condutor único ou múltiplo, ou o sistema sensor pode ser uma combinação de sensor integral e sensores ramificados.

9. Equipamento de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que os sensores medem os parâmetros referentes a:

o processo do poço tal como pressão, temperatura, vazão, velocidade do fluxo, direção do fluxo, turbidez, composição, nível do óleo, nível da interface óleo-água, densidade, salinidade, deslocamentos, vibrações, pH, resistividade, radioatividade, teor de areia, condutividade térmica, assim como outras propriedades químicas e físicas,

seus componentes estruturais tais como choque, vibrações, inclinações, propriedades magnéticas, propriedades elétricas, face de ferramenta ou outro tipo de orientação de ferramenta, assim como propriedades de stress e tensão, ou

os parâmetros de formação fora do revestimento da cabeça do poço tais como pressão, temperatura, radioatividade, resistividade, densidade, pH, salinidade, campos eletromagnéticos e/ou elétricos, som, velocidade do som, condutividade térmica, assim como outras propriedades químicas e físicas.

10. Equipamento de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

meios para induzir uma resposta das adjacências, meios estes que podem ser selecionados dentre uma fonte de campo magnético, uma fonte de campo elétrico, ondas sonoras, pressão, temperatura, ondas de forças de cisalhamento, outro elemento final ou peça de acionamento do controle de processo do poço, elemento final ou acionador usado para a formação para auxiliar qualquer das medições acima mencionadas, e/ou

um ou mais dentre cancelamento de ruído de desvios de parâmetros devido ao desvio criado pelo processo do poço ou pelo ambiente; predição e correção de medições devidas ao gradiente térmico e de pressão dentro do sistema.

11. Método para o monitoramento de parâmetros fora do revestimento da cabeça do poço de um poço, caracterizado pelo fato de compreender:

a instalação de uma Unidade Sensora Sem Fio (WSU) (1), incluindo um dispositivo sensor (10) para medir parâmetros de suas adjacências, em um local fora de uma seção de um revestimento não-magnético (20), em que a WSU (1) pode ser instalada ou posicionada em qualquer elevação da cabeça do poço (6);

a instalação de uma Unidade Energizadora do Sensor (SEU) interna (9) no interior do revestimento da cabeça do poço (2), a SEU sendo usada para o acionamento e a comunicação (100) com a WSU (1), e a SEU (9) é montada na tubulação do poço ou um programa de preenchimento por meio de tubulação (7) tendo uma rosca (93) que permite o ajuste de sua elevação;

a disposição da SEU (9) e da WSU (1) para se situarem exatamente na mesma elevação;

a energização da WSU (1) pela Coleta de Potência (100), onde

a frequência do sinal de indução está na faixa de 10-1000 Hz para penetração profunda através do revestimento não-magnético (20);

a conversão da energia de corrente contínua fornecida por um cabo (97) da superfície até um campo eletromagnético alternado (100) que provê uma fonte de energia para a WSU (1) fora, do revestimento (2); e

o uso de uma técnica de modulação eletromagnética para fazer a comunicação de dados entre a WSU (1) e a SEU (9).

12. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a WSU (1) é montada perto da cabeça do poço, ou a WSU (1) é montada distalmente a partir cabeça do poço, bem abaixo em formação.

13. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 12, caracterizado pelo fato de que existem dois ou mais sensores (10) na WSU (1) e em que todos os sensores (10) da WSU (1) podem ser colocados no exterior do revestimento da cabeça do poço sem comprometer a integridade da pressão do poço e em que os sensores (10) medem um ou mais parâmetros adjacentes.

14. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 13, caracterizado pelo fato de que os sensores (10) são ramificados a partir da WSU (1) e conectados a um conjunto de fiação elétrica comum (97) montado no exterior do revestimento (2) e o conjunto de fiação elétrica (97) pode ser um cabo para fundo de poço (TEC) do tipo de condutor único ou múltiplo.

15. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 27 a 34, caracterizado pelo fato de que o sensor (10) ou sensores da WSU (1) são de um tipo permanente e a WSU (1) e sua configuração de sensor (10) são cimentadas no lugar diretamente faceando a formação ou a WSU (1) e sua configuração de sensor (10) são de furo aberto e diretamente faceando a formação e sua configuração de sensor (10) é parte de um sistema de contenção de pressão de cabeça de poço no anel tubular e faceando um

revestimento externo da cabeça do poço ou a WSU (1) e sua configuração de sensor (10) são cimentadas no lugar faceando um revestimento externo da cabeça do poço.

16. Método de acordo com qualquer das reivindicações 11 a 15, caracterizado pelo fato de compreender ainda a adição de uma ou mais bobinas para coleta de potência (11a-f) espaçadas em uma dada Seção de Revestimento Não-Magnético (2) e em que as bobinas ou uma banda do revestimento não-magnético (20) podem fornecer a totalização necessária ou a tolerância espaçada do sistema ao ser colocada a tubulação do poço ou o suporte da tubulação na cabeça do poço ou árvore.

17. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 16, caracterizado pelo fato de que a WSU (1) inclui ou é conectada a uma fonte secundária de energia tal como uma bateria ou um gerador de fundo de poço.

18. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 17, caracterizado pelo fato de que a SEU (9) ainda inclui um ou mais sensores (95) para medir parâmetros no interior do revestimento da cabeça do poço (2) ou tubulação (7) à qual é fixada e onde os sensores (95) podem ser uma parte integrante de uma SEU (9), ou são ramificados a partir da SEU (9) e conectados a um conjunto de fiação elétrica comum (97) tal como um cabo para fundo de poço (TEC) do tipo de condutor único ou múltiplo, ou o sistema sensor é uma combinação de sensor integral e sensores ramificados.

19. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a. 18, caracterizado pelo fato de que os sensores medem os parâmetros referentes:

ao processo do poço tal como pressão, temperatura, vazão, velocidade do fluxo, direção do fluxo, turbidez, composição, nível do óleo, nível da interface óleo-água, densidade, salinidade, deslocamentos, vibrações, pH, resistividade, radioatividade, teor de areia, condutividade térmica, assim

como outras propriedades químicas e físicas,

aos seus componentes estruturais tais como choque, vibrações, inclinações, propriedades magnéticas, propriedades elétricas, face de ferramenta ou outro tipo de orientação de ferramenta, assim como propriedades de stress e tensão, ou

aos parâmetros de formação fora do revestimento da cabeça do poço tais como pressão, temperatura, radioatividade, resistividade, densidade, pH, salinidade, campos eletromagnéticos e/ou elétricos, som, velocidade do som, condutividade térmica, assim como outras propriedades químicas e físicas.

20. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 19, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

a etapa de indução de uma resposta das adjacências, indução que pode ser feita por qualquer meio adequado para a indução de qualquer um ou mais dentre: um campo magnético, um campo elétrico, ondas sonoras, pressão, temperatura, ondas de forças de cisalhamento, outro elemento final ou peça de acionamento do controle de processo do poço, elemento final ou acionador usado para a formação para auxiliar qualquer das medições acima mencionadas, e/ou

uma ou mais das seguintes etapas: cancelamento de ruído de desvios de parâmetros devido ao desvio criado pelo processo do poço ou pelo ambiente; predição e correção de medições devidas ao gradiente térmico e de pressão dentro do sistema.

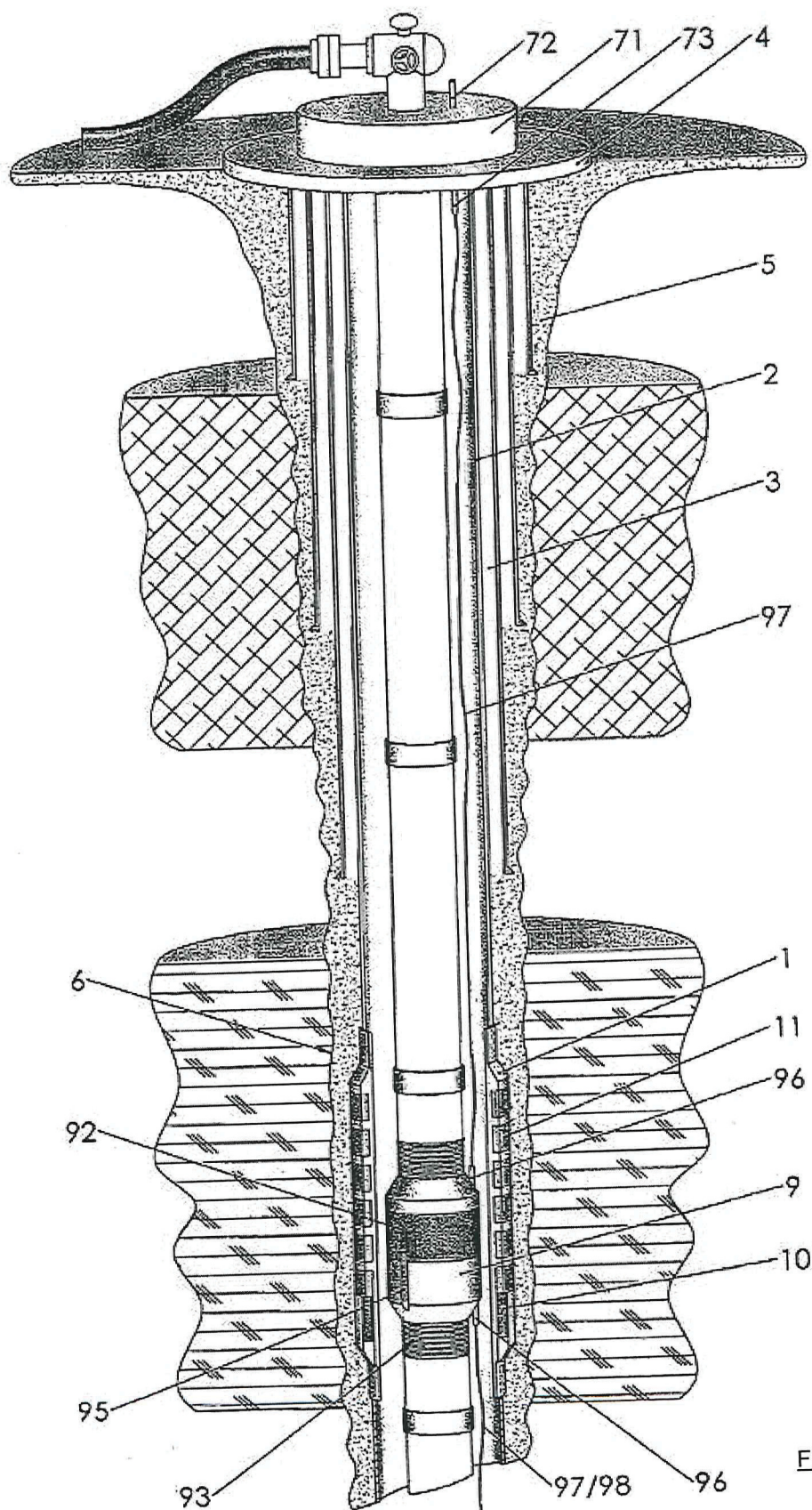


FIGURA 1

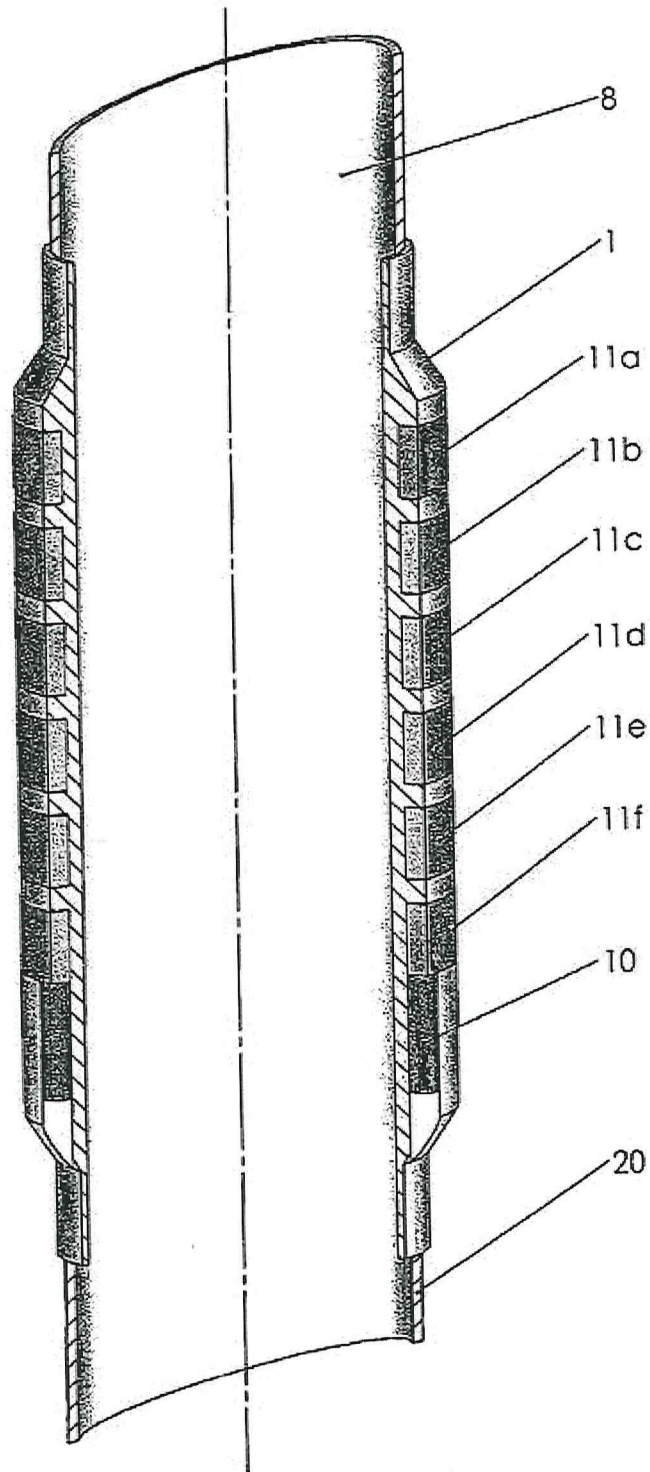


FIGURA 2

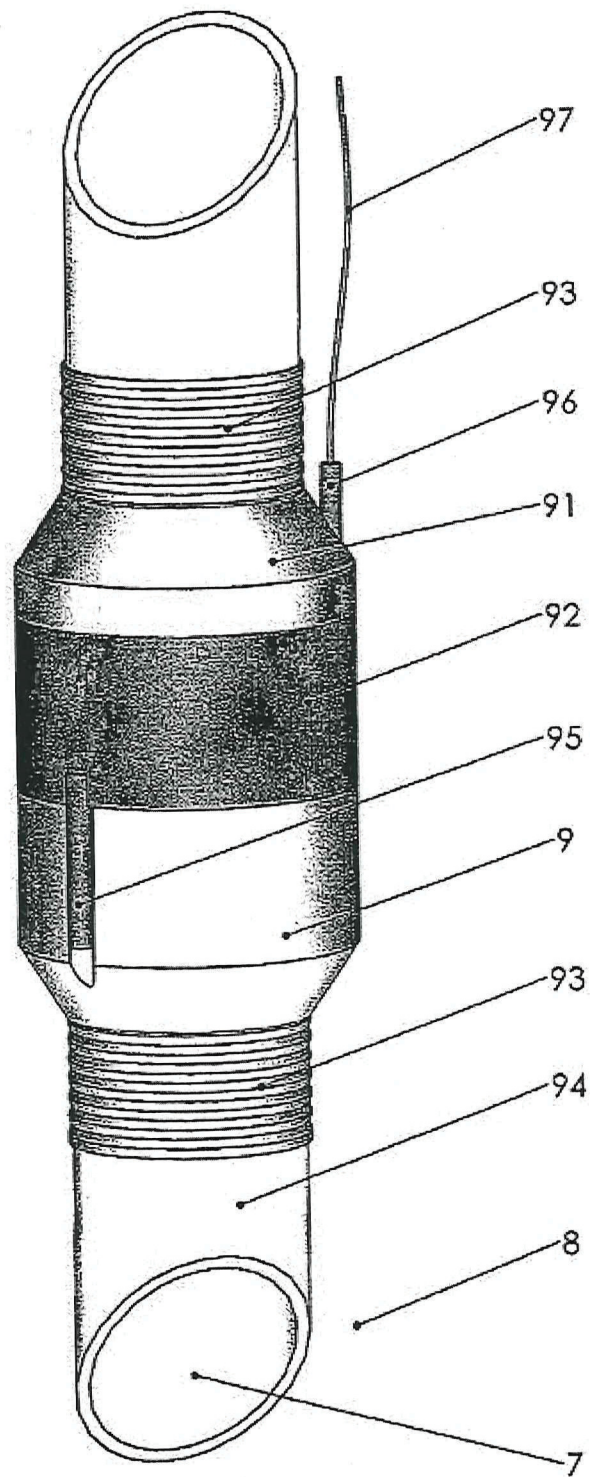


FIGURA 3

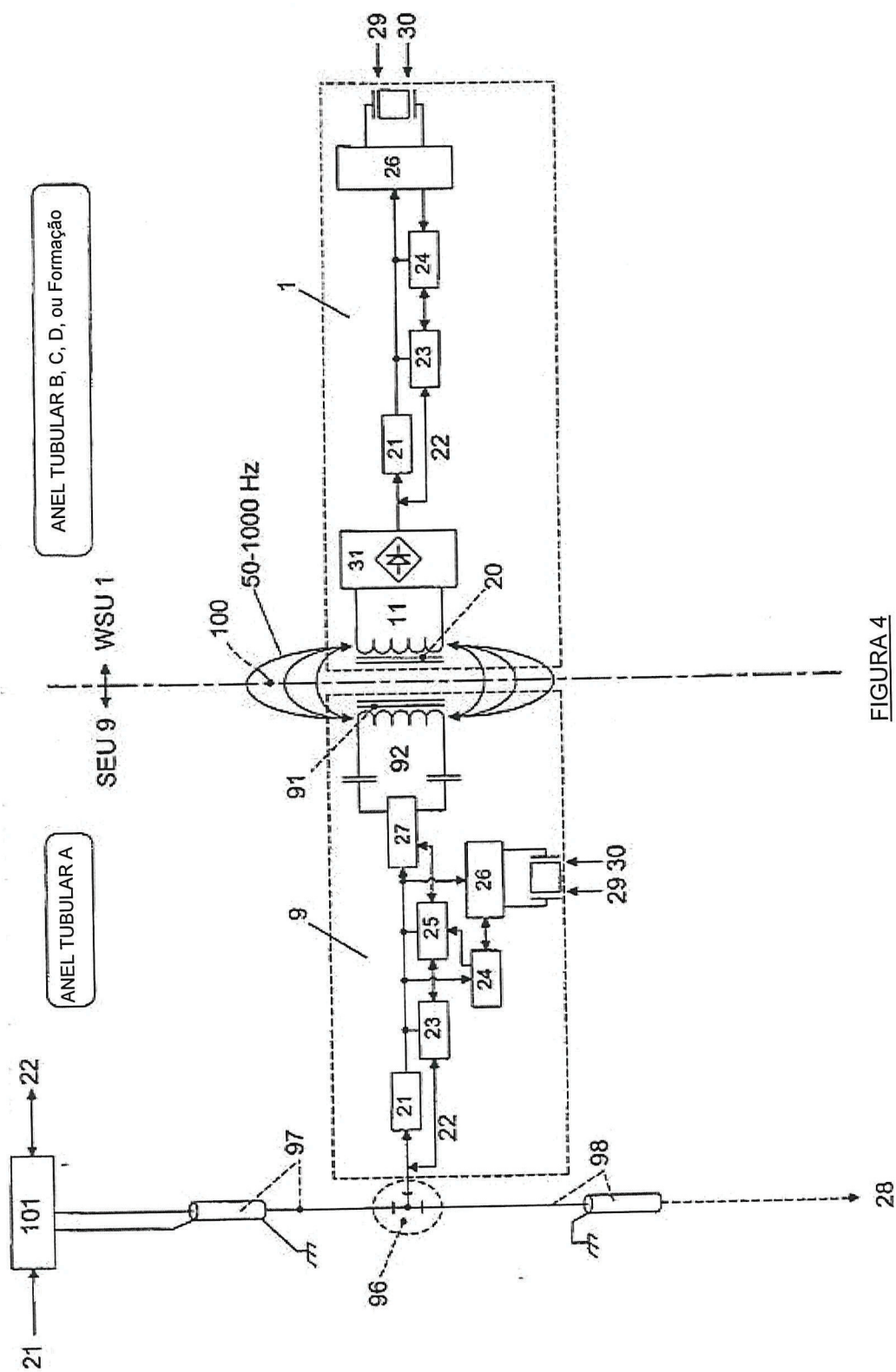


FIGURA 4

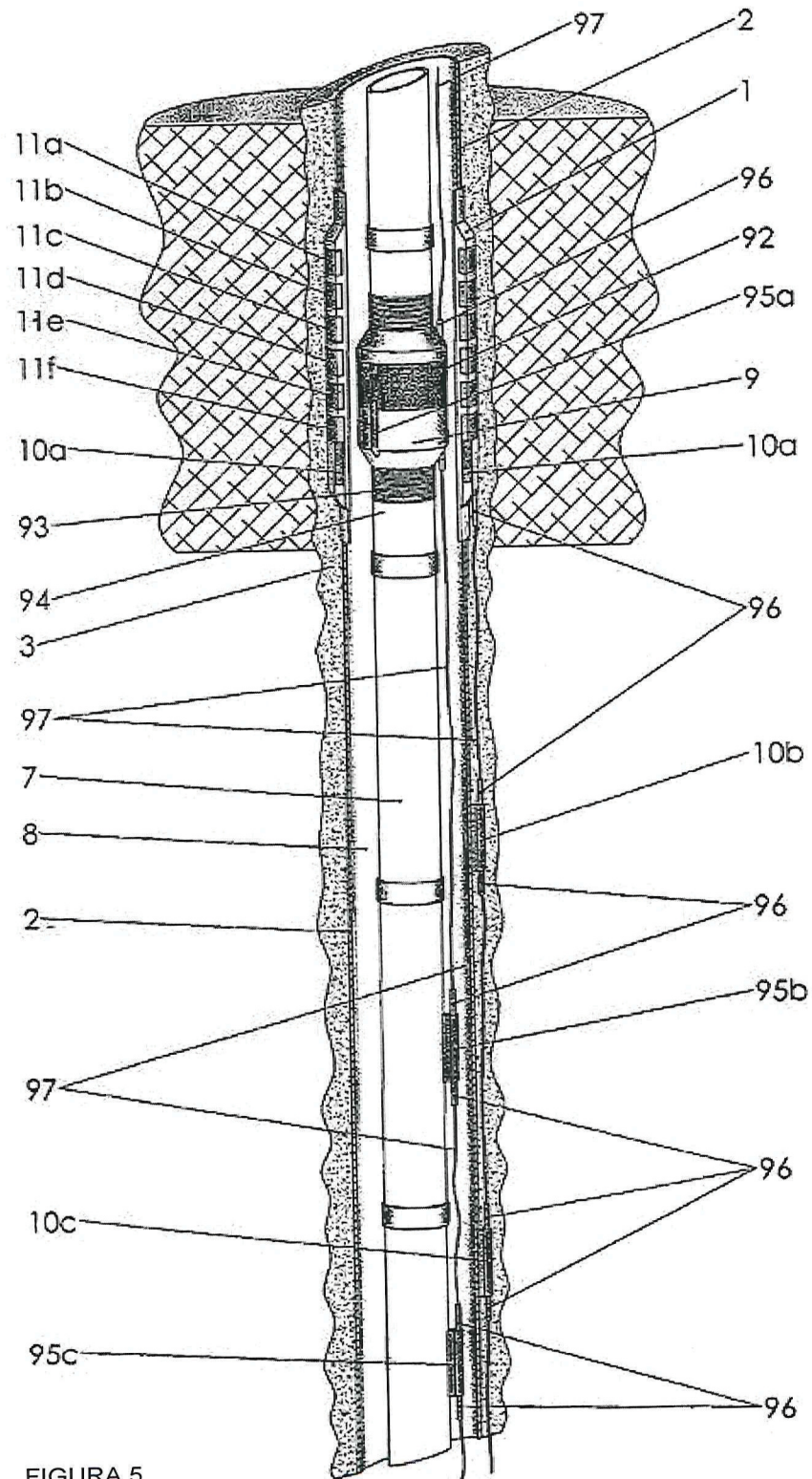


FIGURA 5

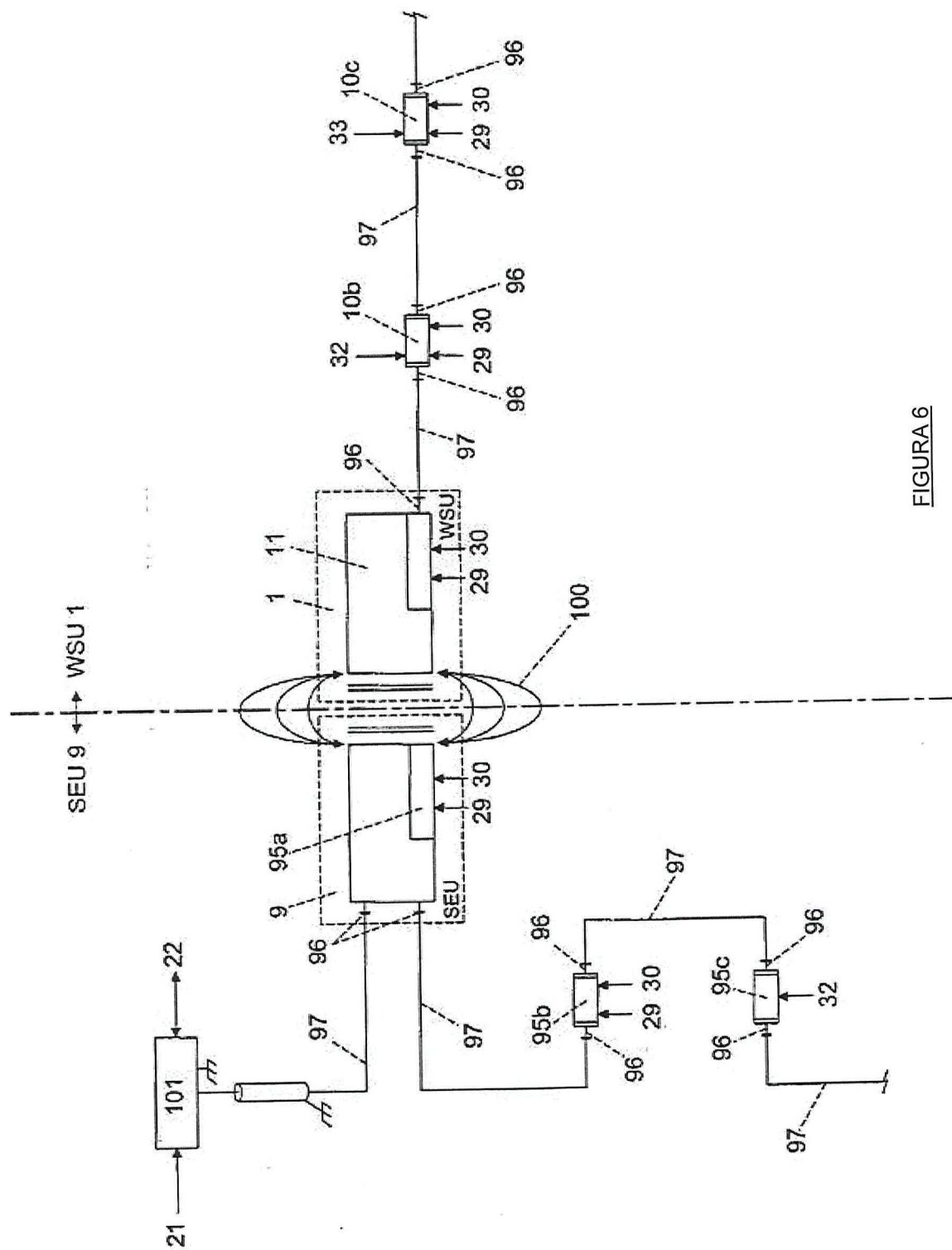


FIGURA 6

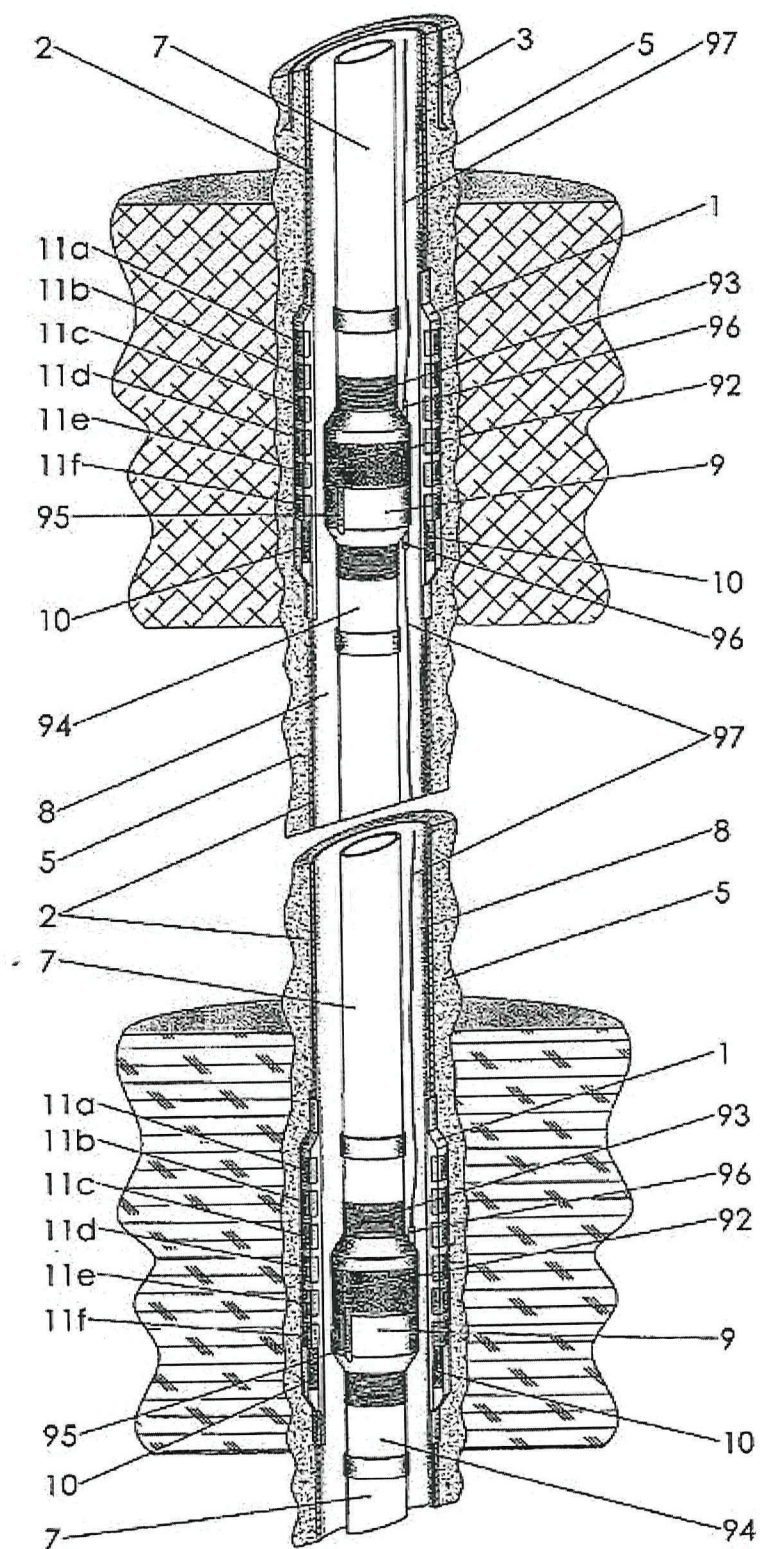


FIGURA 7

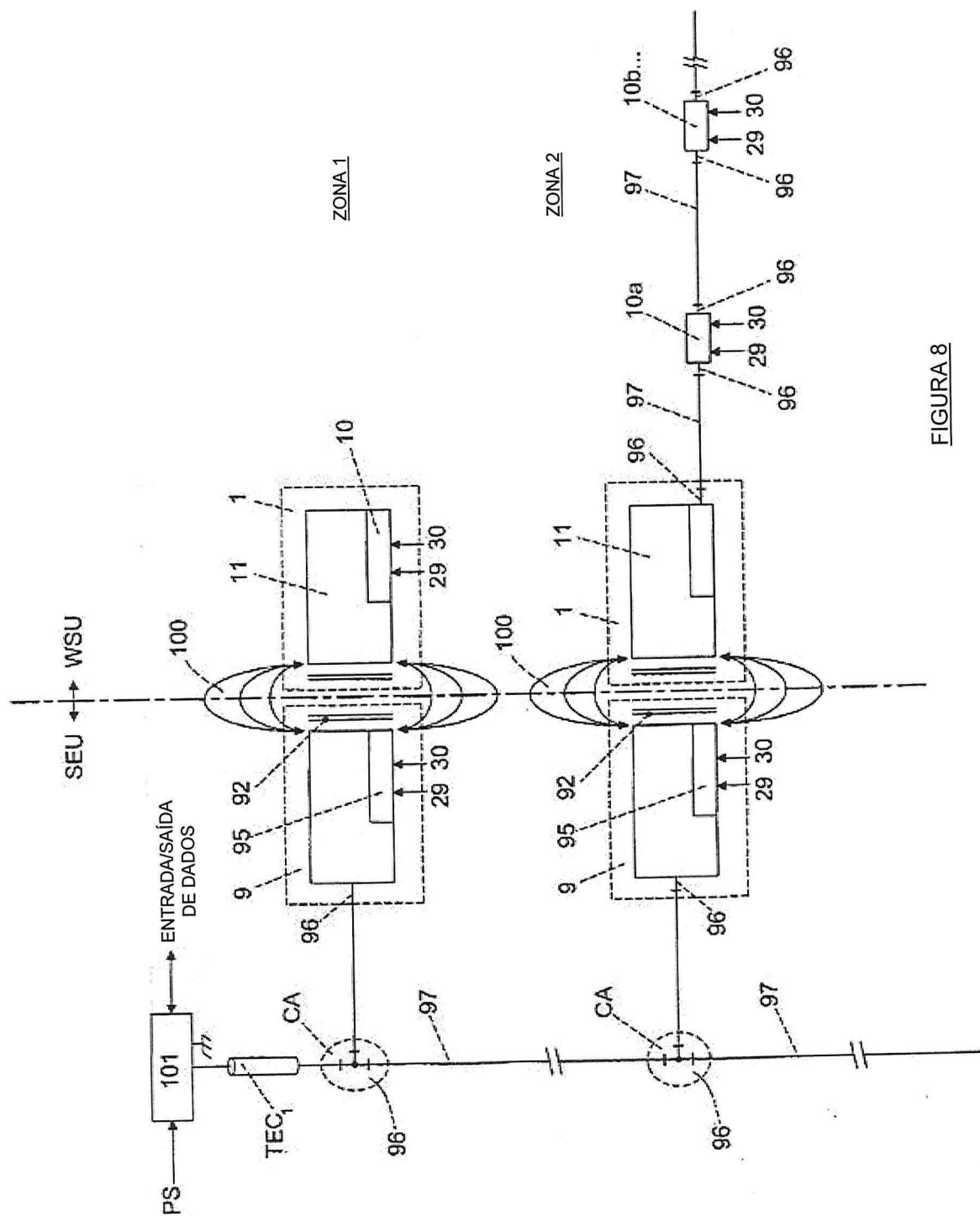


FIGURA 8