

OPERACIONES DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL EN POZOS CON BOMBA

TOLERANTE A GAS Y ARENA

ANTECEDENTES

Esta divulgación se relaciona en general con equipos
5 utilizados y operaciones realizadas conjuntamente en un pozo
subterráneo y más en particular en un ejemplo descrito a
continuación, se provee una bomba de levantamiento artificial
apropiada para bombear fluidos con gas arrastrado y
particulados.

10 A veces los fluidos del yacimiento pueden fluir a la
superficie terrestre cuando se ha completado un pozo. Sin
embargo, en algunos pozos, la presión del yacimiento puede
ser insuficiente (en el momento de completar el pozo o
después) para elevar los fluidos (en particular, líquidos) a
15 la superficie. En esas circunstancias, se puede emplear la
tecnología conocida como "levantamiento artificial" para
llevar los fluidos a la superficie o cerca de la misma (tal
como, a un emplazamiento de pozo terrestre, una planta de
producción o tubería submarina, una plataforma flotante,
20 etcétera).

Los expertos en la técnica conocen diversos tipos de
tecnologías de levantamiento artificial. En un tipo de
levantamiento artificial, una bomba de subsuperficie opera
para que una sarta de varillas de "bombeo" desplegadas en un
25 pozo efectúe un movimiento alternativo. Un aparato (tal como,
una bomba de varilla tipo balancín o un accionador
hidráulico) ubicado en la superficie se puede utilizar para
que la sarta de varillas efectúe el movimiento alternativo.

Por lo tanto, se puede apreciar fácilmente que continuamente
30 se necesitan mejoras en las técnicas de construcción y
operación de los sistemas de levantamiento artificial. Tales
mejoras pueden ser útiles para hacer ascender petróleo, agua,

condensado de gas u otros líquidos de los pozos y pueden ser particularmente útiles en situaciones en las que los líquidos se producen junto con gases y particulados (tal como arena, finos de formación, apuntalante, etcétera).

5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 es una vista en corte parcialmente representativa de un ejemplo de un sistema de bombeo de pozo y método asociado que puede incorporar los principios de esta divulgación.

10 La Figura 2 es una vista en corte parcialmente representativa de una bomba de subsuperficie tal como se utiliza con el sistema y el método de la Figura 1, en que la bomba de subsuperficie incorpora los principios de esta divulgación.

Las Figuras 3A - 3C son vistas en corte parcialmente
15 representativas de la bomba de subsuperficie en una sucesión de etapas operativas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En la Figura 1 se ilustran representativamente un sistema de bombeo de pozo 10 y un método asociado para utilizar en un
20 pozo subterráneo, cuyos sistema y método pueden incorporar los principios de esta divulgación. Sin embargo, se debe entender claramente que en la práctica el sistema de bombeo de pozo 10 y el método son meramente un ejemplo de una aplicación de los principios de esta divulgación y son
25 posibles una amplia variedad de otros ejemplos. Por lo tanto, el alcance de esta divulgación no se limita en lo absoluto a los detalles del sistema 10 y el método, tal como se describen en la presente o se muestran en las figuras.

En el ejemplo de la Figura 1, se utiliza una fuente de
30 energía 12 para suministrar energía a un actuador 14 montado en una cabeza de pozo 16. En respuesta, el actuador 14 efectúa un movimiento alternativo en una sarta de varillas 18

que se extiende dentro del pozo, para de ese modo hacer funcionar una bomba de subsuperficie 20. En otros ejemplos, la sarta de varillas 18 podría efectuar un movimiento alternativo por medio de otros tipos de actuadores (tales como, una bomba de varilla o un mecanismo de balancín).

La sarta de varillas 18 puede estar constituida por varillas de bombeo individuales conectadas entre sí (aunque se pueden utilizar otros tipos de varillas o tubos), la sarta de varillas 18 puede ser continua o segmentada, el material de la sarta de varillas 18 puede comprender acero, materiales compuestos u otros materiales, y en la sarta se pueden incluir elementos que no sean varillas. Por lo tanto, el alcance de esta divulgación no se limita al uso de un tipo particular de sarta de varillas ni en lo absoluto al uso de una sarta de varillas.

En este ejemplo, solo es necesario comunicar el movimiento alternativo del actuador 14 a la bomba de subsuperficie 20 y por lo tanto está dentro del alcance de esta divulgación utilizar cualquier estructura con la capacidad de dicha transmisión. En otros ejemplos, el movimiento alternativo se puede producir en el fondo de pozo (tal como, utilizando un actuador eléctrico o hidráulico de subsuperficie) y entonces no es necesario que el actuador 14 esté ubicado en la superficie o que el movimiento alternativo sea comunicado desde la superficie hasta la bomba de subsuperficie 20.

En la Figura 1 se muestra la bomba de subsuperficie 20 como que es del tipo que tiene una válvula fija o estacionaria 22 y una válvula de vaivén o "viajera" 24. La válvula viajera 24 está conectada y efectúa un movimiento alternativo con la sarta de varillas 18 de manera que el fluido 26 se bombea desde un pozo 28 a una sarta de tubería de producción 30.

En la Figura 1 se muestra esquemáticamente la bomba de subsuperficie 20, pero preferentemente se configura (tal como se describe más completamente a continuación), de modo que tiene la capacidad de bombear de manera confiable el fluido 26 desde el pozo 28, incluso cuando el fluido 26 incluye gas arrastrado y particulados. Se prevén diversas formas de realización de la bomba de subsuperficie 20 y entonces el alcance de esta divulgación no se limita a cualquiera de los detalles de la bomba de subsuperficie 20, tal como se describe en la presente o tal como se muestra en las figuras. En la Figura 1 se muestra el pozo 28 como que es sustancialmente vertical y como que está revestido con una tubería de revestimiento 32 y cemento 34. En otros ejemplos, una sección del pozo 28 en que está dispuesta la bomba 20 puede ser sustancialmente horizontal o inclinado de otra manera con cualquier ángulo relativo a la vertical, y la sección del pozo puede no estar revestida y puede no estar cementada. Por lo tanto, el alcance de esta divulgación no se limita al uso del sistema de bombeo de pozo 10 y el método con una configuración particular de pozo.

En el ejemplo de la Figura 1, el fluido 26 se origina a partir de una formación terrestre 36 penetrada por el pozo 28. El fluido 26 fluye hacia el pozo 28 a través de unas perforaciones 38 que se extienden a través de la tubería de revestimiento 32 y cemento 34. El fluido 26 puede comprender un líquido (tal como petróleo, condensado de gas, agua, etcétera), con gas arrastrado (tal como hidrocarburo gaseoso, vapor, etcétera) y particulados (tal como arena, apuntalante, finos de formación, etcétera). Sin embargo, el alcance de esta divulgación no se limita al uso del sistema de bombeo de pozo 10 y el método con cualquier tipo o composición

particular del fluido 26 o cualquier origen particular del fluido.

Como se muestra en la Figura 1, la tubería de revestimiento 32 y la sarta de tubería de producción 30 se extienden hacia arriba a la cabeza de pozo 16 o cerca de la misma en la superficie terrestre 40, (tal como, en un emplazamiento de pozo terrestre, una instalación de producción submarina, una plataforma flotante, etcétera). La sarta de tubería de producción 30 se puede colgar en la cabeza de pozo 16, por ejemplo, utilizando un colgador de tubería (que no se muestra en la Figura 1). Si bien en la Figura 1 solo se ilustra para mayor claridad una única sarta de la tubería de revestimiento 32, en la práctica, en el pozo se pueden instalar múltiples sarts de tubería de revestimiento y opcionalmente una o más sarts de tubería corta de revestimiento (una sarta de tubería corta de revestimiento es una tubería que se extiende desde una profundidad seleccionada en el pozo 28 a una profundidad más superficial, típicamente "se cuelga" de modo sellado dentro de otra tubería o tubería de revestimiento).

En el ejemplo de la Figura 1, un apilamiento de varillas de prevención de erupción incontrolada 42 y un prensaestopas 44 están conectados entre el actuador 14 y la cabeza de pozo 16. El apilamiento de varillas de prevención de erupción incontrolada 42 incluye diversos tipos de dispositivos de prevención de erupción incontrolada (BOP, por las iniciales en inglés de blowout preventer) configurados para ser utilizados con la sarta de varillas 18. Por ejemplo, un dispositivo de prevención de erupción incontrolada puede impedir el flujo a través del apilamiento de prevención de erupción incontrolada 42 cuando la sarta de varillas 18 no está presente en el mismo y otro dispositivo de prevención de erupción incontrolada puede impedir el flujo a través del

apilamiento de prevención de erupción incontrolada 42 cuando la sarta de varillas 18 está presente en el mismo. Sin embargo, el alcance de esta divulgación no se limita al uso de un tipo o configuración particular del apilamiento de
5 prevención de erupción incontrolada con el sistema de bombeo de pozo 10 y el método de la Figura 1.

El prensaestopas 44 incluye un sello anular (no visible en la Figura 1) alrededor de un extremo superior de la sarta de varillas 18. Una varilla de movimiento alternativo 50 forma
10 una sección superior de la sarta de varillas 18 por debajo del sello anular, aunque en otros ejemplos se puede ubicar de otra manera una conexión entre la varilla 50 y la sarta de varillas 18.

En algunos ejemplos, una varilla del tipo conocida por los expertos en la técnica como un "vástago de bombeo" que es
15 apropiado para un acoplamiento de sellado y deslizamiento dentro del sello anular en el prensaestopas 44 se puede conectar por encima de la varilla 50. El vástago de bombeo puede ser un componente del actuador 14, tal como, una
20 varilla que se extiende hacia abajo desde un pistón del actuador 14.

La fuente de energía 12 se puede conectar directamente con el actuador 14 o se puede ubicar de forma remota desde el actuador 14 y conectarse, por ejemplo, con cables eléctricos
25 apropiados, enlaces mecánicos, mangueras hidráulicas o tuberías. El funcionamiento de la fuente de energía 12 es controlado por un sistema de control 46.

El sistema de control 46 puede permitir el funcionamiento manual o automático del actuador 14 a través de la fuente de
30 energía 12 en base a las entradas del operador y las mediciones tomadas por diversos sensores. El sistema de control 46 puede estar separado o incorporado al actuador 14

o a la fuente de energía 12. En un ejemplo, al menos parte del sistema de control 46 podría estar ubicado de forma remota o basarse en la red, con una comunicación bidireccional entre el actuador 14, la fuente de energía 12 y el sistema de control 46 que se realiza, por ejemplo, a través de una transmisión por satélite, inalámbrica o cableada.

El sistema de control 46 puede incluir diversos componentes apropiados para utilizar en el control del funcionamiento del actuador 14 y la fuente de energía 12. Un sistema de control apropiado se describe en la solicitud de los EE.UU. N° de Serie 14/956.545 presentada el 2 de diciembre de 2015. Sin embargo, el alcance de esta divulgación no se limita a un tipo o configuración particular del sistema de control 46.

Puede ser ventajoso controlar la velocidad del movimiento alternativo en la sarta de varillas 18, en lugar de efectuar el movimiento alternativo en la sarta de varillas 18 tan rápido como sea posible. Por ejemplo, una interfase líquido-gas 48 en el pozo 28 puede verse afectada por la velocidad de flujo del fluido 26 desde el pozo. La interfase líquido-gas 48 podría ser una interfase entre gas y agua, gas y condensado de gas, gas y petróleo, vapor y agua, o cualquier otro fluido o combinación de fluidos.

Si la velocidad de flujo es demasiado grande, la interfase 48 puede descender hasta por debajo de la válvula fija 22, de modo que eventualmente la bomba 20 ya no podrá bombear un componente líquido del fluido 26 (una condición conocida por los expertos en la técnica como "nivel agotado (pump-off)"). Por otro lado, típicamente es deseable que la velocidad de flujo del fluido 26 esté en un nivel máximo que no tenga como resultado el nivel agotado. Además, una velocidad de flujo deseada del fluido 26 puede cambiar a lo largo del tiempo

(por ejemplo, debido al agotamiento de un yacimiento, condiciones modificadas de pozo vecino, características de inundación por agua o vapor, etcétera).

Una bomba de subsuperficie "bloqueada por gas" 20 puede ser
5 el resultado de una condición de nivel agotado o como resultado de que el gas es arrastrado con el fluido 26, por lo que el gas se recibe en la bomba de subsuperficie 20. En una bomba bloqueada por gas 20, el gas se expande y se comprime de manera alternada en la bomba 20 a medida que la
10 válvula viajera 24 efectúa un movimiento alternativo, pero el fluido 26 no puede entrar o salir de la bomba de subsuperficie 20 debido al gas en la misma.

"Interferencia por gas" es una condición en la que se reduce la eficiencia volumétrica de la bomba de subsuperficie 20
15 debido a la presencia de un gas en la bomba 20. La interferencia por gas es el resultado de una reducción de la compresión en la bomba de subsuperficie 20, lo que retrasa la apertura de la válvula viajera 24 en su carrera descendente, tal como se describe más completamente a continuación. La
20 bomba de subsuperficie 20 puede mitigar la ocurrencia de la interferencia por gas y el bloqueo por gas.

En el sistema de bombeo de pozo 10 y el método de la Figura 1, el sistema de control 46 puede controlar automáticamente el funcionamiento del actuador 14 mediante la fuente de
25 energía 12 que regula la velocidad del movimiento de vaivén y la extensión de las carreras de la sarta de varillas 18, de modo que se logra cualquiera de los diversos objetivos deseables. El sistema de control 46 puede controlar el funcionamiento del actuador 14 en respuesta a diversas
30 entradas (tales como las mediciones en tiempo real de los sensores 52 que monitorean diversos parámetros). Sin embargo, la regulación automática de la velocidad del movimiento de

vaivén por medio del sistema de control 46 no es necesaria para que se mantenga dentro del alcance de esta divulgación. Por ejemplo, típicamente es indeseable que un buje de vástago de válvula 25 por encima de la válvula viajera 24 impacte una guía de vástago de válvula 23 por encima de la válvula fija 22 cuando la sarta de varillas 18 se desplaza hacia abajo (una condición conocida por los expertos en la materia como "golpe de bomba"). Por lo tanto, es preferible que la sarta de varillas 18 se desplace hacia abajo solamente hasta que el buje de vástago de válvula 25 esté cerca de su límite de desplazamiento inferior máximo posible, de modo que no impacte la guía de vástago de válvula 23.

Por otro lado, cuanto más larga es la distancia de carrera (sin impacto), mayor será la productividad y la eficiencia de la operación de bombeo (dentro de límites prácticos), y mayor será la compresión del fluido 26 entre las válvulas fija y viajera 22, 24 (por ejemplo, para evitar la interferencia por gas y el bloqueo por gas). Además, una carrera deseada de la sarta de varillas 18 puede cambiar a lo largo del tiempo (por ejemplo, debido al alargamiento gradual de la sarta de varillas 18 como resultado de la disminución de un nivel de líquido en el pozo (tal como, en la interfase gas-líquido 48)).

Además, ahora con referencia a la Figura 2, se ilustra representativamente una vista más detallada de un ejemplo de la bomba de subsuperficie 20, tal como se utiliza en el sistema 10 y el método de la Figura 1. Sin embargo, se hace notar que la bomba de subsuperficie 20 se puede utilizar en otros sistemas y métodos, manteniendo los principios de esta divulgación.

Tal como se ilustra en la Figura 2, para una mayor claridad de la ilustración, la bomba de subsuperficie 20 está

conectada en un extremo inferior o distal de la sarta de tubería 30. Sin embargo, más típicamente, la bomba de subsuperficie 20 podría ser recibida en la sarta de tubería 30 (tal como se muestra en la Figura 1) y se fija de manera separable en la misma (por ejemplo, utilizando una traba o anclaje (que no se muestra) de tipo bien conocido por los expertos en la técnica), para una instalación y recuperación conveniente de la bomba 20 de modo separado de la sarta de tubería 30.

10 En el ejemplo de la Figura 2, la válvula fija 22 se ubica cerca de un extremo inferior o distal de un cilindro 56 de la bomba de subsuperficie 20. El cilindro 56 está conectado con la sarta de tubería 30. Un espacio anular 58 está radialmente conformado entre el cilindro 56 y la tubería de revestimiento 32. En unos ejemplos donde el cilindro 56 es recibido dentro de la sarta de tubería 30, el espacio anular 58 puede estar conformado radialmente entre la tubería de revestimiento 32 y la sarta de tubería 30 que rodea a la bomba de subsuperficie 20.

20 La válvula viajera 24 está ubicada en un extremo inferior o distal de un émbolo 62 que es recibido en el cilindro 56. El émbolo 62 está conectado con la sarta de varillas 18 para un desplazamiento alternativo con la misma.

25 Cada una de las válvulas fija y viajera 22, 24 ilustradas en la Figura 2, incluye una bola 64 que se puede acoplar de modo sellado a un asiento anular 66 para permitir solamente un flujo unidireccional a través de la válvula. Sin embargo, en otros ejemplos, se pueden utilizar otros tipos de válvulas de retención u otros tipos de dispositivos de control de flujo de las válvulas fija y viajera 22, 24. De este modo, el alcance de esta divulgación no se limita a una configuración particular de las válvulas fija y viajera 22, 24.

Una cámara de compresión 68 está conformada longitudinalmente entre las válvulas fija y viajera 22, 24 en un pasaje de flujo interior 67 del cilindro 56. De manera similar a lo descrito anteriormente para la bomba de subsuperficie 20 de la Figura 1, cuando la sarta de varillas 18 y el émbolo 62 se desplazan hacia arriba (tal como se ve en la Figura 2), la válvula viajera 24 se cierra, el fluido 26 en la sarta de tubería 30 se desplaza hacia arriba (a la superficie) por medio del émbolo 62, la válvula fija 22 se abre y el fluido 26 fluye hacia la cámara de compresión 68 del pozo 28. Cuando la sarta de varillas 18 y el émbolo 62 se desplazan hacia abajo (tal como se ve en la Figura 2), la válvula fija 22 se cierra, la válvula viajera 24 se abre y el fluido 26 en la cámara de compresión 68 fluye hacia un pasaje de flujo interior 70 del émbolo 62.

Una condición de interferencia por gas o de bloqueo por gas se puede producir si gas es arrastrado con el fluido 26. El gas se puede acumular en la cámara de compresión 68 hasta que el volumen de gas no puede ser comprimido lo suficiente por el émbolo 62 para superar la presión hidrostática en la sarta de tubería 30 con el fin de hacer fluir el fluido 26 desde la cámara de compresión 68 hasta el pasaje de flujo interior del émbolo 70 (la válvula viajera 24 se abre en respuesta a que la presión en la cámara de compresión 68 es mayor que la presión en el pasaje de flujo interior del émbolo 70).

Sin embargo, la bomba de subsuperficie 20 incluye características que permiten prevenir una condición de interferencia por gas o de bloqueo por gas o al menos mitigarla. La acumulación de gas en la cámara de compresión 68 se puede reducir, de modo que la presión en la cámara 68 puede aumentar lo suficiente como para superar la presión

hidrostática en la sarta de tubería 30 y de manera que el gas pueda fluir a la superficie con el fluido 26.

Para inducir el flujo del fluido 26 en respuesta al movimiento alternativo del émbolo 62 en el cilindro 56, el
5 émbolo 62 se ajusta estrechamente en los orificios 72, 74 formados en el cilindro 56. Esta configuración del émbolo 62 y del cilindro 56 es suficiente como para permitir un diferencial de presión que se mantendrá a través de una interfase anular 76 entre el cilindro 56 y el émbolo 62
10 cuando el émbolo 62 se desplaza longitudinalmente en relación con el cilindro 56.

El émbolo 62 porta un conjunto de sellos anulares o limpiadores 78 cerca de un extremo superior del mismo para que se acoplen con el orificio superior 72 en el cilindro 56.
15 Los limpiadores 78 evitan que los restos y particulados en la sarta de tubería 30 se desplacen dentro de la interfase anular 76 entre el émbolo 62 y el cilindro 56. Se puede crear un diferencial de presión a través de los limpiadores 78 cuando el émbolo 62 hace un movimiento alternativo en el
20 cilindro 56, pero en este ejemplo, cualesquiera de tales diferencias de presión son mínimas (por ejemplo, a fin de reducir deseablemente el desgaste de los limpiadores 78).

Un filtro 80 evita que los restos y particulados entren en la interfase anular 76 desde el pasaje de flujo interior del
25 émbolo 70, mientras que también ecualizan sustancialmente la presión a través de los limpiadores 78. El filtro 80 puede comprender cualquier tipo apropiado de medio de filtración para excluir restos y particulados de fluidos de pozo (tales como, filtros envueltos con alambre, sinterizados, pre-
30 empacados, ranurados, perforados y otros tipos de medios de filtración).

El filtro 80 en el ejemplo de la Figura 2 está conectado en el émbolo 62 longitudinalmente entre los limpiadores 78 y la válvula viajera 24, pero el filtro 80 podría estar ubicado de otro modo en otros ejemplos. El filtro 80 efectúa un movimiento alternativo con el émbolo 62 en relación con una cámara de fluido 82 conformada en el cilindro 56. Un líquido 84 (que puede ser un componente líquido del fluido 26) puede fluir desde la sarta de tubería 30 y el pasaje de flujo interior del émbolo 70 a la cámara de fluido 82 a través del filtro 80, tal como se describe más completamente a continuación.

Tal como se muestra en la Figura 2, el émbolo 62 está ajustado de manera relativamente apretada en el orificio inferior 74 (por ejemplo, con una holgura radial entre el émbolo 62 y el orificio 74 relativamente pequeña, posiblemente del orden de entre aproximadamente 150 y 200 micrones), de modo que el flujo a través de la interfase anular 76 está sustancialmente restringido, lo que permite que se mantenga un diferencial de presión a través de la interfase anular 76 a medida que el émbolo 62 se desplaza con respecto al cilindro 56. En algunos ejemplos, se pueden utilizar sellos, limpiadores u otros dispositivos para mejorar el diferencial de presión-capacidad sostenida de la interfase anular 76, para excluir restos, etcétera. Se pueden utilizar perfiles de superficie (tales como estrías, surcos, rugosidad de superficie, etcétera) en el émbolo 62 o cilindro 56 para mejorar la turbulencia o aumentar de otro modo la restricción al flujo a través de la interfase anular 76. Por lo tanto, el alcance de esta divulgación no se limita a ninguna técnica o configuración particular para restringir sustancialmente el flujo entre el cilindro 56 y el émbolo 62.

Se hace notar que la cámara de fluido 82 está ubicada longitudinalmente entre dos posiciones en las que el flujo entre el cilindro 56 y el émbolo 62 está sustancialmente restringido. Una primera tal posición longitudinal 72a está en una interfase deslizante entre el orificio superior 72 y los limpiadores 78, tal como se ve en la Figura 2. Una segunda tal posición longitudinal 74a está en una interfase deslizante entre el émbolo 62 y el orificio inferior 74, tal como se ve en la Figura 2 (por ejemplo, en la interfase anular 76 en el ejemplo de la Figura 2).

La cámara de fluido 82 en el ejemplo de la Figura 2 comprende una sección radialmente ampliada interior 86 ubicada longitudinalmente entre los orificios 72, 74. La cámara de fluido 82 en este ejemplo tiene una forma anular y circunscribe externamente el filtro 80 en algunas posiciones longitudinales del émbolo 62 en relación con el pasaje de flujo interior de cilindro 67. Sin embargo, en otros ejemplos, la cámara de fluido 82 puede no estar ubicada longitudinalmente entre los orificios 72, 74, puede no tener una forma anular, puede no estar dispuesta entre las posiciones 72a, 74a o puede no circunscribir el filtro 80. Por lo tanto, el alcance de esta divulgación no se limita a una configuración particular de la cámara de fluido 82 o su relación con el filtro 80.

El filtro 80 filtra el fluido que fluye entre la cámara de fluido 82 y el pasaje de flujo interior de émbolo 70. Como se mencionó anteriormente, el líquido 84 puede pasar a través del filtro 80 desde el pasaje 70 a la cámara de fluido 82.

El flujo en este ejemplo también puede pasar a través del filtro 80 en una dirección en sentido contrario. Tal flujo desde la cámara de fluido 82 hacia el interior del émbolo 62

a través del filtro 80 puede actuar para limpiar el filtro 80 de cualquier particulado acumulado.

El filtro 80 evita que los particulados pasen hacia la cámara de fluido 82 y la interfase anular 76 entre el cilindro 56 y el émbolo 62. Los particulados excluidos del líquido 84 por el filtro 80 fluyen en cambio a la superficie con el fluido 26 a través de la sarta de tubería 30.

Además, ahora con referencia a las Figuras 3A - 3C, se ilustra de forma representativa la bomba de subsuperficie 20 en una sucesión ejemplificativa de etapas operativas. Las etapas operativas ilustradas muestran la forma en que la bomba de subsuperficie 20, tal como se utiliza en el sistema 10 y el método de la Figura 1, puede prevenir o al menos mitigar una condición de interferencia por gas o de bloqueo por gas. Sin embargo, se debe entender claramente que los principios de esta divulgación no requieren que se produzca una condición de interferencia por gas o de bloqueo por gas o que la bomba de subsuperficie 20 sea operada, tal como se muestra en las Figuras 3A - 3C o como se describe en la presente.

En el sistema de bombeo de pozo 10, tal como se muestra en la Figura 3A, existe una condición de bloqueo por gas en la bomba de subsuperficie 20. Un gas 88 se ha acumulado en la cámara de compresión 68.

Cuando el émbolo 62 se desplaza en una dirección longitudinalmente descendente 90 (como se ve en la Figura 3A), no se puede aumentar lo suficiente la presión del gas 88 y también la de cualquier otro fluido 26 en la cámara de compresión 68 para superar la presión hidrostática en la tubería 30 y el pasaje de flujo interior de émbolo 70. Se hace notar que la válvula viajera 24 permanece cerrada, tal como se ve en la Figura 3A, de modo que el gas 88 y cualquier

fluido 26 en la cámara de compresión 68 no pueden fluir hacia el pasaje de flujo interior de émbolo 70.

Sin embargo, el líquido 84 en el pasaje de flujo 70 puede fluir a través del filtro 80 y hacia la cámara de fluido 82.

5 En algunos ejemplos, también es posible que cualquier gas 88 en la cámara de fluido 82 también pueda fluir desde la cámara de fluido 82 hacia el pasaje de flujo interior de émbolo 70 a través del filtro 80. De esta manera, el gas 88 se puede hacer fluir con el fluido 26 a través de la sarta de tubería
10 30 a la superficie.

Tal como se ve en la Figura 3A, el filtro 80 está dispuesto entre las dos posiciones de restricción de flujo 72a, 74a, y el émbolo 62 está en su extensión de carrera inferior o cerca de la misma. La cámara de fluido 82 rodea externamente el
15 filtro 80 y recibe el líquido filtrado 84 del filtro 80.

En otros ejemplos, la cámara de fluido 82 puede no rodear externamente el filtro 80 en la extensión de carrera inferior del émbolo 62 o cerca de la misma o puede no ser necesario que el filtro 80 esté dispuesto en una relación particular
20 con las posiciones de restricción de flujo 72, 74a. Por lo tanto, el alcance de esta divulgación no se limita a un detalle particular de la operación ilustrada en las Figuras 3A - 3C.

En la Figura 3B, la bomba de subsuperficie 20 se ilustra
25 después que el émbolo 62 se ha desplazado a su extensión de carrera superior o cerca de la misma (en una dirección longitudinalmente ascendente 92 como se ve en la Figura 3B). Un extremo inferior del émbolo 62 se ubica ahora por encima de un extremo inferior de la cámara de fluido 82, de modo que
30 el émbolo 62 bloquea solo parcialmente la cámara de fluido 82 y el émbolo 62 está fuera del orificio 74. En otros ejemplos, el émbolo 62 podría permanecer dentro del orificio 74 y la

comunicación entre la cámara de fluido 82 y la cámara de compresión 68 se podría proveer por otros medios (tales como, por una abertura o por medio de otro pasaje conformado a través de una pared del émbolo 62).

- 5 En la configuración de la Figura 3B, el líquido 84 ahora puede fluir desde la cámara de fluido 82 hacia la cámara de compresión 68. Además, en algunos ejemplos, el gas 88 en la cámara de compresión 68 puede fluir hacia la cámara de fluido 82 (donde el gas 88 es menos denso que el líquido 84 o
- 10 también cualquier fluido 26 en la cámara de compresión 68). Se hace notar que con el émbolo 62 en su posición de la Figura 3B, la posición de restricción de flujo 72a ahora está dispuesta longitudinalmente entre el filtro 80 y la válvula viajera 24 y la cámara de fluido 82. Por lo tanto,
- 15 sustancialmente se evita el flujo desde el pasaje de flujo interior de émbolo 70 a la cámara de compresión 68, a medida que se expande debido al desplazamiento del émbolo 62 en la dirección ascendente 92. En cambio, si la presión en la cámara de compresión 68 se reduce lo suficiente (debido a la
- 20 expansión de la cámara de compresión 68 a medida que el émbolo 62 se desplaza en la dirección ascendente 92), la válvula fija 22 se puede abrir y permite parte del flujo de fluido 26 desde el pozo 28 hacia la cámara de compresión 68. Ya sea que cualquier parte del fluido 26 fluya o no fluya
- 25 hacia la cámara de compresión 68 en la carrera ascendente del émbolo 62, una relación gas/líquido en la cámara de compresión 68 se reduce por la adición del líquido 84 a la cámara de compresión 68 y por el flujo de parte o todo el gas 88 desde la cámara de compresión 68 a la cámara de fluido 82.
- 30 Dado que la relación gas/líquido en la cámara de compresión 68 se reduce, la presión en la cámara de compresión 68 se incrementará después de una subsiguiente carrera descendente

del émbolo 62 a su extensión de carrera inferior, en comparación con la carrera descendente previa del émbolo 62 (por ejemplo, tal como se ilustra en la Figura 3A).

El movimiento alternativo del émbolo 62, en este ejemplo,
5 entre sus extensiones de carrera superior e inferior dará como resultado disminuciones incrementales de la relación gas/líquido en la cámara de compresión 68. Estas disminuciones incrementales en la relación gas/líquido darán como resultado unos correspondientes aumentos incrementales
10 en la presión en la cámara de compresión 68 cuando el émbolo 68 está en su extensión de carrera inferior. Eventualmente, la presión en la cámara de compresión 68 aumenta lo suficiente como para hacer que la válvula viajera 24 se abra, y los fluidos (por ejemplo, gas 88, fluido 26 y líquido 84)
15 fluyan desde la cámara de compresión 68 al pasaje de flujo interior de émbolo 70.

En la Figura 3C, la bomba de subsuperficie 20 se ilustra después que el émbolo 62 se ha desplazado en la dirección descendente 90 a su extensión de carrera inferior, y después
20 que la presión en la cámara de compresión 68 ha aumentado lo suficiente como para hacer que la válvula viajera 24 se abra. El fluido 26, el líquido 84 y cualquier gas 88 en la cámara de compresión 68 pueden fluir hacia el interior del pasaje de flujo interior de émbolo 70 para fluir a la superficie, tal
25 como se describió anteriormente.

Cualquier gas 88 en la cámara de fluido 82 puede fluir dentro del pasaje de flujo 70 a través del filtro 80, y el líquido 84 puede fluir hacia la cámara de fluido 82 a través del filtro 80, tal como se ilustra en la Figura 3A. Por lo tanto,
30 se consigue una transferencia periódica regular de gas 88 al pasaje de flujo 70 a través del filtro 80, y una transferencia periódica regular de líquido 84 a la cámara de

fluido 82 a medida que el émbolo 62 efectúa un movimiento alternativo en el cilindro 56. Además, el flujo desde la cámara de fluido 82 hacia el pasaje de flujo 70 a través del filtro 80 puede ayudar a eliminar cualquier particulado que se haya acumulado previamente en el filtro 80.

Aunque anteriormente se describió un aumento incremental de la presión de la cámara de compresión 68 para avanzar de una condición de bloqueo por gas a una restauración de la capacidad de bombeo, en algunos ejemplos puede ser necesario efectuar no más que un movimiento alternativo del émbolo 62 para transferir suficiente gas 88 de la cámara de compresión 68 para restablecer la capacidad de bombeo. Además, el uso de la bomba de subsuperficie 20 puede evitar que ocurra una condición de bloqueo por gas, por ejemplo, transfiriendo periódicamente líquido 84 hacia la cámara de compresión 68 y transfiriendo gas 88 fuera de la cámara de compresión 68, de modo que la relación gas/líquido permanece en un nivel suficientemente bajo de modo que la válvula viajera 24 se abre en cada carrera descendente. La transferencia periódica de líquido 84 hacia la cámara de compresión 68 y gas 88 fuera de la cámara de compresión 68 también puede evitar o mitigar la ocurrencia de una condición de interferencia por gas.

Ahora se puede apreciar plenamente que la divulgación anterior provee avances significativos a las técnicas de construcción y operación de los sistemas de levantamiento artificial en pozos. En los ejemplos descritos anteriormente, la bomba de subsuperficie 20 puede operar eficazmente para bombear el fluido 26 desde el pozo, incluso cuando gas 88 y particulados pueden estar presentes en el fluido 26.

Más específicamente, la divulgación anterior provee a la técnica una bomba de subsuperficie 20 para utilizar en operaciones de levantamiento artificial en pozos. En un

ejemplo, la bomba de subsuperficie 20 puede incluir un cilindro 56 que tiene una válvula fija 22 que controla el flujo a través de un pasaje de flujo interior 67 del cilindro 56 y un émbolo 62 que es recibido alternativamente en el cilindro 56 para unas primera y segunda extensiones de carrera opuestas. En la primera extensión de carrera (por ejemplo, como se ilustra en la Figura 3A), el flujo está sustancialmente restringido entre el émbolo 62 y el cilindro 56 en unas primera y segunda posiciones 72a, 74a separadas longitudinalmente a lo largo del cilindro 56, y un pasaje de flujo interior 70 del émbolo 62 está en comunicación a través de un filtro 80 con una cámara de fluido 82 dispuesta longitudinalmente entre las primera y segunda posiciones 72a, 74a. En la segunda extensión de carrera (por ejemplo, como se ilustra en la Figura 3B), la cámara de fluido 82 está en comunicación con la cámara de compresión 68 y la válvula fija 22.

En la segunda extensión de carrera, la primera posición 72a puede estar dispuesta longitudinalmente entre el filtro 80 y la cámara de fluido 82.

La cámara de fluido 82 puede comprender una sección interior radialmente ampliada 86 del cilindro 56.

En la primera extensión de carrera, el líquido 84 puede fluir desde el pasaje de flujo interior de émbolo 70 a la cámara de fluido 82 a través del filtro 80. En la segunda extensión de carrera, el líquido 84 puede fluir desde la cámara de fluido 82 al pasaje de flujo interior de cilindro 67.

En la segunda extensión de carrera, el flujo entre el filtro 80 y la cámara de fluido 82 puede estar sustancialmente restringido

. En la segunda extensión de carrera, el émbolo 62 se puede extender solo parcialmente en sentido longitudinal a través de la cámara de fluido 82.

La cámara de fluido 82 puede comprender una cámara anular que rodea al menos parcialmente el filtro 80 en la primera extensión de carrera.

Mediante la divulgación anterior también se provee a la técnica un método para bombear un fluido 26 desde un pozo 28. En un ejemplo, el método puede incluir efectuar un movimiento alternativo con un émbolo 62 con respecto a un cilindro 56 de una bomba de subsuperficie 20. El paso del movimiento alternativo puede comprender: a) desplazar el émbolo 62 en una primera dirección 90, para de ese modo recibir un líquido 84 en una cámara de fluido 82 desde un filtro 80, donde el líquido 84 en la cámara de fluido 82 ha sido filtrado por el filtro 80, y b) desplazar el émbolo 62 en una segunda dirección 92 opuesta a la primera dirección 90, para de ese modo transferir el líquido 84 desde la cámara de fluido 82 a una cámara de compresión 68 en un pasaje de flujo interior 67 del cilindro 56.

El paso de transferencia puede incluir desplazar el filtro 80 en la segunda dirección 92. El paso de transferencia puede incluir desplazar el filtro 80 hacia arriba en relación con la cámara de fluido 82.

El paso de desplazamiento del émbolo 62 en la primera dirección 90 puede incluir desplazar el émbolo 62 a una primera extensión de carrera en la que el flujo está sustancialmente restringido entre el émbolo 62 y el cilindro 56 en unas primera y segunda posiciones 72a, 74a separadas longitudinalmente a lo largo del cilindro 56 y un pasaje de flujo interior 70 del émbolo 62 está en comunicación a través del filtro 80 con la cámara de fluido 82 dispuesta

longitudinalmente entre las primera y segunda posiciones 72a, 74a.

El paso de desplazamiento del émbolo 62 en la segunda dirección 92 puede incluir desplazar el émbolo 62 a una
5 segunda extensión de carrera en la que la cámara de fluido 82 está en comunicación con la válvula fija 22.

En la primera extensión de carrera, el líquido 84 puede fluir desde el pasaje de flujo interior de émbolo 70 a la cámara de fluido 82 a través del filtro 80. En la segunda extensión de
10 carrera, el líquido 84 puede fluir desde la cámara de fluido 82 al pasaje de flujo interior de cilindro 67.

En la segunda extensión de carrera, el flujo entre el filtro 80 y la cámara de fluido 82 puede estar sustancialmente restringido (por ejemplo, en la posición de restricción de
15 flujo 72a).

El flujo desde la cámara de fluido 82 al pasaje de flujo interior de émbolo 70 a través del filtro 80 elimina del filtro 80 particulados acumulados (tales como, arena, finos de formación, apuntalante, etcétera). El flujo puede
20 comprender líquido 84, gas 88, una combinación de los mismos u otras composiciones fluidas. El flujo puede ser el resultado de la turbulencia a medida que el émbolo 62 se desplaza entre las primera y segunda extensiones de carrera.

Mediante la divulgación anterior también se provee a la técnica un sistema de bombeo de pozo 10. En un ejemplo, el sistema 10 puede incluir un actuador 14 (tal como, un actuador hidráulico, una bomba de varilla tipo balancín, un actuador eléctrico o alimentado por combustible, etcétera) que efectúa un movimiento alternativo en una sarta de
25 varillas 18 y una bomba de subsuperficie 20 que recibe fluido 26 de un pozo 28 y descarga el fluido 26 dentro de una sarta de tubería 30. La bomba de subsuperficie 20 puede incluir un
30

émbolo 62 con una válvula viajera 24, un cilindro 56 con una válvula fija 22 y un filtro 80 que filtra el líquido 84 que fluye desde la sarta de tubería 30 a una cámara de compresión 68 dispuesta longitudinalmente entre la válvula viajera 24 y la válvula fija 22.

El filtro 80 puede efectuar un movimiento alternativo en relación con una cámara de fluido 82. En una primera configuración de la bomba de subsuperficie 20, tanto el filtro 80 como la cámara de fluido 82 están dispuestos longitudinalmente entre unas primera y segunda posiciones 72a, 74a en las que el flujo está sustancialmente restringido entre el émbolo 62 y el cilindro 56.

La primera posición 72a puede estar dispuesta longitudinalmente entre el filtro 80 y la cámara de fluido 82 en una segunda configuración de la bomba de subsuperficie 20. El émbolo 62 solo puede separar parcialmente la cámara de fluido 82 de la cámara de compresión 68 en la segunda configuración. El flujo entre el filtro 80 y la cámara de fluido 82 puede estar sustancialmente restringido en la segunda configuración.

Si bien se han descrito anteriormente diversos ejemplos en que cada ejemplo tiene ciertas características, se debe entender que no es necesario que una característica particular de un ejemplo se utilice exclusivamente con ese ejemplo. En cambio, cualquiera de las características descritas anteriormente y/o ilustradas en las figuras se pueden combinar con cualquiera de los ejemplos, además o en sustitución de cualquiera de las otras características de esos ejemplos. Las características de un ejemplo no son mutuamente exclusivas con las características de otro ejemplo. En cambio, el alcance de esta divulgación abarca cualquier combinación de cualquiera de las características.

Si bien cada ejemplo descrito anteriormente incluye una cierta combinación de características, se debe entender que no es necesario utilizar todas las características de un ejemplo. En cambio, se puede utilizar cualquiera de las
5 características descritas anteriormente, sin que también haya que utilizar otra cualquier característica o características particulares.

Se debe entender que las diversas formas de realización descritas en la presente se pueden utilizar en diversas
10 orientaciones, tales como inclinado, invertido, horizontal, vertical, etcétera y en diversas configuraciones, sin apartarse de los principios de esta divulgación. Las formas de realización se describen meramente como ejemplos de aplicaciones útiles de los principios de la divulgación que
15 no está limitada por los detalles específicos de estas formas de realización.

En la descripción anterior de los ejemplos representativos, los términos direccionales (tales como "arriba", "abajo", "superior", "inferior", etcétera) se utilizan por
20 conveniencia al hacer referencia a las figuras adjuntas. Sin embargo, se debe entender claramente que el alcance de esta divulgación no se limita a ninguna dirección particular descrita en la presente.

Los términos "que incluye", "incluye", "que comprende",
25 "comprende" y términos similares se utilizan en un sentido no limitativo en esta memoria descriptiva. Por ejemplo, si un sistema, método, aparato, dispositivo, etcétera se describe como "que incluye" una cierta característica o elemento, el sistema, método, aparato, dispositivo, etcétera puede incluir
30 esa característica o elemento y también puede incluir otras características o elementos. Del mismo modo, el término

"comprende" se considera en el sentido de "comprende pero no se limita a".

Desde luego, una persona experta en la técnica, tras una consideración cuidadosa de la descripción anterior de las formas de realización representativas de la divulgación, puede apreciar fácilmente que se pueden hacer numerosas modificaciones, adiciones, sustituciones, eliminaciones y otros cambios a las formas de realización específicas y tales cambios están contemplados por los principios de esta divulgación. Por ejemplo, las estructuras divulgadas que se conforman por separado, en otros ejemplos pueden conformarse de manera integral y viceversa. Por consiguiente, se debe entender claramente que la descripción detallada anterior se brinda solamente a modo ejemplificativo y de ilustración, donde el espíritu y alcance de la invención está limitado únicamente por las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.