

VÁLVULA VIAJERA ACCIONADA MECANICAMENTE

DESCRIPCIÓN

CAMPO DE APLICACIÓN

- 5 La presente invención se refiere a una válvula viajera accionada mecánicamente para ser utilizada en equipos de bombeo de fluidos.

Más particularmente, se refiere a una válvula viajera de retención accionada mecánicamente y que está constituida por un asiento y un tapón; capaz de ser utilizada en el extremo de descargadel componente móvil, ya sea el barril o el émbolo; logrando el incremento del
10 rendimiento de dicha bomba, operando a cualquier ángulo de inclinación, en el manejo de fluidos de cualquier viscosidad y/o contenido de gas disuelto en la fase líquida del fluido.

OBJETIVOS DE LA INVENCION

El primer objetivo de la presente invención se refiere a una válvula viajera accionada
15 mecánicamente que al colocarse a todo lo largo del elemento móvil o en su extremo de descarga cuando el elemento móvil es el émbolo o específicamente en el extremo de descarga cuando elelemento móvil es el barril, permita un mayor número de emboladas por unidad de tiempo.

El segundo objetivo de la presente invención se refiere al incremento del volumen de fluido
20 que pueda ser bombeado en un mismo periodo de tiempo, lo cual permite mejorar la eficiencia de una bomba de subsuelo cuando ésta maneje petróleos con alta relación de gas disuelto en el petróleo y/o alta viscosidad.

ANTECEDENTES

25 En la industria petrolera, se utilizan varios tipos de bombas de subsuelo para la extracción del petróleo desde el yacimiento hasta la superficie. Entre los sistemas convencionales de levantamiento artificial de petróleos, el más predominante es el que utiliza bombas reciprocantes de desplazamiento positivo, accionados desde la superficie por balancines u otros tipos de unidades de bombeo, por medio de las varillas de succión. Dichas bombas son
30 capaces de manejar muy altas temperaturas del yacimiento y que son producto de técnicas avanzadas de recuperación (tales como, la inyección de vapor de agua, la combustión en sitio o cualquier otro método para bajar la viscosidad de los petróleos pesados y extrapesados). Debido a la limitación en el diámetro que pueden tener las bombas de subsuelo de desplazamiento positivo, así como el número de emboladas por unidad de

tiempo al que pueden operar, es indispensable poder lograr la máxima eficiencia volumétrica en cada embolada.

- En toda bomba reciprocante de desplazamiento positivo, la válvula que se encuentra fijada al componente que induce el movimiento reciprocante, es conocida como válvula viajera; mientras que la válvula que se encuentra fijada al componente estático, es conocida como válvula fija. La válvula viajera y la válvula fija son básicamente válvulas de retención dispuestas de tal manera, que ambas permiten el flujo del fluido en una misma dirección. En consecuencia, la acción de bombeo se produce por el movimiento relativo entre la válvula viajera y la válvula fija.
- 10 Las bombas mecánicas de desplazamiento positivo, utilizan válvulas de retención con elementos sellantes constituidos por un elemento que actúa como obturador y otro elemento que actúa como asiento. Así, se tiene que el flujo ocurre en una sola dirección, cuando el elemento que actúa como obturador se separa del elemento que actúa como asiento por el diferencial de presiones a ambos lados de la válvula. El elemento que actúa como obturador y el elemento que actúa como asiento, pueden tener cualquier configuración o forma, procurando la formación de un sello hermético entre estos componentes para impedir el retorno del fluido cuando la válvula se cierre. La configuración más conocida y utilizada en la industria petrolera para el obturador, es la de una esfera; en este caso, la válvula se conoce como válvula de bola y asiento.
- 20 Con el propósito de permitir la intercambiabilidad entre fabricantes, la American Petroleum Institute (API) el Estándar API 11AX; el cual se concibió para estandarizar algunas dimensiones, particularmente las de las roscas y tolerancias, pero no tomó en cuenta el diseño ni las áreas de flujo a través de los diversos componentes de las bombas de subsuelo.
- 25 Cuando se requiere bombear petróleos con alta relación gas/petróleo, es decir, con alto contenido de gas disuelto en el petróleo; las bombas convencionales con válvulas de bola y asiento se tornan un tanto ineficientes. Resulta que, durante la fase de succión, debido a la baja de presión que se produce entre las válvulas viajera y fija dentro del barril de la bomba de subsuelo, parte del gas se separa del petróleo y se crea una cámara de gas entre la válvula viajera y la fase líquida del petróleo que logró pasar por la válvula fija. Como ambas válvulas requieren de diferencia de presiones para que la bola se separe del asiento, es necesario comprimir el gas durante la fase de descarga, hasta que la presión del gas dentro del cilindro de la bomba supere la presión generada por el peso de la columna de fluido al otro lado de la válvula viajera. En muchos casos, el extremo de succión del componente móvil choca contra el petróleo y se produce un fuerte golpe de fluido con sus efectos sumamente perjudiciales para la bomba, disminuyendo su vida útil. Se han hecho intentos para superar este problema, al fijar una válvula anular en el extremo de descarga del cilindro de la bomba de subsuelo para soportar la contrapresión generada por el peso de la columna de petróleo, reduciendo significativamente el diferencial de presión requerido para abrir la
- 30
- 35

válvula viajera por el gas atrapado entre la válvula viajera y la fase líquida del petróleo dentro del cilindro de la bomba y aumentando, en cierta medida, la eficiencia volumétrica de la bomba.

5 Con el propósito de subsanar el problema de baja eficiencia volumétrica por el manejo de fluidos con alta relación gas/petróleo, se intentaron implementar otros desarrollos, siendo el más significativo el de tapón y asiento, a donde se obligaba a un tapón conectado directamente a la sarta de varillas de succión por medio de un vástago, a que se desplazara con el mismo movimiento reciprocante inducido desde la superficie por un balancín o cualquier otra unidad de bombeo, mientras que el émbolo se podía mover libremente entre el 10 referido tapón y un tope. En este caso, el émbolo tiene fijado un asiento, de manera que cada vez que el tapón hacía contacto con el asiento, se formaba el sello y cuando se separaba de éste, se permitía el paso del fluido. En dichas válvulas accionadas mecánicamente, el tapón se puede separar del asiento debido a:

- (i) el peso de la sarta de varillas de succión, que actúa directamente sobre el tapón,
- 15 (ii) la diferencia de presiones entre el lado de succión y el lado de descarga de la válvula viajera, y
- (iii) la fricción entre la periferia externa del émbolo y la periferia interna del cilindro o barril de la bomba, que actúa sobre el elemento móvil.

20 Así se tiene que este tipo de válvula abre mucho más rápidamente que su equivalente de bola y asiento, (incluso en bombas de subsuelo con válvula anular); sin embargo, la válvula anular también se puede implementar cuando se maneje fluidos con muy alta relación gas/petróleo.

Existen diversas configuraciones de bombas que utilizan válvulas viajeras de tapón y asiento, siendo las más conocidas: la VR-S^{MR} según los documentos de patente de Canadá 25 número 1,221,875 y de Estados Unidos de América números 4,591,316 y 4,708,597, y la LOC-NO^{MR} fabricada por la empresa Harbisson Fisher.

Las válvulas de retención de apertura mecánica descritas en las patentes 4,591,316 y 4,708,597 antes señaladas, se encuentran específicamente ubicadas en el extremo de succión del émbolo, las cuales abren y cierran mecánicamente como ocurre con las válvulas 30 de tapón y asiento, pero ofreciendo mayores áreas de flujo que las válvulas convencionales de bola y asiento. Estas válvulas de retención presentan su asiento específicamente fijada al extremo de succión del émbolo, mientras que el tapón accionado mecánicamente (por medio de un vástago que se encuentra por fuera del émbolo previo al extremo de succión de dicho émbolo.

35 Las válvulas de retención sencillas antes descritas, requieren que sea la válvula viajera en lugar del émbolo la que se inmersa primero contra la fase líquida del fluido dentro del barril de la bomba. Sin embargo, si fuese el extremo de succión del émbolo el que contactase al fluido antes que la válvula viajera, entonces la fuerza de arrastre actuando sobre dicho émbolo

contribuiría a una apertura más temprana de la válvula y a su vez permitiría extender su vida útil, ya que el golpe de fluido actuaría sobre el extremo de succión del émbolo y no sobre los elementos sellantes de la válvula viajera.

5 PROBLEMA TÉCNICO A RESOLVER

Como se puede apreciar, el arte previo ha podido atender el bombeo de fluidos con alto contenido de gas disuelto en el petróleo, producidos en pozos verticales o levemente desviados; sin embargo, todos los diseños de bomba antes descrito, se tornan ineficientes cuando se tienen que manejar petróleos de cualquier viscosidad: (a) con vapor de agua producto de la inyección de vapor de agua en el pozo a ser producido o en pozos adyacentes, para bajar la viscosidad del petróleo en los yacimientos con petróleos pesados y extrapesados, (b) con gas separado del petróleo de fluidos con muy alta relación gas/petróleo, o (c) en pozos horizontales o altamente desviados.

Lo antes descrito plantea la necesidad de un diseño de válvula viajera para incrementar el rendimiento de bombas de subsuelo de desplazamiento positivo, la cual debe ser capaz de disminuir significativamente el escurrimiento y poder manejar una mayor cantidad de fluido.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El bombeo de petróleo con alto contenido de gas disuelto, utilizando bombas de subsuelo convencionales de desplazamiento positivo accionadas mecánicamente, puede ser ineficiente debido a la baja velocidad de bombeo que se le puede impartir al sistema de bombeo, a fin de evitar una gran diferencia de presión que separe el gas del petróleo con alta relación de gas disuelto en el petróleo. Además, si la bomba debe operar a cualquier ángulo significativo de desviación con respecto a la vertical, la eficiencia de bombeo puede ser también afectada debido al aumento del escurrimiento a través de los elementos sellantes de ambas válvulas viajera y fija.

Con el propósito de reducir los efectos de las limitantes señaladas, se provee una válvula viajera accionada mecánicamente, constituida por un tapón y un asiento. De acuerdo a la configuración a ser implementada, intermitentemente en cada válvula durante las etapas de succión y descarga, el tapón puede formar un sello con el asiento. En este arreglo, el área de flujo anular por fuera del tapón de la válvula viajera, debe ser sustancialmente igual al área de flujo anular por dentro del asiento de dicha válvula. Adicionalmente, el área de flujo generada por la distancia de separación entre las superficies sellantes del tapón y el asiento debe ser igual o mayor al área de flujo anular por dentro del asiento. Únicamente cuando ambas condiciones son satisfechas, la válvula viajera ofrecerá la mínima caída de presión y máximo flujo. La presente configuración de la válvula viajera permite que el gas dentro de la bomba de subsuelo sea desplazado en cada embolada, permitiendo una mayor eficiencia

volumétrica y en consecuencia, se incrementa la cantidad de fluido que se puede bombear en el mismo lapso de tiempo. El arte previo solo consideró las áreas de flujo por dentro del asiento y por fuera del tapón de la válvula, sin tomar en cuenta el área de flujo generada por la separación entre los elementos sellantes de la válvula. Este es un gran inconveniente del arte previo, ya que es imposible maximizar el flujo y minimizar la caída de presión, si el área de flujo generada por la distancia de separación entre las superficies sellantes del tapón y asiento de la válvula es menor que el área de flujo a través del asiento de la válvula.

Es importante señalar, que la presente válvula viajera accionada mecánicamente, puede ubicarse internamente a todo lo largo o acoplado al extremo de descarga del componente móvil de la bomba al que se le imparte el movimiento reciprocante, lo cual constituye una diferencia muy importante con respecto al arte previo, en donde la válvula viajera se localiza específicamente en el extremo de succión del émbolo.

En este arreglo, la válvula posee un alojamiento con una cámara de flujo con una periferia interna que es parte de o está fijado al elemento móvil de la bomba de subsuelo, así como, un vástago con un extremo de succión y otro de descarga, así como una periferia externa, donde su extremo de descarga se acopla a un conector, el cual a su vez se acopla al elemento que induce el movimiento reciprocante a dicho vástago; mientras que su extremo de succión está fijado al extremo de descarga de un tapón con una periferia externa. Asimismo, la válvula posee un asiento con una periferia interna que puede ser fijado por cualquier método al interior de la cámara de flujo del alojamiento de la válvula. La periferia interna del asiento y la periferia externa del vástago definen el área anular de flujo del asiento; mientras que la periferia interna de la cámara de flujo del alojamiento y la periferia externa del tapón definen el área anular de flujo del tapón. En este caso, el área anular de flujo del asiento debe ser sustancialmente igual al área anular de flujo del tapón. Al mismo tiempo, para asegurar una mínima caída de presión y un máximo flujo a través de la válvula, el área cónica de flujo que se genera por la distancia de separación entre el extremo de succión del asiento y el extremo de descarga del tapón debe ser sustancialmente igual a o mayor que el área anular de flujo del asiento. La válvula viajera abre y cierra mecánicamente por medio del vástago que se desplaza por el movimiento reciprocante inducido. La apertura de dicha válvula viajera accionada mecánicamente, ocurre debido a la fuerza ejercida sobre el tapón por el peso de la sarta de varillas de succión, más el diferencial de presiones entre el extremo de succión y el extremo de descarga de la válvula, más la fuerza de fricción que actúa sobre el émbolo por la fricción generada entre la periferia externa del émbolo y la periferia interna del barril o cilindro de la bomba y quizás el más importante, la fuerza de arrastre que actúa sobre el émbolo cuando su extremo de succión hace contacto con y se sumerge en la fase líquida del fluido que se encuentra dentro del barril o cilindro, permitiendo el manejo eficiente de fluidos con alto contenido de gas disuelto en su fase líquida. Adicionalmente, debido a que todos los componentes de dicha válvula viajera accionada mecánicamente son guiados, el escurrimiento de petróleo se reduce significativamente; por

lo tanto, cualquier bomba de subsuelo ensamblada con la presente válvula viajera, puede operar eficientemente a cualquier ángulo de inclinación.

Otros objetos, ventajas y características del presente invento se pondrán de manifiesto en la siguiente descripción detallada del invento, cuando sean leídas en conjunción con el dibujo y

5 reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA FIGURA

Figura 1 Esquema del corte longitudinal de la válvula viajera accionada mecánicamente, utilizada en una bomba de subsuelo de desplazamiento positivo, cuando ésta se encuentra en su posición abierta.

10

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL INVENTO

Las explicaciones que aparecen en esta descripción detallada, son válidas tanto para bombas como compresores de desplazamiento positivo accionados mecánicamente, los cuales incluyen por lo menos una válvula viajera y una válvula fija. En estos equipos, la válvula viajera se encuentra fijada al componente móvil, mientras que la válvula fija, se encuentra asegurada al componente estático de los mismos.

15

Por cuanto la aplicación más popular para las bombas reciprocantes de desplazamiento positivo, es en la industria petrolera precisamente en los sistemas de levantamiento artificial de petróleo por bombeo mecánico, se presentará la descripción detallada de la válvula viajera accionada mecánicamente cuando ésta es fijada en cualquier sitio a lo largo del émbolo, preferiblemente en su extremo de descarga, en aquellos casos en que el émbolo sea el elemento móvil o en el extremo de descarga del barril o cilindro en aquellos casos en que el elemento móvil sea dicho barril o cilindro; entendiéndose que todas las explicaciones que aparecen a continuación, son igualmente válidas para cualquier otro tipo de bombas o compresores de desplazamiento positivo.

20

25

Más específicamente, la válvula viajera accionada mecánicamente puede ser fijada al componente reciprocante de una bomba de subsuelo de desplazamiento positivo de acuerdo a las siguientes dos posibilidades:

30

- Caso A, por dentro a todo lo largo de la longitud interna del émbolo o en su extremo de descarga, cuando dicho émbolo es el elemento móvil y el barril (según nomenclatura del Estándar API 11AX) o cilindro es el elemento estático, o
- Caso B, específicamente en el extremo de descarga del barril o cilindro cuando dicho componente es el elemento móvil y el émbolo es el elemento estático.

Los componentes de la válvula viajera accionada mecánicamente son guiados; por lo tanto, las bombas de desplazamiento positivo en donde se implementen estas válvulas, pueden funcionar a cualquier ángulo de desviación.

Es importante señalar que en el arte previo, la válvula viajera accionada mecánicamente de bombas de subsuelo de desplazamiento positivo, se encontraba ubicada específicamente en el extremo de succión del émbolo en aquellos casos en donde el émbolo era el elemento móvil y el barril o cilindro era el elemento estático. Adicionalmente, las válvulas viejeras de accionamiento mecánico según el arte previo, no podían ser utilizadas en aquellas bombas de subsuelo en donde el barril o cilindro era el elemento móvil y el émbolo era el elemento estático.

La válvula viajera accionada mecánicamente **100**, que ofrece una mayor área de flujo y mínima caída de presión, que aparece en su posición abierta en la Figura 1 se conforma de asiento **110**, tapón **140**, vástago **130** y conector **120**. Dicha válvula se encuentra contenida dentro de la cámara de flujo del alojamiento **170** como la que se utilizaría en cualquier bomba de subsuelo de la industria petrolera, formando parte de o fijada por cualquier método al extremo de descarga del elemento móvil, que sería el émbolo **50** para el Caso A o el barril **60** para el Caso B. Para simplificar la ilustración, se presenta un solo dibujo en donde el elemento móvil se presenta genéricamente identificado como **50/60** ya que el componente móvil puede ser el émbolo **50** para el Caso A o el barril **60** para el Caso B. El tapón **140** puede ser parte de, o tener su extremo de descarga fijado al vástago **130** por cualquier método, el cual se encuentra a su vez fijado por cualquier método al conector **120**. La apertura entre el tapón **140** y el asiento **110** está limitada a un valor máximo predeterminado. Cuando la válvula viajera **100** se encuentra totalmente abierta, la posición más alejada del tapón **140** con respecto al asiento **110** definen la longitud mínima de la cámara **170**. El eje longitudinal de cada uno de dichos componentes debe coincidir con el eje longitudinal **400** de la bomba de subsuelo.

El movimiento recíprocante proveniente del elemento **30** (sea entre otros para la industria petrolera, el vástago de tiro, la última varilla de succión, el extremo inferior de la varilla continua o cualquier otro medio), es inducido al vástago **130** a través del conector **120**, el cual está conectado por cualquier método en su extremo de descarga a dicho elemento **30** y en su extremo de succión también está conectado al vástago **130**.

Tanto el conector **120** como el tapón **140** pueden ser guiados de cualquier modo de manera de asegurar que cuando la válvula viajera **100** se encuentra cerrada, las superficies sellantes del asiento **110** y del tapón **140** formen un sello hermético.

En la configuración de la válvula **100** que se presenta en la Figura 1, el área anular de flujo del asiento **310** que se genera entre la periferia de la superficie interna **112** del asiento **110** y la periferia externa **132** del vástago **130**, debe ser sustancialmente igual al área anular de flujo del tapón **300** que se genera entre la periferia de la superficie interna **172** de la cámara

170 y la periferia de la superficie externa **142** del tapón **140**. Ambas áreas anulares de flujo del tapón **300** y del asiento **310** se encuentran en sendos planos perpendiculares al eje longitudinal **400**.

5 Cuando la válvula viajera de accionamiento mecánico **100** se encuentra en su posición cerrada formando un sello hermético, la superficie sellante **144** en el extremo de descarga **141** del tapón **140** se asienta a la superficie sellante **114** en el extremo de succión **118** del asiento **110**. Para lograr lo anterior, es indispensable que el diámetro externo **146** del tapón **140** sea mayor que el diámetro interno **116** del asiento **110**. La superficie de sellado más apropiada se corresponde a una zona esférica, por lo que los contornos esféricos de dichas superficies sellantes permiten cierta desalineación angular manteniendo el sello; sin embargo, debe entenderse que las superficies de sellado pueden presentar cualquier otra configuración, siempre que dichos elementos de sellado cuando estén en contacto entre sí, puedan mantener un sellado perfecto.

15 En la configuración presentada en la Figura 1, la distancia **340** correspondiente a la separación entre el tapón **140** y el asiento **110** cuando la válvula viajera **100** accionada mecánicamente está en su posición abierta, se establece mediante el área anular de flujo del asiento **310**; en el sentido de que el área cónica de flujo **350** generada por dicha distancia **340** debe ser igual o mayor que el área anular de flujo del asiento **310**.

20 La válvula viajera **100** accionada mecánicamente minimizará la caída de presión y maximizará el flujo a través de los componentes de dicha válvula, únicamente cuando ambas condiciones de áreas de flujo, antes señaladas, se satisfagan simultáneamente, o sea que: (i) el área de flujo del asiento **310** sea sustancialmente igual al área de flujo del tapón **300**, y a su vez (ii) el área cónica de flujo **350** sea sustancialmente igual o mayor al área anular de flujo del asiento **310**.

25 Con el propósito de maximizar la eficiencia de bombeo, las superficies del tapón **140** y del asiento **110** que hacen contacto con el petróleo deben ser tan hidrodinámicas y lisas como sea posible, a fin de reducir el arrastre y disminuir aún más la caída de presión que puede ocurrir cuando el fluido pasa sobre dichas superficies.

30 Por cuanto la válvula viajera **100** opera principalmente de una manera mecánica, o sea que, ésta se abrirá y cerrará forzosamente debido a la fuerza inducida al tapón **140**, la válvula puede ser ubicada a todo lo largo o en el extremo de descarga del émbolo **50** para el Caso A; mientras que para el Caso B, la ubicación de dicha válvula viajera **100** puede ser únicamente en el extremo de descarga del barril **60**. Como la ubicación de la válvula viajera **100** para el Caso A, también puede ser en el extremo de descarga del émbolo **50**, es posible utilizar en ambos Casos A y B el mismo diseño de válvula.

Al proporcionar una válvula viajera **100** accionada mecánicamente, que cumple simultáneamente con las especificaciones de área de flujo y de distancia de separación entre

los elementos sellantes establecidas anteriormente, se puede minimizar la caída de presión y maximizar el flujo a través de la válvula, maximizando así la eficiencia de bombeo y a su vez evitando los fenómenos de bloqueo de gas y/o bloqueo de vapor de agua.

El elemento de inducción de movimiento reciprocante **30** (que, según el tipo de bomba de subsuelo que se esté utilizando, podría ser: el vástago de tiro, la última varilla de succión, el extremo inferior de una varilla continua o cualquier otro medio capaz de transmitir un movimiento reciprocante) induce dicho movimiento reciprocante al vástago **130** a través del conector **120**. Este conector **120** se encuentra fijado por cualquier medio en su extremo de descarga **124** a dicho elemento de inducción de movimiento reciprocante **30** y al vástago **130** en su extremo de succión **122**.

La válvula viajera **100** accionada mecánicamente, puede comprender las siguientes áreas de flujo: (i) el área anular de flujo del tapón **300** determinado por la superficie de la periferia interna **172** que corresponde dimensionalmente al diámetro interno **174** de la cámara de flujo del alojamiento de la válvula **170** y por la superficie periférica externa **142** que corresponde dimensionalmente al diámetro externo **146** del tapón **140**; y (ii) el área anular de flujo del asiento **310** determinado por la superficie de la periferia interna **112** que corresponde dimensionalmente al diámetro interno **116** del asiento **110** y por la superficie de la periferia externa **132** que corresponde dimensionalmente al diámetro externo **134** del vástago **130**. A fin de lograr un sello hermético entre el extremo de succión **118** del asiento **110** y el extremo de descarga **141** del tapón **140**, es necesario que el diámetro externo **146** de dicho tapón **140** sea mayor que el diámetro interno **116** de dicho asiento **110**. El solapamiento **148** se logra mediante la mitad de la diferencia entre el diámetro externo **146** del tapón **140** y el diámetro interno **116** del asiento **110**. Con el propósito de obtener las máximas áreas de flujo a través de la válvula viajera accionada mecánicamente **100**, el solapamiento **148** debe ser lo menor posible.

El solapamiento **148** se establece como un parámetro de diseño, tomando en cuenta los esfuerzos a los que van a estar sometidos las superficies de contacto y que a su vez, puedan asegurar un sellado hermético entre ellos. Asimismo, el diámetro interno **174** de la cámara de flujo del alojamiento **170**, ha sido pre-establecido por los fabricantes de bombas de subsuelo o aparecen en normas y estándares relacionados con la materia; mientras que el diámetro externo **134** del vástago **130** es también un parámetro de diseño, establecido por el límite de fluencia del material y los esfuerzos cíclicos a los que va a estar sometido, incluyendo el factor de seguridad que se considere apropiado. Así se tiene que, el solapamiento **148**, el diámetro interno **174** de la cámara de flujo del alojamiento **170** y el diámetro externo **134** del vástago **130**, pasan a ser parámetros conocidos o establecidos por aquellos conocedores de la materia.

A fin de lograr la máxima área de flujo a través de la válvula viajera **100** accionada mecánicamente, es indispensable que el área anular de flujo del asiento **310** o **Aa** entre la

- periferia interna **112** con diámetro interno **116** o **Dad** del asiento **110** y la periferia externa **132** con diámetro externo **134** o **Dv** del vástago **130**, sea sustancialmente igual al área anular de flujo **300** o **At** entre la periferia interna **172** con diámetro interno **174** o **Dc** de la cámara de flujo del alojamiento **170** y la periferia externa **142** con diámetro externo **146** o **Dt** del tapón **140**. El diámetro externo **146** o **Dt** del tapón **140**, se corresponde al diámetro interno **116** o **Da** del asiento **110** más dos veces el solapamiento radial **148** o **S**. Habiendo definido los diámetros y solapamiento, es posible igualar el área anular de flujo **310** o **Aa** del asiento **110** y el área anular de flujo **300** o **At** del tapón **140**, permitiendo determinar el diámetro interno **116** o **Dad** del asiento **110** y el diámetro externo **146** o **Dt** del tapón **140**.
- 10 El diámetro interno **116** o **Dad** del asiento **110**, se determina por medio de la Ecuación (1), la cual es función del solapamiento **S**, el diámetro externo **134** o **Dv** del vástago **130** y el diámetro interno **174** o **Dc** de la cámara de flujo del alojamiento **170**, donde todos estos parámetros son conocidos o establecidos por aquellos conocedores de la materia. Así se tiene que:

$$15 \quad Da = -S + \sqrt{-2S^2 + \left(\frac{Dc^2 + Dv^2}{2}\right)} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Una vez determinado el valor del diámetro interno **116** del asiento **110**, es posible determinar el diámetro externo **146** o **Dt** del tapón **140**, por medio de la Ecuación (2). Así se tiene que:

$$Dt = Da + 2S \quad \text{Ecuación (2)}$$

- El área de flujo del asiento **310** o **Aa** delimitada entre la periferia interna **112** de dicho asiento **110** y la periferia externa **132** del vástago **130** puede ser calculado con base a la siguiente relación:

$$Aa = \frac{\pi}{4} (Da^2 - Dv^2)$$

El área de flujo del tapón **300** o **At** delimitada entre la periferia interna **172** de la cámara de flujo del alojamiento **170** y la periferia externa **142** del tapón **140** puede ser calculado con base a la siguiente relación:

$$At = \frac{\pi}{4} (Dc^2 - Dt^2)$$

- 25 La superficie cónica del área de flujo **350** o **Ac** correspondiente a la distancia de separación **340** o **H** entre el extremo de succión **118** de dicho asiento **110** y el extremo de descarga **141** del tapón **140**, se puede calcular en base a la siguiente relación:

$$Ac = \frac{\pi}{2} (Dt + Da) \sqrt{\frac{(Dt - Da)^2}{4} + H^2}$$

- La segunda condición para obtener máximo flujo y mínima caída de presión a través de la válvula viajera **100** accionada mecánicamente, requiere que la superficie del área cónica de

flujo **350** o **Ac** sea sustancialmente igual o mayor que el área anular de flujo del asiento **310** o **Aa**. Para cumplir con esta segunda condición, es necesario determinar la distancia de separación mínima Hv_{min} .

El área anular interna de flujo **310** o **Aa** del asiento **110** permite determinar, cuando la válvula **100** se abre, dicha distancia de separación mínima Hv_{min} entre el extremo de succión **118** de dicho asiento **110** y el extremo de descarga **141** del tapón **140**. Esta distancia de separación mínima Hv_{min} se corresponde a la altura del área de flujo cónica **350** que se genera por el solapamiento **148** o **S** entre las superficies de contacto **114** del asiento **110** y **144** del tapón **140**.

Así se tiene que para Hv_{min} , el diámetro mayor de la superficie cónica **350**, se corresponde al diámetro externo **146** o **Dt** del tapón **140**, mientras que el diámetro menor de esta misma superficie cónica **350**, se corresponde al diámetro interno **116** o **Da** del asiento **110**. Una vez establecidos estos parámetros, la distancia de separación mínima Hv_{min} puede ser calculada de la Ecuación (3):

$$Hv_{min} = \sqrt{\frac{4 Aa^2}{\pi^2 (Dt + Da)^2} - \frac{(Dt - Da)^2}{4}} \quad \text{Ecuación (3)}$$

En conclusión, el máximo flujo y la mínima caída de presión a través de la válvula viajera **100** se pueden lograr, si y solo si: (i) el área anular de flujo del asiento **310** o **Aa** es sustancialmente igual al área anular de flujo del tapón **300** o **Ap**, y al mismo tiempo (ii) el área cónica de flujo **350** o **Ac** generada por la distancia de separación H (donde H debe ser igual o mayor que Hv_{min}) entre el extremo de succión **118** del asiento **110** y el extremo de descarga **141** del tapón **140** es sustancialmente igual o mayor que el área anular de flujo de fluido del asiento **310** o **Ai**.

Cuando la válvula viajera accionada mecánicamente **100** se encuentra en posición cerrada, la superficie sellante **114** ubicada en el extremo de succión **118** del asiento **110** hace contacto formando un sello hermético con la superficie sellante **144** ubicada en el extremo de descarga **141** del tapón **140**. Ambas superficies sellantes **114** del asiento **110** y **144** del tapón **140** se corresponden a una misma zona esférica, de manera que al contactarse forman un sello hermético. La ventaja de utilizar específicamente zonas esféricas sobre otro tipo de superficies de contacto es que pueden mantener el sello hermético a pesar de que se pueda presentar alguna desalineación entre los componentes; sin embargo, debe entenderse que cualquier otra forma o configuración de las superficies de contacto o aún contacto lineal entre elementos sellantes que pueda mantener un sello hermético entre ellos, también están incluidas en el presente invento.

El radio de la esfera **352** que genera las zonas esféricas como superficies de contacto **114** del asiento **110** y **144** del tapón **140**, puede ser determinado tomando en cuenta: (i) la altura

119 de la zona esférica **114** del asiento **110**, (ii) el diámetro interno **116** del asiento **110**, y (iii) el diámetro externo **146** del tapón **140**.

La altura **119** de la zona esférica **114** del asiento **110**, debe ser suficiente como para asegurar un sellado perfecto entre las superficies de contacto **114** del asiento **110** y **144** del tapón **140**. La altura de la zona esférica **119** es considerada como un parámetro de diseño que aparece en catálogos, cualquier otra literatura relacionada a válvulas o establecidos por aquellos conocedores de la materia.

Adicional a la válvula viajera accionada mecánicamente **100**, objeto de este invento, las bombas de subsuelo de desplazamiento positivo, deben trabajar en conjunto con una válvula fija y bajo ciertas circunstancias, puede requerirse adicionalmente de la implementación de una válvula anular que puede ser ubicada en el extremo de descarga de dicha bomba. Es importante aclarar que todas las bombas de subsuelo, sea cual fuere su válvula fija o si se utiliza o no la válvula anular, será más eficiente si se implementa la válvula viajera accionada mecánicamente **100**, descrito en el presente invento, comparado con válvulas que usan un solo elemento sellante (sea bola o tapón y asiento) y que operen únicamente por diferencial de presiones o aquellas accionadas mecánicamente que se encuentren ubicadas en el extremo de succión del émbolo.

La válvula fija convencional (comúnmente utilizada en la industria petrolera), es simplemente una válvula de retención constituida por un elemento de sellado que puede entrar en contacto con el asiento para bloquear el flujo de retorno del fluido y permitir su flujo cuando el elemento de sellado se separa de dicho asiento. El elemento de sellado puede ser una bola, un tapón o cualquier otro elemento (o elementos) que al entrar en contacto con el asiento, formen un sello hermético. Debido al hecho de que dicha válvula fija se usa normalmente en bombas de subsuelo cuyas dimensiones y características aparecen en la Norma API 11AX y/u otras normas o catálogos, no se proporcionarán más detalles.

En la configuración presentada en la Figura 1, el eje longitudinal de cada componente individual de la válvula viajera **100** accionada mecánicamente coincide y se mueve a lo largo del eje longitudinal **400** de la bomba de subsuelo de desplazamiento positivo. Cuando la válvula viajera **100** está en posición abierta, debe haber una distancia mínima a la cual el tapón **140** se separa del asiento **110** para asegurar una mínima caída de presión y un máximo flujo de fluido. El presente invento contempla que también se considere cualquier otra posible configuración y/o realización que cumpla con este concepto en el que los componentes que constituyen la válvula viajera **100** no coincidan o se muevan a lo largo del eje longitudinal **400** de la bomba de subsuelo de desplazamiento positivo.

En ambos Casos A y B, el extremo de descarga **124** del conector **120** de la válvula viajera accionada mecánicamente **100**, como se puede apreciar en la Figura 1, puede ser fijado al elemento que induce el movimiento recíprocante **30**, el cual puede ser entre otros el vástago de tiro, la varilla de succión, el extremo inferior de la varilla continua o cualquier otro medio

capaz de transmitir movimiento recíprocante dependiendo del tipo de bomba de subsuelo seleccionado que pudiese ser insertable, de tubería o de revestidor.

Además, la válvula viajera accionada mecánicamente **100**, permite que ésta abra, mecánicamente y por diferencia de presiones, en cada embolada, independientemente de la
5 relación de gas disuelto en el petróleo mejorándose sustancialmente la eficiencia volumétrica de la bomba de subsuelo de desplazamiento positivo.

La configuración de la válvula viajera **100** accionada mecánicamente puede permitir que el elemento recíprocante de la bomba de desplazamiento positivo, descienda más rápidamente, debido a la reducción en la resistencia al arrastre causado por el incremento sustancial en
10 las áreas de flujo a través de dicha válvula comparado con válvulas de uso convencional. Este incremento en áreas de flujo, facilita el manejo de petróleos de cualquier viscosidad, permitiendo a su vez un mayor número de emboladas por unidad de tiempo, mejorando sustancialmente el rendimiento de dicha bomba.

Asimismo, la configuración de la válvula viajera **100** accionada mecánicamente permite que
15 sus elementos de sellado sean guiados, lo que reduce el escurrimiento de petróleo a través de dicha válvula, ya que su funcionamiento no se ve afectado por el componente vertical de la fuerza de gravedad, pudiendo mejorar el rendimiento general de la bomba de subsuelo de desplazamiento positivo a cualquier ángulo de desviación, particularmente cuando se usa en pozos altamente desviados u horizontales.

20 Cuando la bomba de subsuelo de desplazamiento positivo está funcionando, durante la etapa de succión, la válvula viajera accionada mecánicamente **100** está cerrada y la válvula fija está abierta; mientras que en la etapa de descarga, dicha válvula viajera **100** está abierta y la válvula fija está cerrada.

La implementación de la válvula viajera accionada mecánicamente **100**, proporciona las
25 siguientes ventajas:

1. Al asegurar que se igualen las áreas anulares de flujo del asiento **310** y del tapón **300** a través del asiento **110** y alrededor del tapón **140**, y a su vez asegurar que el área cónica de flujo **350** generada por la apertura o distancia de separación **340** entre el extremo de succión **118** del asiento **110** y el extremo de descarga **141** del tapón **140**, sea igual o
30 mayor al área de flujo del asiento **310**, se logra un mínima caída de presión a través de la válvula y en consecuencia, el flujo de fluido a través de ésta puede ser incrementado comparado con válvulas convencionales de un solo elemento sellante.
2. El poder instalar la válvula viajera accionada mecánicamente **100**, en el extremo de descarga del elemento móvil, permite que ésta se pueda utilizar de una manera
35 indistinta en bombas donde el émbolo **50** o el barril **60** sean los elementos móviles.

3. Al implementarse superficies de sellado correspondiente a zonas esféricas entre los elementos sellantes de la válvula viajera accionada mecánicamente **100**, se asegura un sellado hermético a pesar de que se pueda presentar una leve desalineación entre los componentes luego de haber trabajado por un largo periodo.
- 5 4. Por cuanto la válvula viajera accionada mecánicamente **100** abre y cierra mecánicamente, el gas que se ha separado del petróleo, es desplazado por el petróleo aguas abajo de la referida válvula viajera, evitándose el bloqueo por gas o vapor de agua y reduciendo significativamente el efecto del golpe de fluido.
- 10 5. Para el Caso A, en donde la válvula viajera accionada mecánicamente **100**, se coloca en el extremo de descarga del émbolo **50**, se tiene que el extremo de succión del mismo émbolo **50** siempre va a contactar al petróleo mucho antes que dicha válvula, permitiendo que la viscosidad del petróleo genere una fuerza de arrastre que aminore la velocidad de descenso del émbolo **50**, contribuyendo con la apertura adelantada de esta válvula. El arte previo no ofrece esta ventaja, ya que su válvula viajera está ubicada
- 15 específicamente en el extremo de succión del émbolo.
6. Cualquier tipo de bomba de subsuelo de desplazamiento positivo (en donde el émbolo **50** o el barril **60** sea el elemento móvil) al que se le instale una válvula viajera accionada mecánicamente **100** conforme a la configuración presentada, en conjunto con cualquier otra válvula fija, podrá operar más eficientemente.
- 20 En aquellas circunstancias en que la bomba de subsuelo de desplazamiento positivo corresponda al Caso A (donde el émbolo **50** es el elemento móvil y el barril **60** es el elemento estático) y se requiera manejar petróleos con una alta relación gas disuelto en el petróleo (alta RGP) y/o dicho petróleo contiene un alto corte de arena o finos, es pertinente implementar adicionalmente una válvula anular disponible comercialmente.
- 25 La ubicación en el Caso B de la válvula viajera accionada mecánicamente **100** específicamente en el extremo de descarga del barril **60**, evita que partículas de arena entren en la bomba de subsuelo, asegurando una mayor resistencia al desgaste de la superficie interna del barril y de la superficie externa del émbolo, al reducir la posibilidad de que las partículas de arena queden atrapadas entre dichas superficies de contacto.
- 30 Debe entenderse que esta invención no está limitada a la ilustración descrita y mostrada previamente, por cuanto se consideran meramente ilustrativas del mejor modo de llevar a cabo la invención, y que son susceptibles de modificación en forma, tamaño, disposición de las partes. y detalles de funcionamiento. Más bien, la invención pretende abarcar todas las modificaciones de este tipo que están dentro de su espíritu y alcance tal como se define en
- 35 las reivindicaciones.
- 