

COMO MEJORAR EL DESPLAZAMIENTO EFECTIVO DE LAS BOMBAS DE ACCIONAMIENTO MECÁNICO QUE TRABAJAN EN POZOS CON GAS LIBRE

Ricardo Mazzola, Héctor Moyano, Marcelo Hirschfeldt, Bernabé Zalazar
Pan American Energy,
Nicolás De la Vega, Eduardo Dottore
Bolland y Cía. S.A.

Este trabajo fue preparado para ser presentado en las Jornadas de Producción organizadas por la Seccional Sur del IAPG en Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina, 25 – 26 de agosto de 2005.

SINOPSIS

La presencia de gas libre a la altura de los punzados afecta seriamente al sistema de bombeo mecánico y al régimen de producción. Ello se debe a que parte de la cámara de la bomba es ocupada con gas en vez de líquido. Siendo el gas un fluido compresible, este se comportará como un resorte que se expande en la carrera ascendente y se contrae en la carrera descendente. La presencia de gas en la cámara de la bomba provocará en la carrera descendente un retardo en la apertura de la válvula móvil. En efecto, en una bomba mecánica estándar, durante la carrera descendente la válvula viajera abrirá luego de que el gas contenido en la cámara de la bomba se comprima a un valor que supere la presión que genera la columna de líquido que se encuentra en la cañería de producción. Este es el principal causante de la pérdida de eficiencia del sistema, y en el peor de los casos, el origen del bloqueo de la bomba.

La válvula antibloqueo superior o “ring valve” (como se conoce en el mercado internacional) es una herramienta apropiada para enfrentar el problema de baja eficiencia y para evitar el bloqueo debido al gas libre que ingresa a la bomba. El presente trabajo tiene como finalidad la de presentar los resultados de experiencias realizadas en campo con bombas mecánicas estándar y con bombas a las que se les incorporó la ring valve. Por comparación de los resultados se confirma que el uso de esta válvula mejora la eficiencia volumétrica y el desplazamiento efectivo de la bomba.

INTRODUCCIÓN

Consideremos una bomba de accionamiento mecánico, estándar, del tipo de las insertables, simple efecto y de pistón móvil. La *Figura 1* representa un esquema de esta bomba alternativa, sometida a una presión de admisión p_1 y a una presión de descarga p_2 . La presión p_1 no es otra cosa que la presión dinámica, o sea la presión debida a la carga del fluido en el anular casing-tubing durante el bombeo. La presión p_2 es la presión debida a la carga de la columna de fluido contenido dentro del tubing.

En el caso de estar bombeando sólo una fase líquida, el ciclo de bombeo que efectúa la bomba es el que se describe a continuación. Durante la carrera ascendente el pistón se desplaza con la válvula viajera cerrada elevando el fluido que se encuentra por sobre ella. La carrera ascendente es la carrera productiva, y la bomba producirá un volumen equivalente a la sección de la misma multiplicado por la carrera desarrollada por el pistón. Simultáneamente, y mientras el pistón se desplaza desde el punto muerto inferior al punto muerto superior, se genera una depresión en la cámara comprendida entre la válvula viajera y la válvula estacionaria. Esto favorece a la apertura de la válvula estacionaria y el ingreso de líquido nuevo a la bomba. Es decir durante la carrera ascendente, la válvula viajera está cerrada desplazando un volumen de líquido hacia la superficie y a la vez, la válvula estacionaria está abierta permitiendo volver a llenar la cámara de la bomba. Al llegar al punto muerto superior la válvula estacionaria se cierra. Al iniciarse la carrera descendente y con llenado completo de la cámara de la bomba, la válvula viajera se abre, y el pistón se desplaza desde el punto muerto superior al punto muerto inferior. La apertura de la válvula es instantánea debido a que el líquido es incompresible. Es importante resaltar que la carrera descendente no es productiva, es decir, no hay desplazamiento de líquido sino que lo que se mueve hacia abajo es el subconjunto viajero de la bomba. Al llegar al punto muerto inferior la válvula viajera se cierra. A partir de este momento se reinicia el ciclo hasta aquí descripto.

En el caso de producir con una fase gaseosa, en el punto muerto superior la bomba contendrá un volumen de líquido con burbujas de gas, por encima de este habrá espuma y en la parte superior la cámara habrá gas con gotas de líquido. Ante esta circunstancia, el ciclo de bombeo se modifica y la eficiencia de bombeo decrece, siendo más notorio el cambio cuanto mayor sea el porcentaje de gas que ingrese a la bomba. Esto se debe a que, a diferencia de los líquidos, los gases son compresibles. Sucede que al iniciarse la carrera descendente la válvula viajera no se abre inmediatamente como ocurre cuando bombeamos solamente líquidos. El pistón se desplazará hacia abajo con válvula viajera cerrada comprimiendo el gas contenido en la cámara de la bomba. La válvula viajera se abrirá luego que la presión del gas contenido en la cámara de la bomba supere a la presión que provoca la columna del fluido dentro de la cañería de producción (p_2). Es decir, se abrirá solo

cuando la presión aplicada por debajo de la bola de la válvula viajera supere a la presión que actúa por encima de la misma. Este retardo en la apertura de la válvula viajera durante la carrera descendente es el responsable de la pérdida de eficiencia de la bomba. Cuanto más tiempo de la carrera descendente transcurra con la válvula viajera cerrada, mayor será la ineficiencia de bombeo.

Pero aquí no termina el problema. Cuando el subconjunto móvil llega al punto muerto inferior, y previo al cierre de la válvula viajera, el líquido con pequeñas burbujas de gas contenido en el espacio nocivo de la bomba se encuentra a la presión de descarga (p_2). Recordemos que llamamos espacio nocivo al volumen de fluido no barrido por la parte móvil de la bomba, y que se encuentra contenido entre válvulas. Al cerrarse la válvula viajera y comenzar la carrera ascendente, la válvula estacionaria no se abre inmediatamente como lo hace cuando se bombean líquidos. Esto se debe a que las pequeñas burbujas de gas contenidas en el líquido presente en el espacio nocivo comenzarán a descomprimirse y recién cuando la presión dentro de la cámara de la bomba sea inferior a la presión de admisión (p_1) se abrirá la válvula estacionaria. Este retardo en la apertura de la válvula estacionaria durante la carrera ascendente es una pérdida de eficiencia adicional. Cuanto más tiempo de la carrera ascendente transcurra con la válvula estacionaria cerrada, mayor será la ineficiencia de bombeo. Por lo general, en bombas bien construidas y bien espaciadas, la pérdida de eficiencia en la carrera ascendente es significativamente menor que en la descendente. La *Figura 2* muestra un dinamómetro de un ciclo de bombeo sin interferencia de gas y un dinamómetro de la misma bomba con 8 carreras sucesivas donde se muestra como se va perdiendo área durante la carrera descendente, debido a la compresión de gas. La pérdida de área es directamente proporcional a la pérdida de eficiencia debido a la disminución del desplazamiento efectivo de la bomba.

Suele ocurrir que la producción decline con el tiempo debido a que un mayor volumen de gas ocupa progresivamente la cámara de la bomba. Al haber más gas se recorre un porcentaje mayor del ciclo de bombeo comprimiendo y descomprimiendo gas, siendo el desplazamiento efectivo de la bomba cada vez menor. Podría suceder en determinado momento que la bomba no produzca, y habremos llegado al caso de estar en presencia de un bloqueo por gas. Esto se debe a que un volumen de gas es atrapado entre las válvulas de la bomba, sin que ninguna de ellas tenga un diferencial de presión apropiado para la apertura. Durante la carrera descendente la máxima presión que alcanza el gas atrapado no es suficiente como para superar la carga de la columna de fluido sobre la bola. Además, en la carrera ascendente, la presión no se reduce lo suficiente como para permitir que la válvula estacionaria se abra y se posibilite la entrada de más fluido.

Pero la disminución del desplazamiento efectivo y por ende la pérdida de eficiencia de la bomba (como así también el bloqueo por gas), pueden evitarse disminuyendo la presión de descarga y permitiendo una apertura rápida de la válvula viajera.

SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

La válvula antibloqueo de gas superior o “ring valve” es un dispositivo específicamente diseñado para provocar una apertura rápida de la válvula viajera a pesar de la existencia de una fase gaseosa en la cámara de la bomba. Esta válvula se instala en la parte superior del subconjunto estacionario, por debajo de la guía de vástago. Está constituida por tres piezas: un cuerpo principal, una pieza flotante conocida como cierre de válvula y un asiento de válvula (ver *Figura 3*). Durante la carrera descendente el cierre de válvula cae sobre el asiento de válvula por efectos hidráulicos y debido al peso propio, cerrando de esta manera el paso de la columna de fluido contenido en la cañería. En este momento se genera en la parte superior de la bomba una depresión en la cámara ahora formada entre la ring valve y el subconjunto móvil que se aleja del punto muerto superior. Esta depresión provoca la apertura instantánea de la válvula viajera, lo que permite el paso del gas y del líquido hacia la cámara superior. Nótese también que debido a la existencia de un cierto huelgo entre el cierre de válvula y el vástago de la bomba, se producen leves escurrimientos del fluido contenido en la cañería hacia la cámara superior de la bomba. En la carrera ascendente el fluido contenido en la cámara superior arrastra al cierre de válvula hacia arriba, permitiendo de esta manera el pasaje de la mezcla gas-petróleo. Se completa de esta manera el ciclo de bombeo.

La idea de generar una depresión por encima de la válvula viajera no es exclusiva de la ring valve. Existen en el mercado otros dispositivos y/o bombas especiales que usan este mismo concepto, pero el inconveniente que ellos presentan, entre otras cosas, es que no son aptos para producir fluidos viscosos debido a la gran pérdida de carga que provocan. La válvula antibloqueo de gas superior en cambio tiene un diseño compacto con amplias secciones de pasaje que le permite trabajar con todo tipo de fluido.

Si bien el concepto de provocar una depresión por encima de la válvula viajera no es reciente, es de destacar que la válvula ha sido completamente rediseñada a comienzos de 2002. La versión original cumplía con las pautas descriptas durante un corto período de tiempo, para sufrir luego deformaciones y desgastes de consideración, perdiendo de esta manera la efectividad del dispositivo. A comienzos del 2002 la válvula antibloqueo superior sufrió modificaciones de importancia que permitieron prolongar su vida útil. Además de las modificaciones dimensionales que se realizaron, también se cambió el material del cierre de válvula de bronce al aluminio a acero aleado al cromo-molibdeno con tratamiento térmicamente de bonificado, lo que le confirió mayor resistencia en la zona de impacto contra el asiento. Adicionalmente se efectuó un cromado interior a dicha pieza, lo que le confiere una mayor resistencia al desgaste que se produce en la fricción contra el vástago de la bomba. Desde el 10/04/02 se han utilizado más de 1000 piezas con resultados de campo muy satisfactorios (288 válvulas antibloqueo superior en lo que va del año 2005).

COMPROBACIONES DE CAMPO

La utilización de la válvula antibloqueo de gas superior ha dado resultados excelentes en todos los pozos en los que se bombeaba con gas libre. El diagrama de fondo se ve mejorado en todos los casos. El desplazamiento efectivo de la bomba y la producción bruta supera ampliamente a los valores obtenidos sin la ring valve. A continuación se hace referencia a 4 pozos tomados de distintas zonas.

En la zona "Resero", específicamente en el pozo PR-817, se verificó que una bomba con ring valve tuvo un desplazamiento efectivo 33.49 % superior a otra bomba sin ella. Los ensayos de producción dieron una producción bruta superior en el 55.71 % con ring valve que sin ella. Abajo se resume la información extraída de las mediciones correspondientes:

PR-817 SIN RING VALVE

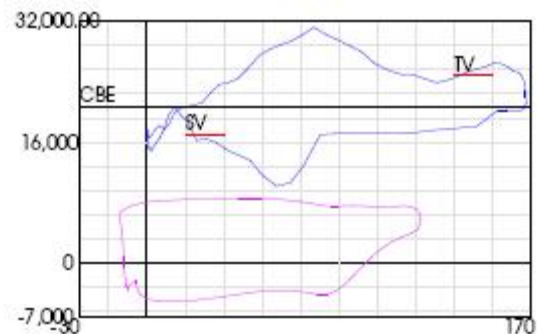
Bomba: 2"

Carrera: 167.94"

GPM: 7.13

Desplazamiento efectivo: 39.45 m3/día

Producción bruta: 34.75 m3/día



PR-817 CON RING VALVE

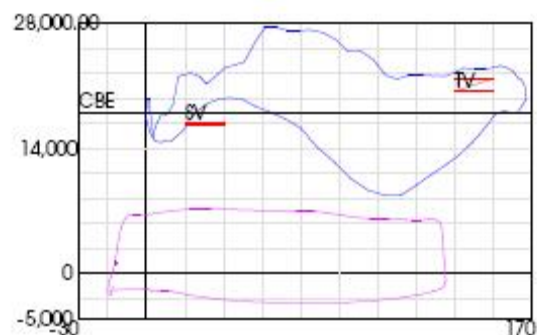
Bomba: 1 3/4"

Carrera: 167.50"

GPM: 7.13

Desplazamiento efectivo: 52.66 m3/día

Producción bruta: 54.11 m3/día



En la zona “Zorro”, específicamente en el pozo PZ-993, se verificó que una bomba con ring valve tuvo un desplazamiento efectivo 15.95 % superior a otra bomba sin ella. Los ensayos de producción dieron una producción bruta superior en el 18.90 % con ring valve que sin ella. Abajo se resume la información extraída de las mediciones correspondientes:

PZ-993 SIN RING VALVE

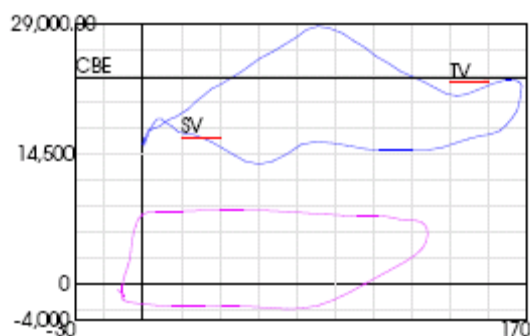
Bomba: 1 ¾”

Carrera: 168.38”

GPM: 7.97

Desplazamiento efectivo: 33.23 m3/día

Producción bruta: 30.00 m3/día



PZ-993 CON RING VALVE

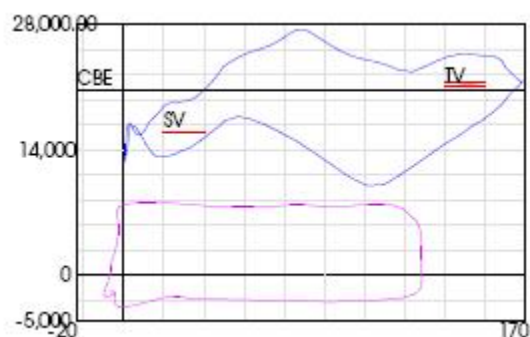
Bomba: 2”

Carrera: 169.50”

GPM: 5.75

Desplazamiento efectivo: 38.53 m3/día

Producción bruta: 35.67 m3/día



En la zona “La Madreselva Sur”, específicamente en el pozo PLMS-813, se verifico que una bomba con ring valve tuvo un desplazamiento efectivo 35.79 % superior a otra bomba sin ella. Los ensayos de producción dieron una producción bruta superior en el 117.85 % con ring valve que sin ella. Abajo se resume la información extraída de las mediciones correspondientes:

PLMS-813 SIN RING VALVE

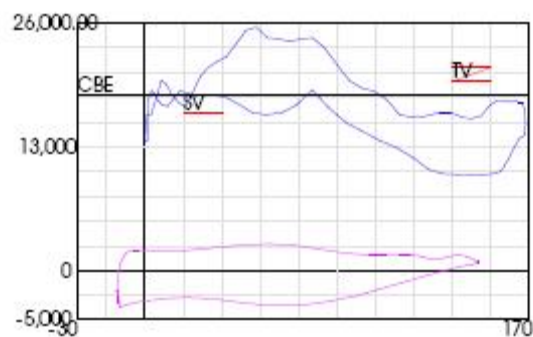
Bomba: 1 ¾”

Carrera: 168.63”

GPM: 9.17

Desplazamiento efectivo: 70.06 m3/día

Producción bruta: 42.99 m3/día



PLMS-813 CON RING VALVE

Bomba: 2”

Carrera: 168.63”

GPM: 10.11

Desplazamiento efectivo: 95.14 m3/día

Producción bruta: 93.65 m3/día



CONCLUSION

Los resultados de campo han demostrado que la válvula antibloqueo superior o “ring valve” es una herramienta apropiada para enfrentar el problema de baja eficiencia y para evitar el bloqueo debido al gas libre que ingresa a la bomba. Por comparación de los resultados se confirma que el uso de esta válvula mejora la eficiencia volumétrica y el desplazamiento efectivo de la bomba.

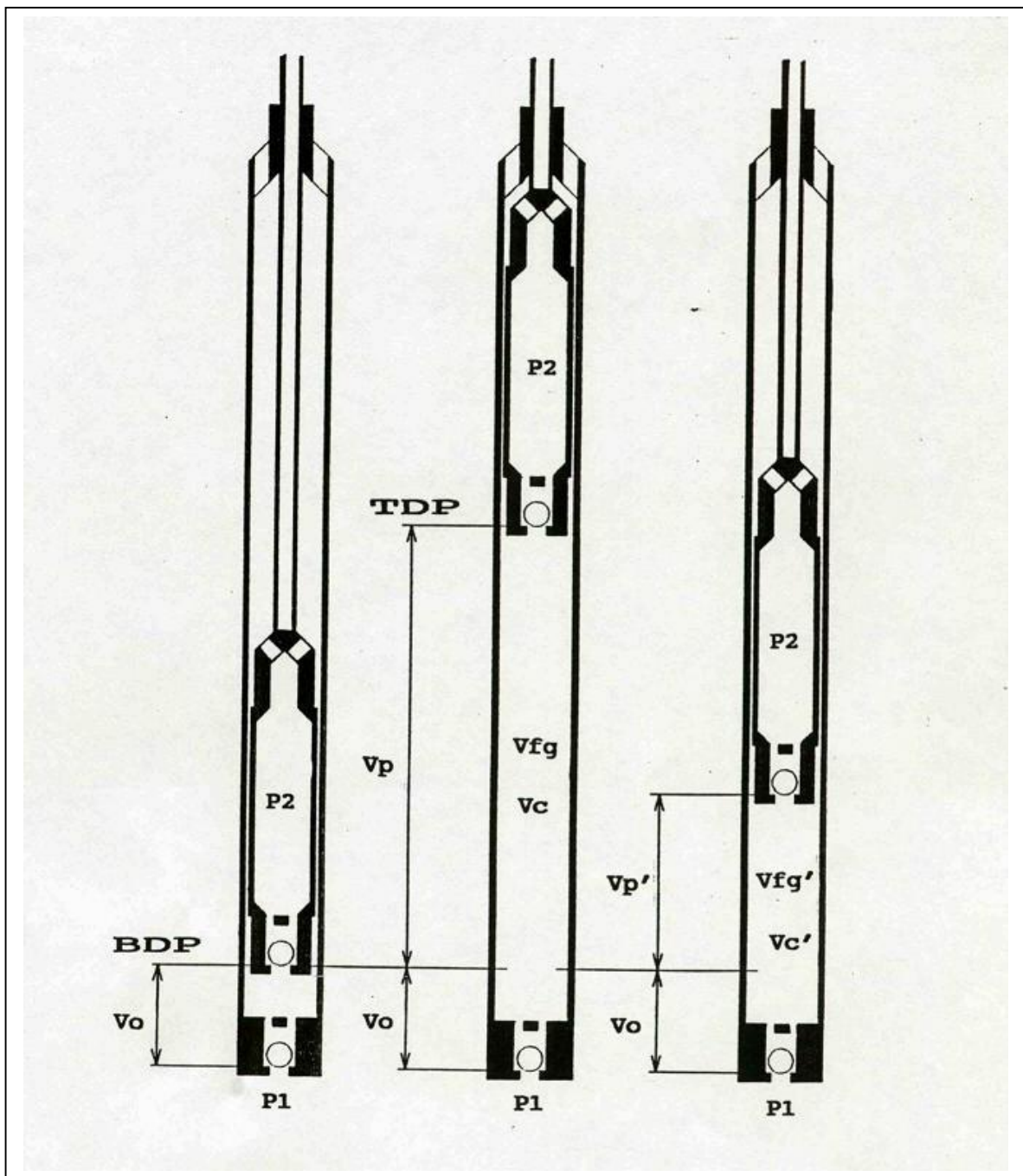
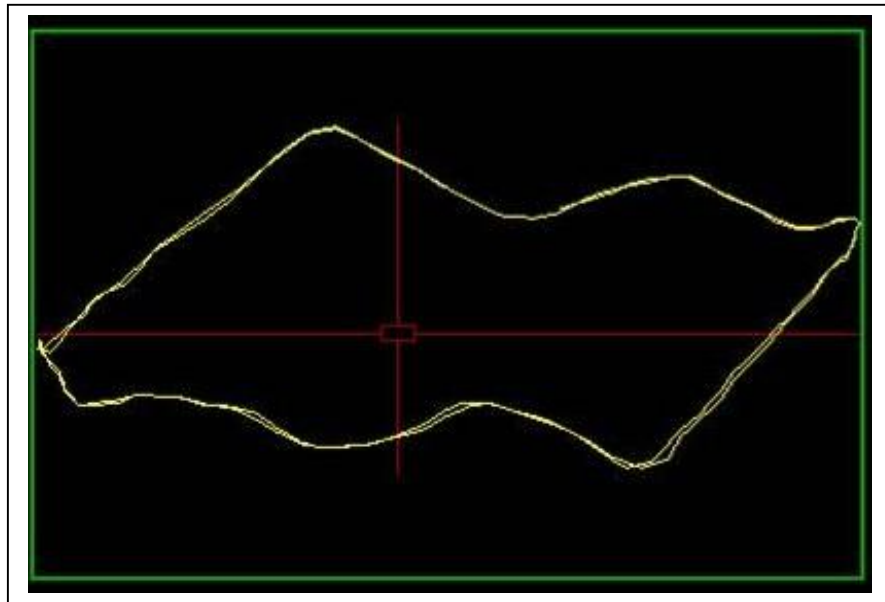
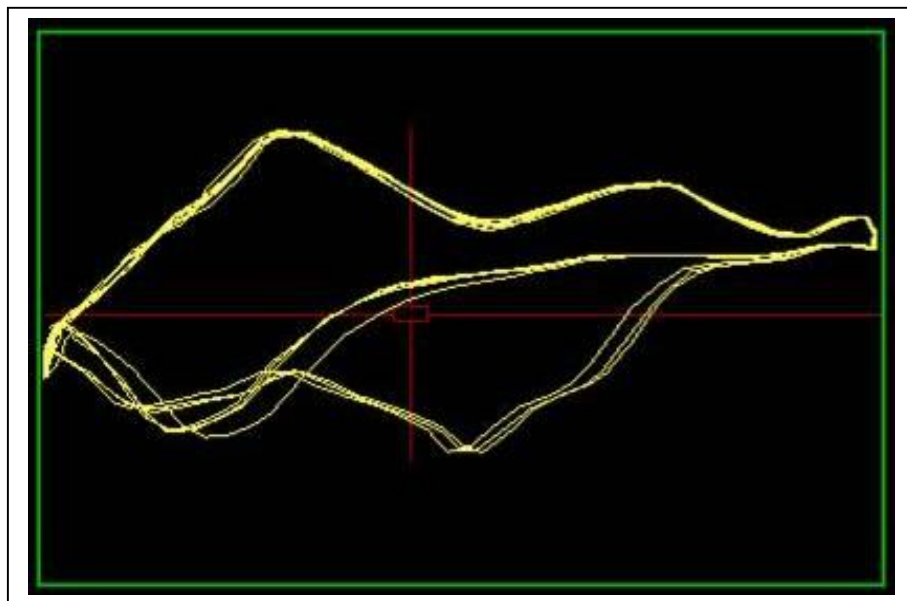


Figura 1



Ciclos de bombeo con llenado completo



Ciclos de bombeo con llenado incompleto por presencia de gas

Figura 2

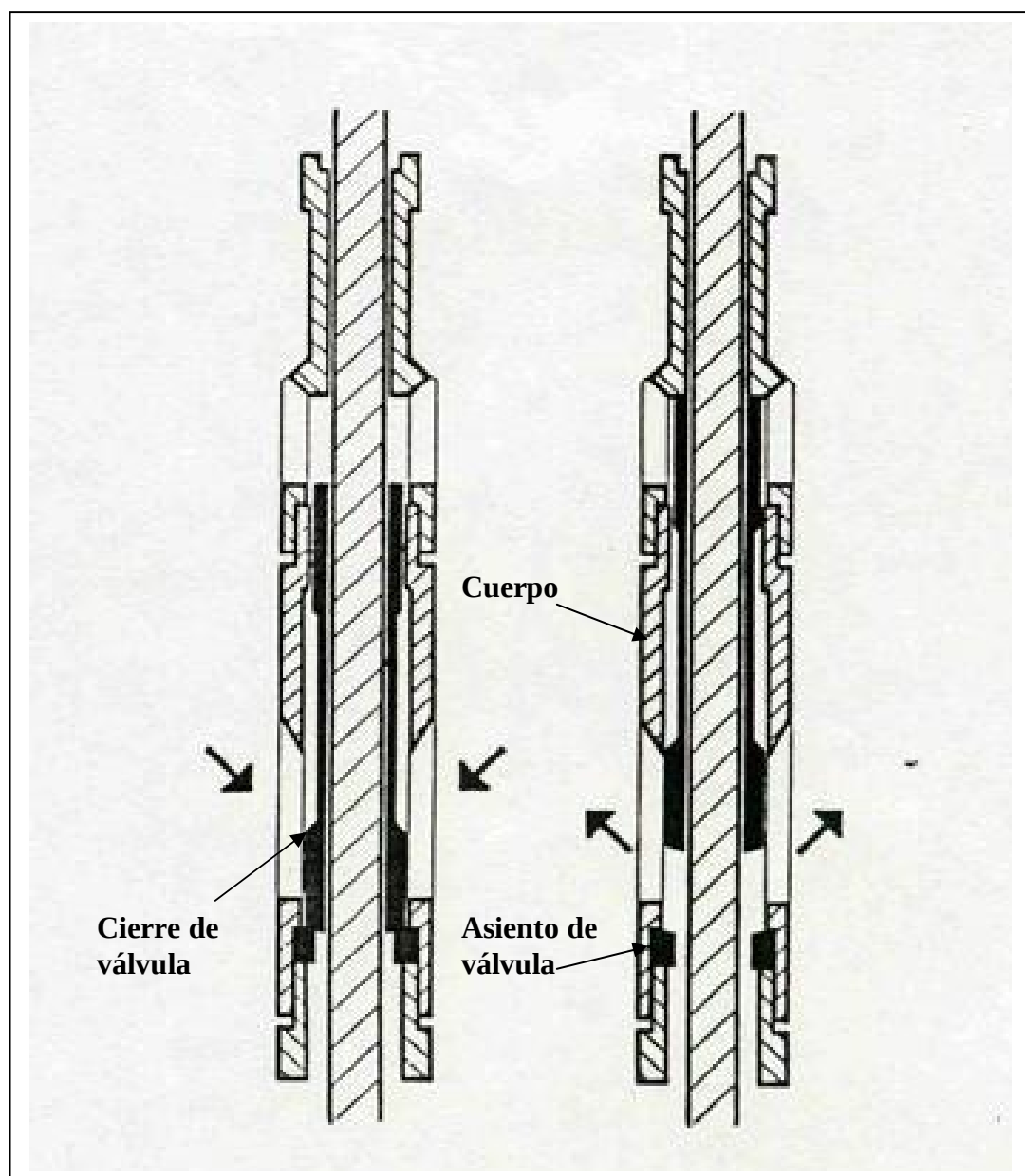


Figura 3