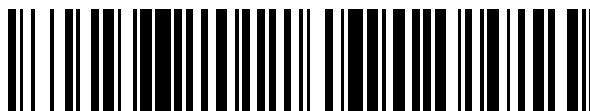


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 500 641**

51 Int. Cl.:

**G01N 33/28** (2006.01)

**E21B 21/00** (2006.01)

**G01N 11/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.12.2009 E 09765159 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.07.2014 EP 2352997**

54 Título: **Métodos y sistemas para caracterizar taponamientos de partículas LCM y reología en tiempo real**

30 Prioridad:

**05.12.2008 US 328836**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**30.09.2014**

73 Titular/es:

**HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC.  
(100.0%)  
P.O. Box 1431  
Duncan, OK 73536, US**

72 Inventor/es:

**JAMISON, DALE E.;  
MURPHY, ROBERT y  
SAVINS, J. G.**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 500 641 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Métodos y sistemas para caracterizar taponamientos de partículas LCM y reología en tiempo real

5 **Antecedentes**

La presente invención se refiere en líneas generales a métodos y sistemas para la caracterización de materiales y más particularmente, a métodos y sistemas para caracterizar fluidos de barrenado cargados con LCM (material de pérdida de circulación) y otros materiales sólidos.

10 Las operaciones de barrenado desempeñan un papel importante cuando se explotan pozos de petróleo, gas o agua o cuando se extraen minerales y similares. Durante las operaciones de barrenado un trépano de perforación pasa a través de diversas capas de los estratos terrestres según desciende hasta una profundidad deseada. Los fluidos de barrenado se emplean habitualmente durante las operaciones de barrenado y realizan varias funciones importantes incluyendo, aunque sin limitación, retirar los cortes del pozo hasta la superficie, controlar las presiones de formación, sellar las formaciones permeables, minimizar los daños a la formación, y enfriar y lubricar el trépano de perforación.

20 Cuando el trépano de perforación pasa a través de estratos porosos, fracturados o cavernosos tales como arena, grava, esquisto, caliza y similares, la presión hidrostática causada por la columna vertical del fluido de barrenado excede la capacidad de la formación terrestre adyacente de soportar esta presión. Por consiguiente, se pierde algo de fluido de barrenado en la formación y no logra volver a la superficie. Esta pérdida puede ser cualquier fracción hasta una pérdida completa del volumen en circulación total de fluido de barrenado. Esta condición se conoce generalmente en la técnica como pérdida de circulación. No lograr controlar la pérdida de circulación aumenta el coste de la perforación y puede dañar las capacidades de producción de la formación.

25 La práctica general es añadir cualquier cantidad de materiales al fluido de barrenado que actúan reduciendo o evitando el flujo saliente del fluido de barrenado en un estrato poroso y o fracturado reduciendo o evitando de este modo la pérdida de circulación. Los materiales usados en este proceso se mencionan habitualmente como materiales de pérdida de circulación ("LCM"). Algunos materiales normalmente usados como LCM incluyen, aunque sin limitación, fibra de madera, palomitas de maíz, paja, virutas de corteza, corcho molido, mica, minerales molidos y clasificados y similares.

35 Para entender mejor el funcionamiento de un fluido de barrenado cargado con LCM y/u otros materiales sólidos en el campo, sería deseable caracterizar y estudiar el fluido de barrenado. Actualmente, dichos ensayos se realizan en el campo. Los ensayos de campo actualmente están centrados en el dispositivo de filtración HTHP configurado por API convencional. En este dispositivo el usuario puede seleccionar medios porosos de diversos tamaños de entrada de poro. En algunos casos, se ha usado una placa plana con un o más huecos ranurados. Sin embargo, la realización de estos ensayos en el campo tiene varias desventajas.

40 Una desventaja del enfoque actual es que el fluido de barrenado no puede analizarse en detalle ya que el análisis se limitará al equipo existente tal como las anchuras de ranura y ángulos existentes. Además, la realización de dicho análisis en el campo sería cara y larga.

45 Se describe una instalación de la técnica previa para evaluar materiales de pérdida de circulación por Loeppke y Caskey en Geothermal Resources Council Transactions, vol. 7 (1983), páginas 449-454.

Se conoce una celda de ensayo para analizar un fluido, es decir, para medir su viscosidad, a partir del documento US 3016734, donde la celda de ensayo comprende un tapón cónico y una pared interior cónica.

50 **Figuras**

Algunas realizaciones ejemplares específicas de la descripción pueden entenderse por referencia, en parte, a la siguiente descripción y los dibujos adjuntos.

55 La Figura 1 es un sistema de caracterización de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. Las Figuras 2A-2F representan las etapas en la preparación de un fluido de barrenado de muestra. La Figura 3 es una celda de ensayo de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. La Figura 4 es una vista ampliada de un tapón formado en una celda de ensayo de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención.

60 La Figura 5 representa una representación gráfica de la simulación de algunos datos de ensayo esperados de una celda de ensayo de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. La Figura 6 representa una celda de ensayo de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. La Figura 7 representa una celda de ensayo de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. La Figura 8 representa una celda de ensayo no de acuerdo con la presente invención.

65

Aunque se ha representado y descrito realizaciones de esta descripción y se definen por referencia a realizaciones ejemplares de la descripción, dichas referencias no implican una limitación sobre la descripción, y no debe inferirse dicha limitación. La materia objeto descrita tiene capacidad de modificaciones considerables, que se les ocurrirán a los especialistas en la técnica pertinente y teniendo el beneficio de esta descripción. Las realizaciones representadas y descritas de esta descripción son solamente ejemplos, y no son exhaustivas del alcance de esta descripción.

### Sumario

En un primer aspecto, la presente invención proporciona una celda de ensayo definidas en la reivindicación 1. En un segundo aspecto, la presente invención proporciona un uso definido en la reivindicación 9. En un tercer aspecto, la presente invención proporciona un uso definido en la reivindicación 12. En un cuarto aspecto, la presente invención proporciona un uso definido en la reivindicación 16. En un quinto aspecto, la presente invención proporciona un uso definido en la reivindicación 18. Se definen características adicionales en las reivindicaciones dependientes.

La presente invención relates se refiere en líneas generales a métodos y sistemas para la caracterización de materiales y más particularmente, a métodos y sistemas para caracterizar fluidos de barrenado cargados con LCM (material de pérdida de circulación) y otros materiales sólidos.

Las características y ventajas de la presente descripción serán muy evidentes para los especialistas en la técnica tras una lectura de la descripción de realizaciones ejemplares, a continuación.

### Descripción

La Figura 1 representa un sistema de caracterización 100 de acuerdo con una realización de la presente invención. En una realización ejemplar, el sistema de caracterización 100 comprende un sistema de mezcladora de ensayo piloto (PTM) 102, un sistema de agotamiento de LCM 104 acoplado al sistema PTM 102 y una celda de ensayo 106 acoplada al sistema de agotamiento de LCM 104. Como apreciarían los especialistas en la técnica, dos componentes se consideran acoplados entre sí cuando puede fluir fluido desde uno hasta el otro. Además, el acoplamiento no requiere que los componentes estén conectados directamente.

Las Figuras 2A-2F representan el funcionamiento del sistema PTM 102 donde se prepara el fluido de barrenado a analizar. El sistema PTM 102 proporciona la adición y mezcla de cantidades conocidas de productos LCM al fluido de barrenado. El sistema PTM 102 comprende una cubeta de mezcla 202 donde se prepara la mezcla de fluido de barrenado. Como se representa en la Figura 2A, una bomba de suministro de lodos 204 añade primero el lodo de barrenado a la cubeta de mezcla 202. Una vez añadido el lodo de barrenado a la cubeta de mezcla 202 (Figura 2B), la cubeta de mezcla 202 se coloca en posición para la adición de diferentes productos desde las unidades de almacenamiento de producto 206, 208, 210. El producto 1 (206), producto 2 (208) y producto 3 (210) se añaden a la cubeta de mezcla 202 como se representa en las Figuras 2C, 2D y 2E respectivamente. Aunque se representan tres productos siendo añadidos a la cubeta de mezcla 202, como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, pueden añadirse uno o más productos al lodo de barrenado dependiendo del fluido de barrenado que se esté analizando. Además, en una realización, puede no haber productos añadidos al lodo de barrenado con el fin de analizar el propio lodo de barrenado. Los productos 1, 2, y 3 pueden ser LCM u otros materiales adecuados para su adición al lodo de barrenado.

Una vez se han añadido todos los productos a la cubeta de mezcla 202, un dispositivo de cierre 212 cierra la cubeta de mezcla 202 y mezcla los contenidos en la misma preparando una mezcla deseada de fluido de barrenado en la cubeta de mezcla 202. Cada uno de la bomba de suministro de lodos 204 y las unidades de almacenamiento de producto (206, 208, 210) son en efecto acoplables de forma desmontable a la cubeta de mezcla 202 y pueden acoplarse a la cubeta de mezcla 202 para la adición de materiales y después retirarse. Asimismo, el dispositivo de cierre 212 se puede conectar de forma desmontable a la cubeta de mezcla 202 y puede retirarse de la misma una vez se ha realizado la operación de mezcla. Después puede usarse una bomba 112 para suministrar la mezcla de fluido de barrenado desde la cubeta de mezcla 202 hasta la celda de ensayo 106. En una realización, puede utilizarse una bomba de desplazamiento positivo para suministrar la mezcla de fluido de barrenado a la celda de ensayo 106.

La Figura 3 representa una vista ampliada de la celda de ensayo 106 que es donde realmente se hacen las mediciones. La celda de ensayo 106 comprende un tapón cónico 302 acoplado a un dispositivo de posicionamiento axial 304. El dispositivo de posicionamiento axial 304 puede usarse para posicionar de forma axial el tapón cónico 302 en una parte cónica 306 formada por las paredes de la celda de ensayo 308. El hueco entre el tapón cónico 302 y la pared de la celda de ensayo 308 simula una anchura de fractura. Pueden simularse diferentes anchuras de fractura moviendo el tapón cónico 302 dentro y fuera de la parte cónica 306 en la dirección indicada por la flecha 310. Además de simular la anchura de fractura, puede especificarse la geometría de la pared de la celda de ensayo 308 para simular un ángulo de fractura deseado particular. Por consiguiente, el tapón cónico 302 y la pared de la celda de ensayo 308 pueden utilizarse para simular un intervalo de anchuras de fractura y ángulos que proporciona la capacidad de analizar el fluido de barrenado usando una ranura de anchura variable. Indicado de otro modo, la variabilidad de la anchura de ranura permite caracterizar el taponamiento y llenado de productos LCM a través de

varias anchuras de fractura seleccionables por el usuario. La celda de ensayo también comprende una entrada de fluido 312 y una salida de fluido 314. De acuerdo con la presente invención, se acopla una escobilla 316 al dispositivo de posicionamiento axial 304. Podría posicionarse otro dispositivo de limpieza de modo que limpie el tapón 302. La escobilla 316 se usa para limpiar la celda de ensayo 106. Después de cada secuencia de ensayo, puede usarse el dispositivo de posicionamiento axial 304 para mover la escobilla 316 y realizar una serie de ciclos de cepillado y aclarado para limpiar la celda de ensayo 106. Como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, pueden usarse varios materiales diferentes durante el ciclo de aclarado dependiendo del fluido de barrenado que se esté ensayando. En una realización, puede usarse un aceite base o agua para aclarar la celda de ensayo 106. Los materiales retirados de la celda de ensayo 106 se transfieren a un recipiente de residuos 118.

Volviendo ahora a la Figura 1, en una realización, se bombea el fluido de ensayo a través de la celda de ensayo 106 a una velocidad constante midiendo al mismo tiempo la presión diferencial a través de la fractura simulada en 108. Como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, la presión diferencial puede medirse de varios modos incluyendo, aunque sin limitación transductores de presión que pueden usarse en pares o transductores de presión diferencial. En otra realización ejemplar, el fluido de barrenado puede analizarse estableciendo la presión diferencial y controlando el caudal hasta que suceda taponamiento. En una realización, puede utilizarse una bomba de desplazamiento positivo 110 para controlar el flujo del fluido de barrenado a través de la celda de ensayo 106. Aunque la Figura 1 representa una bomba de desplazamiento positivo 110 configurada como una bomba de jeringa, como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, puede usarse cualquier bomba de desplazamiento positivo capaz de funcionar al intervalo de presión de ensayo deseado.

La Figura 4 representa un taponamiento y llenado simulado de partículas en una celda de ensayo 106 de acuerdo con una realización de la presente invención. Según pasa el fluido de barrenado a través de la celda de ensayo 106, los sólidos LCM que llenan y taponan 402 la fractura simulada en la parte cónica 306 entre el tapón cónico 302 y la pared de la celda de ensayo 308 pueden formar un sellamiento en cualquier parte a lo largo del paso de flujo. En el modo de ranura paralela, donde las paredes que definen la ranura son sustancialmente paralelas entre sí, la mayor parte del taponamiento probablemente sucede en o muy cerca de la entrada de la fractura simulada. En contraste, en el modo de ranura cónica, donde las paredes que definen la ranura forman una ranura ahusada, la localización de inicio del taponamiento podría ser en cualquier parte a lo largo de la pared de la celda de ensayo cónica 308, dependiendo de la distribución de tamaños de partícula. Como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, en el modo de ranura ahusada, pueden usarse métodos ultrasónicos para determinar las eficacias de llenado y sellamiento a lo largo del paso de fractura simulada si se desea.

La Figura 5 representa una representación gráfica de la simulación de algunos datos de ensayo esperados de la celda de ensayo 106. El gráfico 500 representa tres escenarios diferentes de anchura de hueco marcados Anchura de hueco 1 a Anchura de hueco 3 basándose en el cambio en la presión diferencial con el tiempo. La curva de Anchura de hueco 1 representa un escenario donde la fractura se tapona rápidamente y el flujo de fluido a través de la fractura se bloquea completamente. La curva de Anchura de hueco 2 representa un escenario donde la fractura se tapona más lentamente, pero finalmente se tapona. Finalmente, en la curva marcada Anchura de hueco 3 el flujo continúa y la fractura no se tapona. El gráfico sugiere que el fluido se trató suficientemente para taponar la Anchura de hueco 1. Como la Anchura de hueco 2 no se taponaba pero requería más volumen, la concentración del tamaño de partícula ideal fue inferior pero aún a suficiente concentración para permitir el taponamiento. Por lo tanto, podría establecerse la disponibilidad requerida de partículas.

En una realización, la celda de ensayo 106 puede usarse para proporcionar ensayo in situ y a tiempo real de diversas mezclas de producto para optimizar la eficacia de sellado. Como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, una mezcla tiene elevada eficacia de sellado si puede sellar una fractura rápidamente y/o con la cantidad mínima de materiales LCM. Indicado de otro modo, la estructura de fractura simulada de la celda de ensayo puede utilizarse como un mecanismo de ensayo piloto para minimizar la pérdida de fluido y optimizar la utilización de producto LCM. Los métodos y sistemas descritos en este documento posibilitan una determinación de la eficacia de sellado de un fluido de barrenado como una función de la anchura de fractura basándose en factores que incluyen, aunque sin limitación, la velocidad de sellado y la pérdida total de fluido durante un periodo de tiempo fijo. La celda de ensayo 106 puede usarse primero en el modo de optimización determinando de este modo la mejor solución para una anchura de fractura dada. Específicamente, la anchura de hueco en la celda de ensayo 106 puede configurarse para simular una anchura de fractura particular. Entonces se pasa un primer fluido de barrenado a través del hueco y se determina la eficacia de ese fluido de barrenado en el sellado del hueco. A continuación, tras limpiar el hueco, se pasa un segundo fluido de barrenado a través del hueco y se determina su eficacia de sellado. Los resultados entonces se comparan para determinar cuál entre el primer o el segundo fluido de barrenado funcionaba más eficazmente en el taponamiento de ese hueco. Como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, la eficacia de sellado de un fluido de barrenado puede determinarse determinando la velocidad y finalmente el volumen del fluido de barrenado requerido para pasar a través de la geometría antes de que suceda el sellamiento, indicando un volumen más pequeño una mayor eficacia de sellado. Pueden repetirse las mismas etapas para comparar la eficacia de sellado de varios fluidos de barrenado diferentes para una anchura de hueco particular. La solución después puede ensayarse a anchuras de

fractura simuladas más anchas y más estrechas para determinar un intervalo de funcionamiento óptimo para una solución particular, minimizando de este modo la incertidumbre de funcionamiento.

5 En una realización alternativa, el hueco no se limpia después se pasar el primer fluido de barrenado a través del mismo. En su lugar, después de determinar la eficacia de sellado del primer fluido de barrenado, se pasa un segundo fluido de barrenado a través del hueco. La eficacia de sellado de la mezcla del primer fluido de barrenado y el segundo fluido de barrenado se mide entonces para determinar si la adición del segundo fluido de barrenado ha potenciado la eficacia de sellado del primer fluido de barrenado.

10 En otra realización ejemplar, la celda de ensayo 106 puede usarse para medir la reología del fluido de barrenado. Como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, una descripción invariable de las propiedades de flujo de un fluido reológicamente complejo requiere mediciones en un flujo estable o viscométrico. Existen tres clases de dicho flujo viscométrico que incluyen: (1) flujo a través de un tubo circular (Poiseuille), (2) flujo a través de una delgada ranura o axialmente entre cilindros concéntricos (Poiseuille plano), y (3) flujo entre cilindros de rotación concéntrica coaxialmente (Couette). En una realización, la presente invención se refiere a la evaluación de la reología de un fluido LCM a partir de mediciones en la clase Poiseuille plano usando fórmulas conocidas para los especialistas en la técnica, para computar la velocidad de corte nominal y la tensión de corte a partir de un gradiente de caudal y presión.

20 En este modo de funcionamiento, la configuración del tapón cónico 302, la parte cónica 306 y la anchura de ranura variable creada proporcionan los componentes fundamentales de un reómetro. En esta realización, la configuración de la celda de ensayo 106 puede modificarse como se representa en la Figura 6. La celda de ensayo 600 de la configuración del reómetro puede tener una parte cónica 606 y un tapón cónico 602 más largos y puede ser deseable una localización diferente para el transductor de presión diferencial 610 como se representa en la Figura 6. La tensión de corte del sistema puede determinarse midiendo la bajada de presión a lo largo de la parte cónica 606 que simula un anillo. Además, el caudal proporcionaría de forma eficaz una velocidad de corte promedio. Los valores resultantes de velocidad de corte y tensión de corte pueden usarse para generar datos para predecir los parámetros del modelo reológico de la geometría de flujo como viscosidad plástica (PV), límite de elasticidad para el modelo Bingham (YP) y los diferentes parámetros del modelo Herschel-Bulkley (n (exponente de baja energía), k (consistencia), y tau0 (límite de elasticidad). La velocidad de corte en la parte cónica 606 no es constante. Sin embargo, como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, sería adecuado proporcionar un método simple para proporcionar un lodo básico modificando PV e YP, ya que las mediciones básicas para estos números están en las velocidades de corte más elevadas y pueden ser menos sensibles a las restricciones de geometría. Además, como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, el ángulo cónico puede configurarse para aproximarse a una velocidad de corte constante.

40 En una realización, el sistema de caracterización 100 puede usarse para obtener reología de fluidos tratados comparando las bajadas de presión de un fluido cargado con LCM con el fluido de agotamiento de LCM. En operaciones típicas, los reómetros convencionales no pueden caracterizar el aumento de viscosidad de un fluido tratado con LCM a causa de la intolerancia de estos reómetros a ciertos tamaños de partícula. Por tanto, la comparación de la bajada de presión, o proporción, puede usarse para calcular un aumento de viscosidad eficaz debido a la carga de LCM basándose en la siguiente suposición matemática:

$$U^* \equiv U_f/U_0 \approx \tau_f/\tau_0 \approx dp_f/dp_0$$

45 donde U\* es una proporción de viscosidad no dimensional; U<sub>f</sub> representa la viscosidad del fluido tratado; U<sub>0</sub> representa la viscosidad del fluido no tratado; τ<sub>f</sub> representa la tensión de corte del fluido tratado; τ<sub>0</sub> representa la tensión de corte para el fluido no tratado; dp<sub>f</sub> representa la bajada de presión de un fluido tratado; y dp<sub>0</sub> representa la bajada de presión del fluido no tratado medidos en la celda de ensayo. En una realización la proporción de la bajada de presión del fluido tratado con la bajada de presión del fluido no tratado puede usarse junto con las mediciones convencionales de velocidad de corte, tensión de corte del fluido no tratado para aproximarse a la reología del fluido tratado. La reología de un fluido no tratado se mide normalmente por un viscosímetro FANN, disponible en Halliburton Energy Services de Duncan, Oklahoma. En este análisis, simplemente se multiplica la tensión de corte a cada velocidad de corte del fluido no tratado por U\* para obtener los datos de tensión de corte del fluido tratado a esa velocidad de corte. Estos datos entonces pueden procesarse en cualquier parámetro del modelo reológico adecuado y usarse en ecuaciones hidráulicas. Por consiguiente, el sistema descrito en este documento proporcionaría los datos reológicos a tiempo real para un fluido tratado necesarios para proporcionar cálculos hidráulicos para fluidos tratados con LCM que son del todo imposibles de medir en el campo con equipos convencionales.

60 Además, la celda de ensayo 106 descrita en este documento proporciona la capacidad de medir la reología del fluido cargado con LCM con relación a la del fluido libre de partículas LCM. La capacidad de caracterizar la reología del fluido tratado posibilitaría hacer cálculos hidráulicos antes de la utilización de un fluido tratado. Esto aseguraría que los fluidos tratados de mayor viscosidad no causaran desviaciones de la densidad circulatoria equivalente más allá del gradiente de fractura durante aplicaciones de tratamiento o perforación normal.

En una realización ejemplar, el sistema de caracterización 100 de la presente invención puede colocarse en una plataforma de perforación que permita el análisis del fluido de barrenado antes de la perforación a través de zonas problemáticas conocidas. Específicamente, el sistema de caracterización 100 puede ensayar sistemáticamente una serie de adiciones de producto antes de la exposición del fluido en una zona problemática conocida. En una realización, los tratamientos de ensayo pueden seleccionarse de varios modos incluyendo, aunque sin limitación, usando el software de modelado de sólidos DFG disponible en Halliburton Energy Services de Duncan, Oklahoma. Una vez ensayado y verificado, el instrumento proporcionará datos para posibilitar recomendaciones de producto y concentración, proporcionando de este modo soluciones a tiempo real de alta calidad a los problemas de pérdida de circulación. En otra realización, los métodos de la presente invención pueden emplearse durante la mitigación de problemas. En esta realización, cuando se prevé una zona problemática, pueden ensayarse diversos escenarios de tratamiento para asegurar un tratamiento apropiado durante el proceso de perforación. Como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, algo del conocimiento previo de lo que esperar normalmente proviene de los datos del pozo de compensación.

En otra realización ejemplar más, el sistema de caracterización 100 puede usarse para verificar si es adecuada la actual carga de LCM. En este modo de funcionamiento, la celda de ensayo 106 ensayaría el fluido de barrenado en un estado suministrado. Una vez ensayado el fluido de barrenado por la celda de ensayo 106, se pasa a través del sistema de agotamiento de LCM 104. El material LCM entonces se filtra por el filtro 114 y se transfiere a un recipiente de residuos 116. El lodo base que sale del filtro después puede pasarse de nuevo a la celda de ensayo 106 para analizarse. En este modo de funcionamiento, el sistema de caracterización 100 puede utilizarse para cuantificar la eficacia de taponamiento del tratamiento actual de LCM en comparación con el lodo base. En otra realización, una vez ha salido el lodo base del filtro 114, se envía al sistema de mezcla de ensayo piloto 102. El sistema de mezcla de ensayo piloto 102 después puede introducir uno o más nuevos materiales LCM en el lodo de barrenado que después puede pasarse de nuevo a la celda de ensayo 106 para comparar las características de diferentes tratamientos de LCM. Como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, el sistema de agotamiento de LCM 102 puede limpiarse de varios modos. En una realización, el sistema de agotamiento de LCM 102 puede limpiarse por retrolavado con un fluido base de limpieza.

En la Figura 7 se representa una celda de ensayo de acuerdo con otra realización ejemplar de la presente invención. En esta realización, la celda de ensayo comprende dos tapones cónicos 702, 704 acoplados a un dispositivo de posicionamiento axial 708. El primer tapón cónico 702 y el segundo tapón cónico 704 pueden estar a diferentes ángulos cónicos con relación a la pared de la celda de ensayo 706. El dispositivo de posicionamiento axial 708 puede utilizarse para mover el primer tapón cónico 702 y el segundo tapón cónico 704 juntos o independientemente. Puede usarse una escobilla 710 para limpiar la celda de ensayo como se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 3. Esta realización permite realizar ensayos en cualquier dirección proporcionando investigación de diferentes ángulos de fractura simulados.

La Figura 8 representa una celda de ensayo no de acuerdo con la presente invención. Un primer tapón cónico 802 y un segundo tapón cónico 804 están acoplados a un dispositivo de posicionamiento axial 808 y posicionados para formar diferentes anchuras de hueco con la pared de la celda de ensayo 806. El dispositivo de posicionamiento axial 808 puede utilizarse para mover el primer tapón cónico 802 y el segundo tapón cónico 804 juntos o independientemente. Como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, la simplicidad de esta configuración permite una velocidad de bombeo para producir dos velocidades de corte. Por consiguiente, pueden obtenerse resultados de reología usando una geometría fija. Puede usarse una escobilla (no mostrada) para limpiar la celda de ensayo 800 como se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 3. Esta disposición proporciona un ensayo simplificado de reología. En esta realización, pueden medirse dos presiones diferenciales diferentes 810, 812 a una velocidad de bombeo y la velocidad de bombeo puede fijarse para aproximarse a la velocidad de corte requerida. En una realización ejemplar, puede determinarse el efecto de pseudoplasticidad comparando las proporciones de presión diferencial medidas a diversas velocidades de bombeo.

En otro ejemplo fuera del alcance de la presente invención (no mostrado), puede añadirse un tercer tapón cónico a la configuración ilustrada en la Figura 8. El tercer tapón cónico proporciona una tercera anchura de hueco, de modo que con tres diferentes velocidades constantes de bombeo se aumenta el intervalo de funcionamiento de las mediciones a nueve diferentes velocidades de corte. La capacidad de manipular las anchuras de hueco y los caudales hace posible evaluar selectivamente el comportamiento reológico en un régimen de baja velocidad de corte donde los viscoplásticos muestran su comportamiento de "límite de elasticidad" y una amplia clase de fluidos pseudoplásticos muestran comportamiento "tipo newtoniano". Además, como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, el comportamiento reológico puede evaluarse en un régimen de velocidad intermedio de corte donde se revelan detalles de la función de viscosidad dependiente de la velocidad de corte, y en el régimen "tipo newtoniano superior". Además, como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, un amplio intervalo de velocidades de corte potencia la caracterización del comportamiento de flujo y la probabilidad definir el modelo reológico que describa mejor la reología de cualquier fluido que no tapone los huecos.

Este ejemplo potencia la evaluación del parámetro de límite de elasticidad que representa la tensión de corte mínima necesaria para iniciar un flujo de corte y refleja la transición entre un comportamiento tipo sólido (elástico, hookeano,

etc.) y un comportamiento tipo viscoso (newtoniano, pseudoplástico, etc.). Este parámetro es importante en la definición del comportamiento de flujo de una clase de sistemas que muestran comportamiento viscoplástico, tal como ciertas formulaciones de lodos de barrenado. Como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, un aumento en el límite de elasticidad va seguido de aumentos en las viscosidades aparentes y las pérdidas de presión anular. También es bien sabido que un aumento en la pérdida de presión anular va seguido de un aumento en la densidad de circulación equivalente ("ECD"). Por tanto, el límite de elasticidad es particularmente importante para minimizar desviaciones o contratiempos en "ECD".

Como apreciarían los especialistas en la técnica, la ECD representa la presión hidráulica eficaz ejercida sobre la parte inferior del pozo por los efectos combinados de la densidad del lodo y la pérdida total de presión anular resultante de las pérdidas de fricción hidráulica generadas según circula el fluido de barrenado a través de los canales anulares en el columna perforadora. Como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, es deseable mantener el flujo laminar en los canales anulares de la columna perforadora. Además, las pérdidas de fricción anular son altamente sensibles al valor del límite de elasticidad, indicando un límite de elasticidad inferior una pérdida inferior de presión anular total. Por consiguiente, un límite de elasticidad inferior reducirá la contribución de la pérdida de presión anular al valor de ECD. Además, como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, aunque la presente invención se describe usando un tapón cónico, es posible usar un tapón que tenga una forma diferente en otra realización sin alejarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, el tapón puede comprender una serie de tapones con forma de cuña y paredes correspondientes de la celda de ensayo.

Aunque la presente invención se analiza en este documento en el contexto de fluidos de barrenado, como apreciarían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, los métodos y sistemas de la presente invención pueden utilizarse en analizar otros fluidos. Además, como entenderían los especialistas en la técnica, con el beneficio de esta descripción, el sistema de caracterización 100 puede funcionar en uno o en cualquier combinación de los modos de funcionamiento analizados anteriormente. Por ejemplo, en una realización ejemplar, la celda de ensayo 106 puede utilizarse en un modo combinado de funcionamiento proporcionando de este modo una medición de reología del fluido tratado así como una optimización del fluido.

Por lo tanto, la presente invención está bien adaptada para obtener los fines y ventajas mencionados así como aquellos que son inherentes a la misma. Además, no se pretenden limitaciones a los detalles de construcción o diseño en este documento mostrados, diferentes a los descritos en las siguientes reivindicaciones. Además, los términos en las reivindicaciones tienen su significado habitual y sencillo salvo que se define de otro modo de forma explícita y clara por el titular de la patente. Se apreciará que la invención puede modificarse dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una celda de ensayo (106, 600, 800) para analizar un fluido que comprende:
- 5 una primera parte interior cónica (306, 606);  
un dispositivo de posicionamiento axial (304, 708, 808) posicionado a lo largo del eje de la celda de ensayo;  
un primer tapón cónico (302, 602, 702, 802) acoplado al dispositivo de posicionamiento axial;  
en la que el primer tapón cónico es móvil dentro y fuera de la primera parte interior cónica a lo largo del eje de la  
celda de ensayo;
- 10 una entrada de fluido (312) en una primera localización en la celda de ensayo;  
una salida de fluido (314) en una segunda localización en la celda de ensayo,  
estando la celda de ensayo **caracterizada por** una escobilla (316, 710) acoplada al dispositivo de  
posicionamiento axial.
- 15 2. Una celda de ensayo de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente una bomba de  
desplazamiento positivo (110, 112), en donde la bomba de desplazamiento positivo contra el flujo de fluido a través  
de la celda de ensayo.
3. Una celda de ensayo de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
- 20 un segundo tapón cónico (704, 804) acoplado al dispositivo de posicionamiento axial;  
en la que el segundo tapón cónico (704, 804) es móvil hacia dentro y hacia fuera de una segunda parte interior  
cónica a lo largo del eje de la celda de ensayo.
- 25 4. Una celda de ensayo de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende adicionalmente:
- un tercer tapón cónico acoplado al dispositivo de posicionamiento axial;  
en la que el tercer tapón cónico es móvil hacia dentro y hacia fuera de una tercera parte interior cónica a lo largo  
del eje de la celda de ensayo.
- 30 5. Una celda de ensayo de acuerdo con la reivindicación 4, en la que cada uno del primer tapón cónico, el segundo  
tapón cónico y el tercer tapón cónico se pueden mover independientemente por medio del dispositivo de  
posicionamiento axial.
- 35 6. Una celda de ensayo de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
- un sistema mezclador de ensayo piloto (102) para añadir y mezclar materiales LCM al fluido; y  
un sistema de agotamiento de LCM (104) acoplado al sistema mezclador piloto,  
en donde la celda de ensayo está acoplada al sistema de agotamiento de LCM.
- 40 7. Una celda de ensayo de acuerdo con la reivindicación 6, en la que la mezcladora de ensayo piloto comprende:
- una cubeta de mezcla (202);  
una bomba de suministro de lodos (204) que se puede acoplar de forma desmontable a la cubeta de mezcla;  
45 una unidad de almacenamiento de producto (206, 208, 210) que se puede acoplar de forma desmontable a la  
cubeta de mezcla; y  
un dispositivo de cierre (212) que se puede conectar de forma desmontable a la cubeta de mezcla.
- 50 8. Una celda de ensayo de acuerdo con la reivindicación 6, en la que el sistema de agotamiento de LCM comprende:
- un filtro (114) para retirar materiales LCM; y  
un recipiente de residuos (116) acoplado al filtro.
- 55 9. Un uso de una celda de ensayo de acuerdo con la reivindicación 1 para determinar un intervalo de funcionamiento  
óptimo para un fluido, que comprende:  
crear un hueco entre el primer tapón cónico y la primera parte cónica en la celda de ensayo;  
hacer fluir el fluido a través del hueco,  
determinar la eficacia de sellado del fluido mientras se cambia la anchura de hueco; y  
identificar un intervalo de anchuras de hueco de funcionamiento óptimo para el fluido.
- 60 10. Un uso de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la eficacia de sellado del fluido se determina basándose en  
factores seleccionados entre el grupo que consiste en velocidad de sellado y pérdida total de fluido en un periodo de  
tiempo fijo.
- 65 11. Un uso de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el fluido es un fluido de barrenado.



12. Un uso de una celda de ensayo de acuerdo con la reivindicación 1 para medir la reología de un primer fluido que comprende:

- 5 hacer pasar el primer fluido a través de un hueco formado entre el primer tapón cónico y la primera parte cónica de la celda de ensayo;
- medir una bajada de presión a lo largo del hueco;
- usar la medición de la bajada de presión para determinar una tensión de corte;
- medir el caudal del primer fluido a través del hueco;
- 10 usar la medición del caudal y la geometría de flujo para determinar una velocidad de corte promedio;
- predecir los parámetros del modelo reológico del primer fluido usando la tensión de corte y la velocidad de corte promedio.

13. Un uso de acuerdo con la reivindicación 12, en el que los parámetros del modelo reológico se seleccionan entre el grupo que consiste en: viscosidad plástica, límite elástico del modelo Bingham y parámetros del modelo Herschel-Bulkley.

14. Un uso de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende adicionalmente:

- 20 hacer pasar un segundo fluido a través del hueco formado entre el primer tapón cónico y la primera parte cónica de la celda de ensayo;
- medir una bajada de presión a lo largo del hueco;
- usar la medición de la bajada de presión para determinar una tensión de corte;
- medir el caudal del segundo fluido a través del hueco;
- 25 usar la medición del caudal para determinar una velocidad de corte promedio;
- predecir un modelo reológico del segundo fluido usando la tensión de corte y la velocidad de corte promedio; y
- comparar el modelo reológico del primer fluido y del segundo fluido.

15. Un uso de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el primer fluido es un fluido cargado con LCM y el segundo fluido es un fluido libre de partículas LCM.

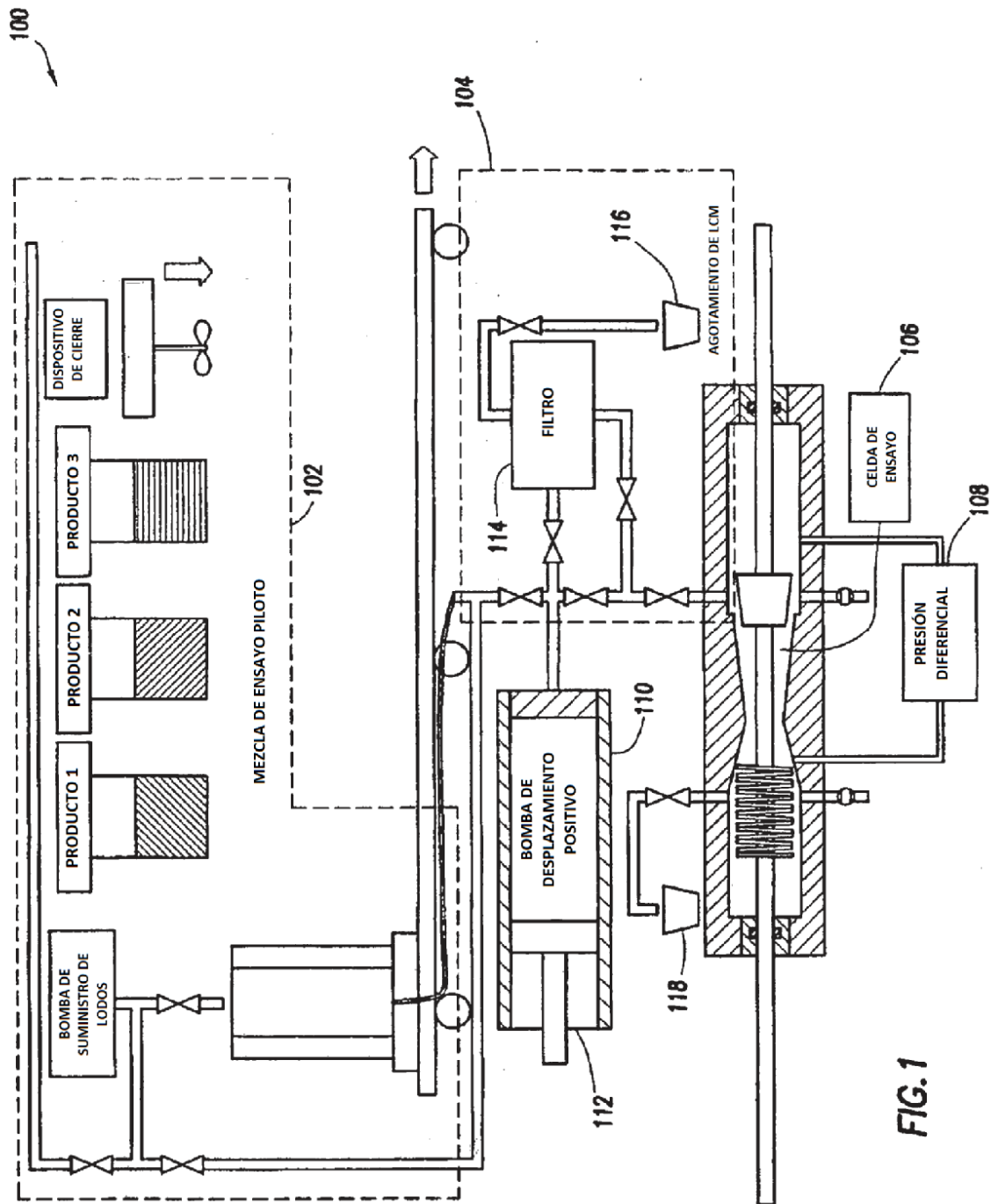
16. Un uso de una celda de ensayo de acuerdo con la reivindicación 1 para optimizar la eficacia de sellado, que comprende:

- 35 crear un hueco entre el primer tapón cónico y la primera parte cónica en la celda de ensayo;
- en el que la anchura de hueco simula una anchura de fractura;
- hacer fluir un primer fluido a través del hueco;
- determinar la eficacia de sellado del primer fluido de barrenado;
- mover el dispositivo de posicionamiento axial para mover la escobilla para limpiar el hueco;
- 40 hacer fluir un segundo fluido a través del hueco;
- determinar la eficacia de sellado del segundo fluido; y
- determinar cuál entre el primer fluido y el segundo fluido es más eficaz en el sellado del hueco.

17. Un uso de acuerdo con la reivindicación 16, en el que la determinación de la eficacia de sellado comprende identificar el volumen de un fluido necesario para sellar el hueco.

18. Un uso de una celda de ensayo de acuerdo con la reivindicación 1 para optimizar la eficacia de sellado que comprende:

- 50 crear un hueco entre el primer tapón cónico y la primera parte cónica en la celda de ensayo;
- en el que la anchura de hueco simula una anchura de fractura;
- hacer fluir un primer fluido a través del hueco;
- determinar la eficacia de sellado del primer fluido;
- hacer fluir un segundo fluido a través del hueco;
- determinar la eficacia de sellado de una mezcla del primer fluido y del segundo fluido;
- 55 determinar si el segundo fluido ha potenciado la eficacia de sellado del primer fluido.



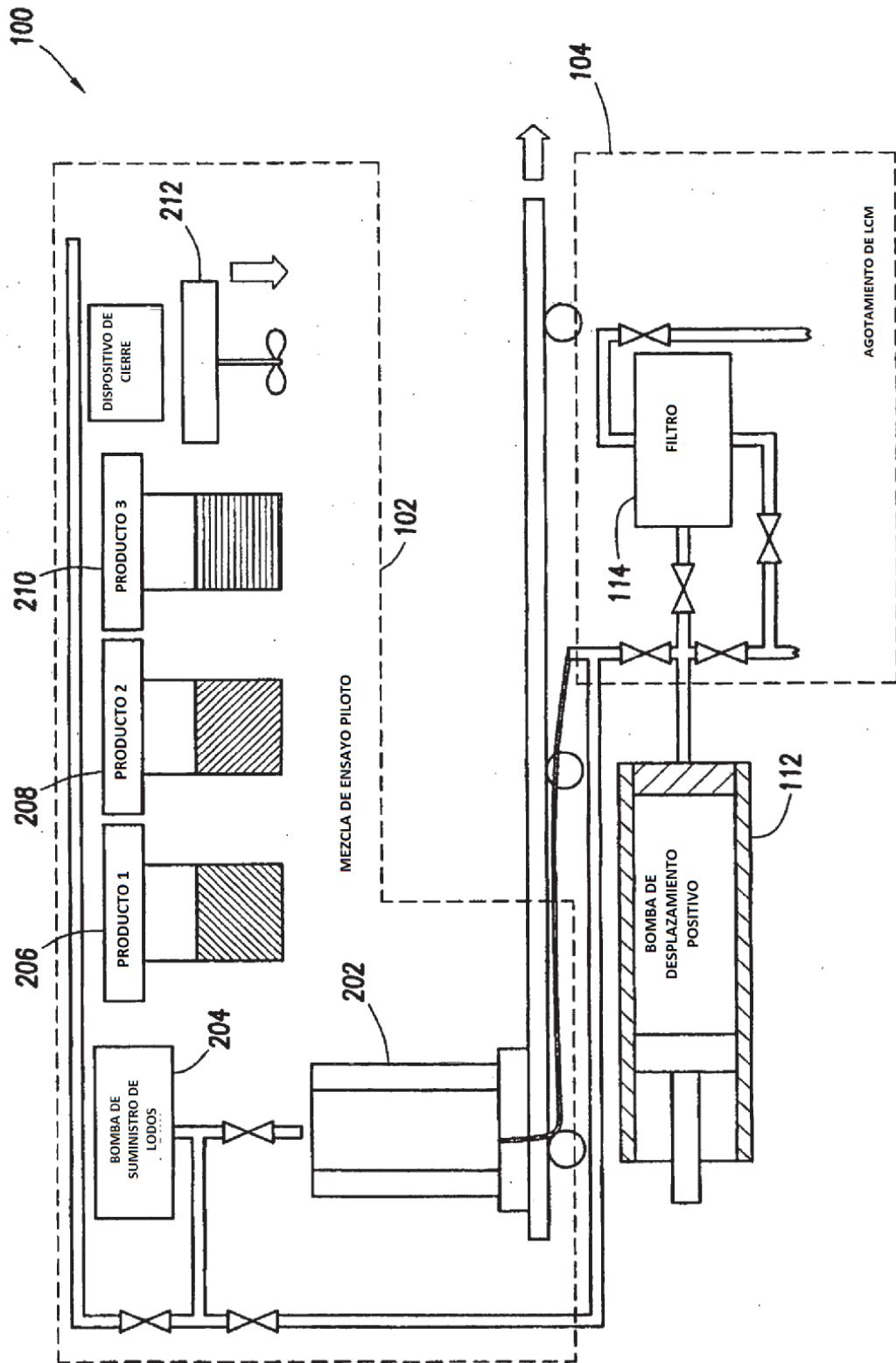


FIG.2A

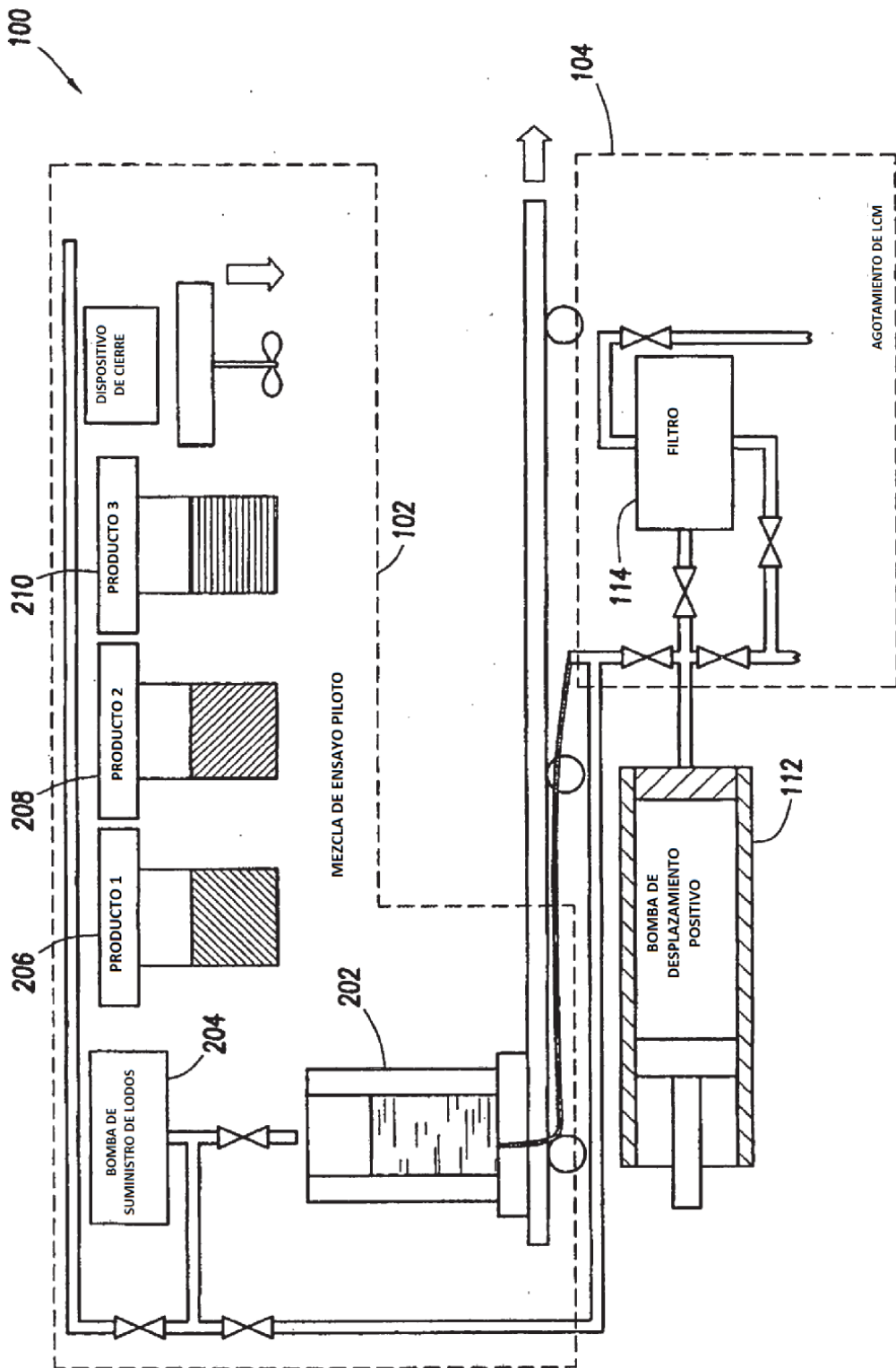


FIG.2B

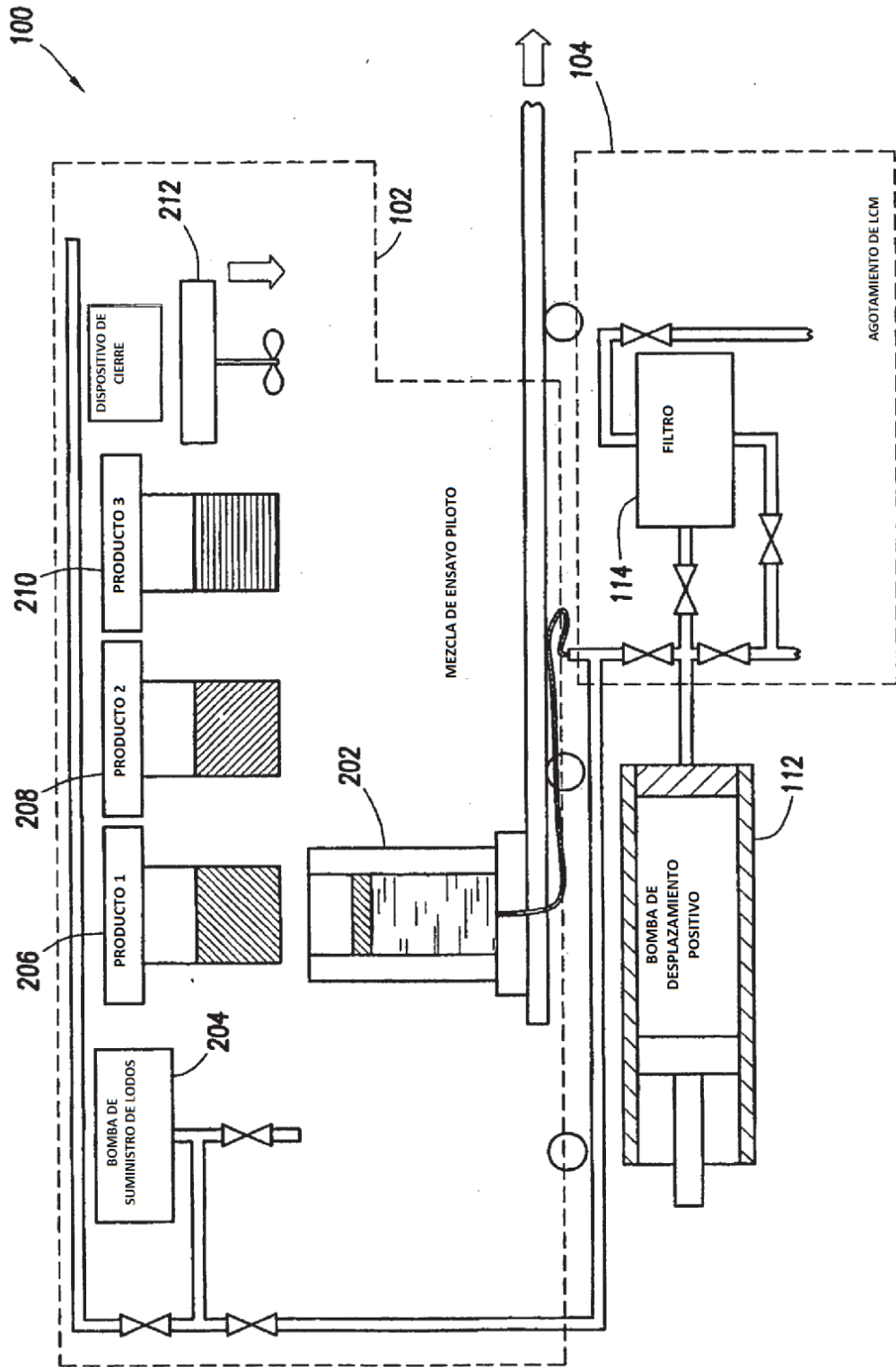


FIG.2C

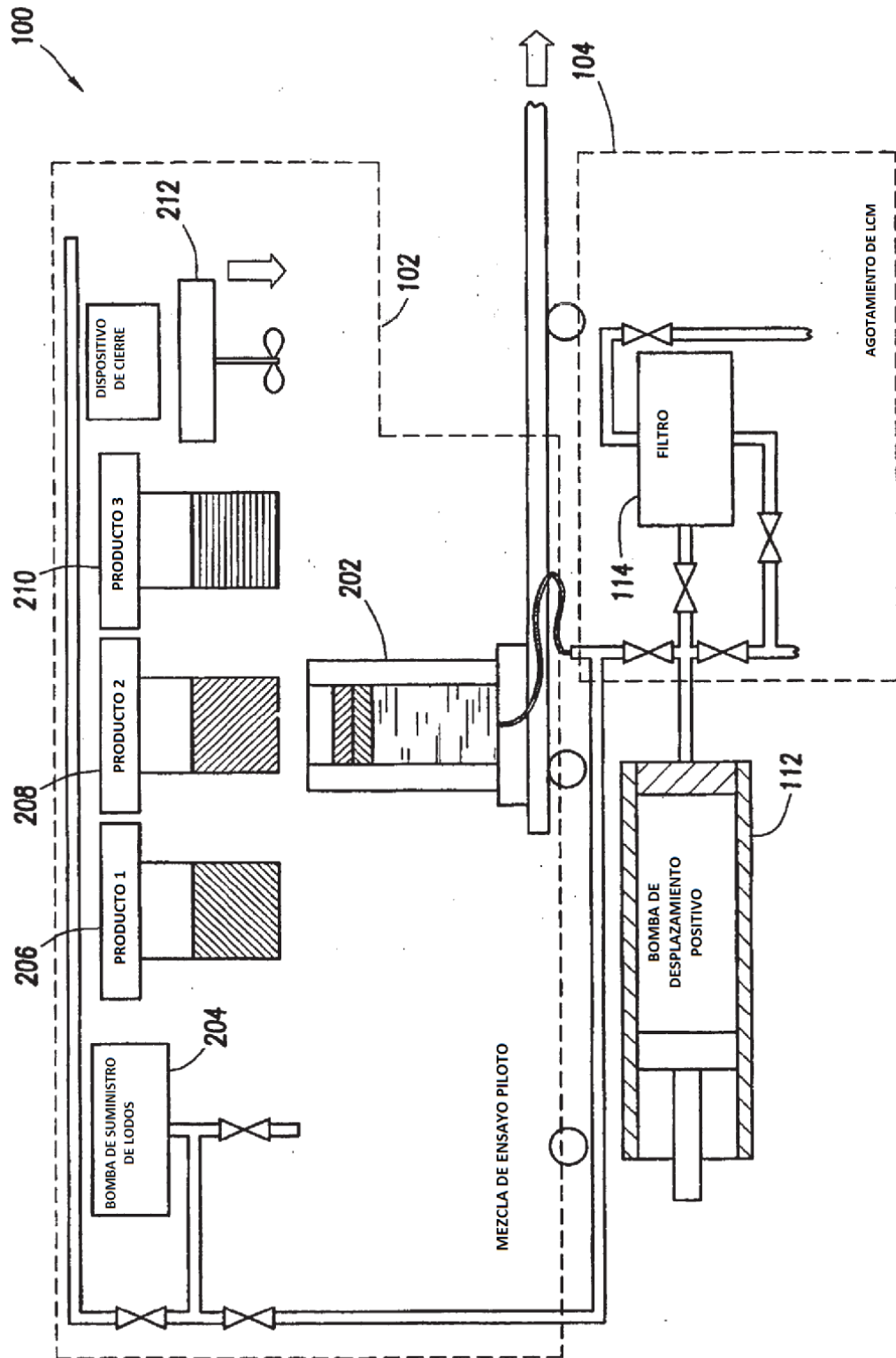


FIG.2D

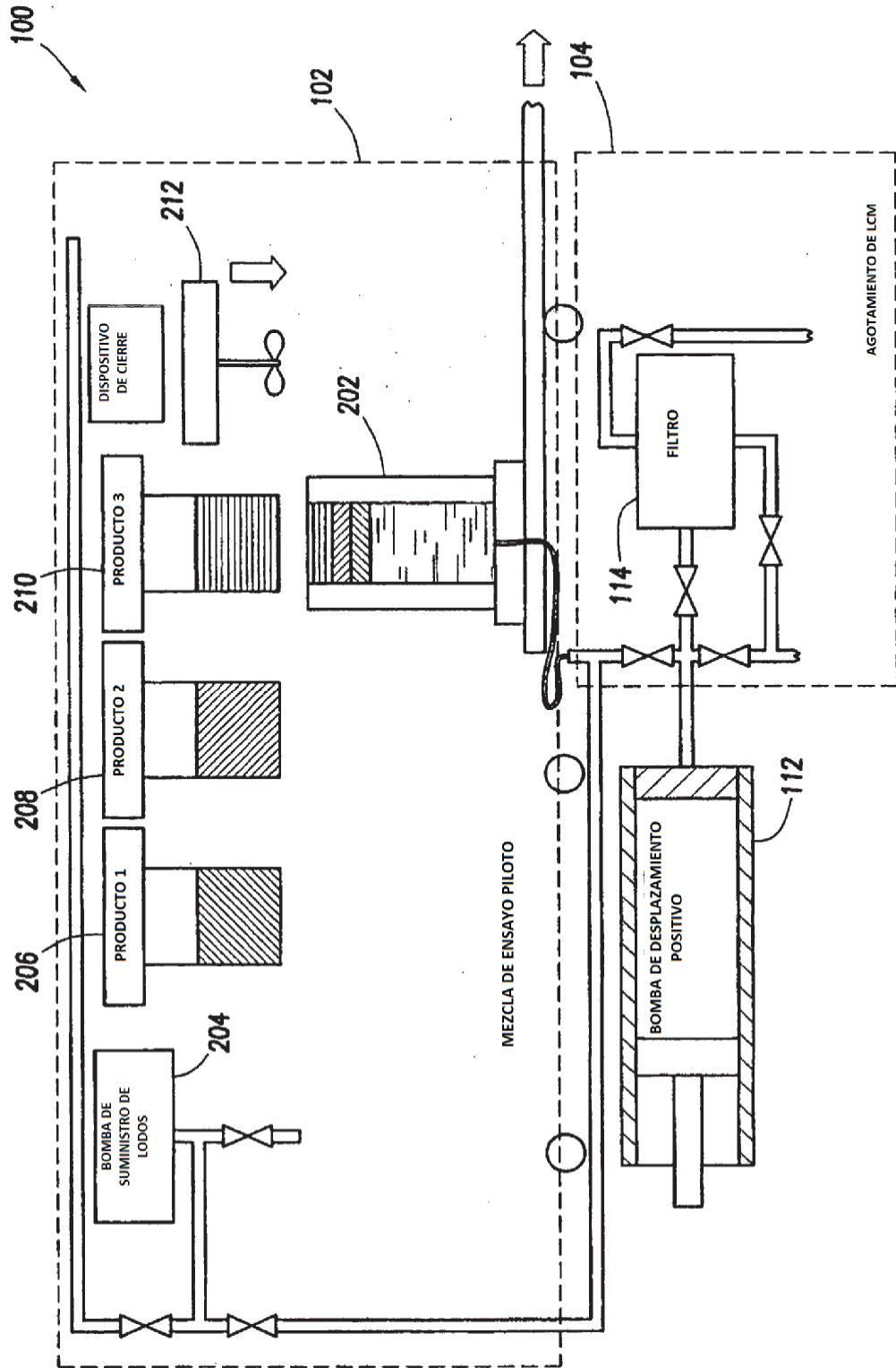


FIG.2E

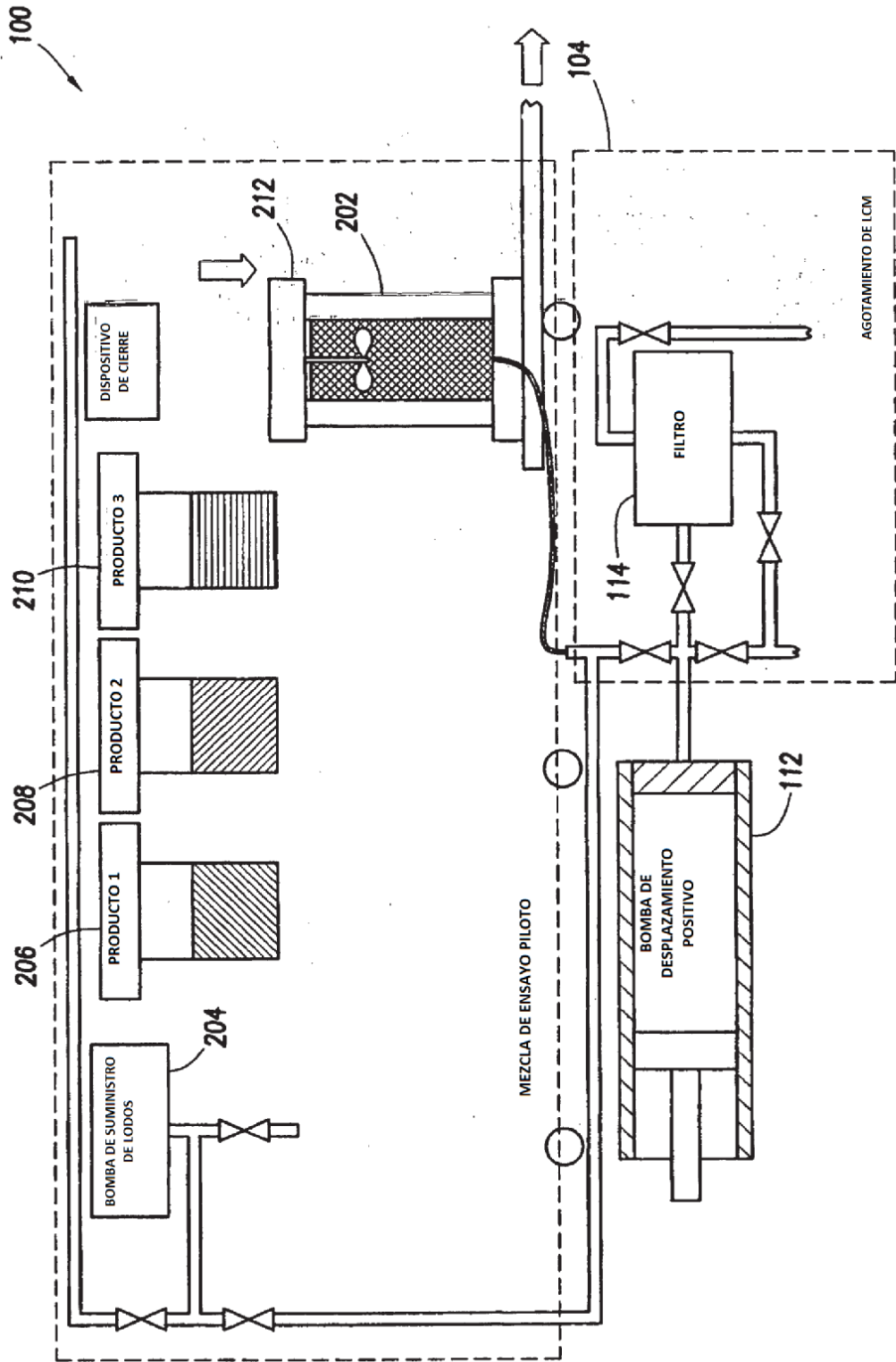


FIG.2F



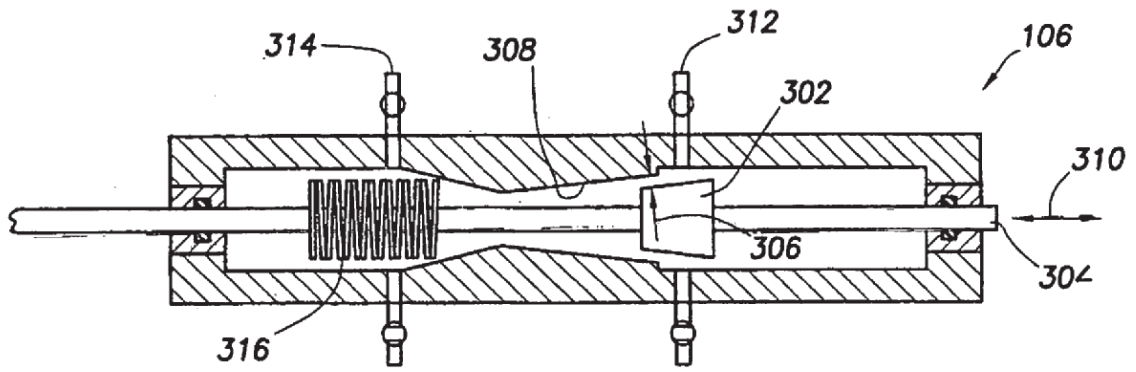


FIG. 3

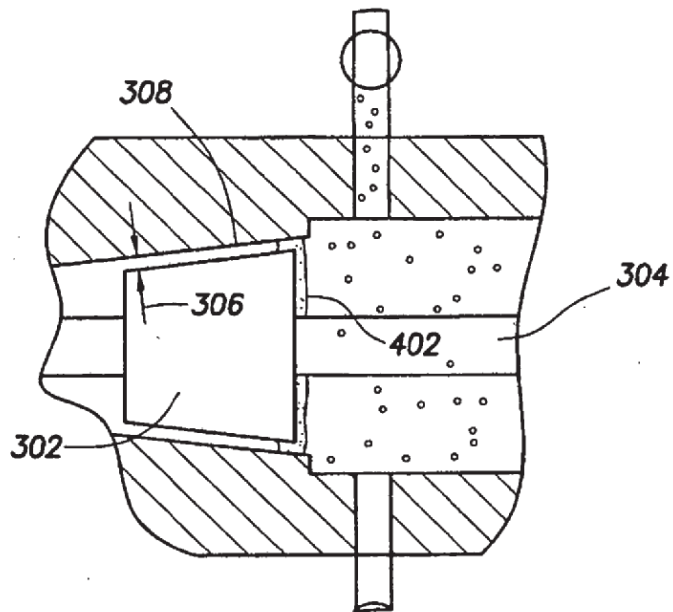


FIG. 4

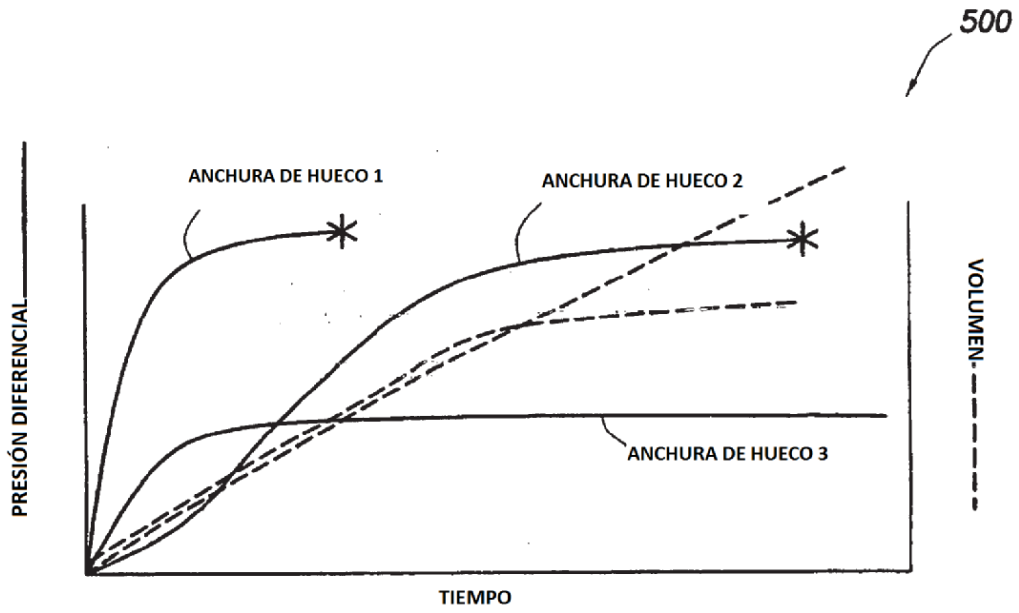


FIG.5

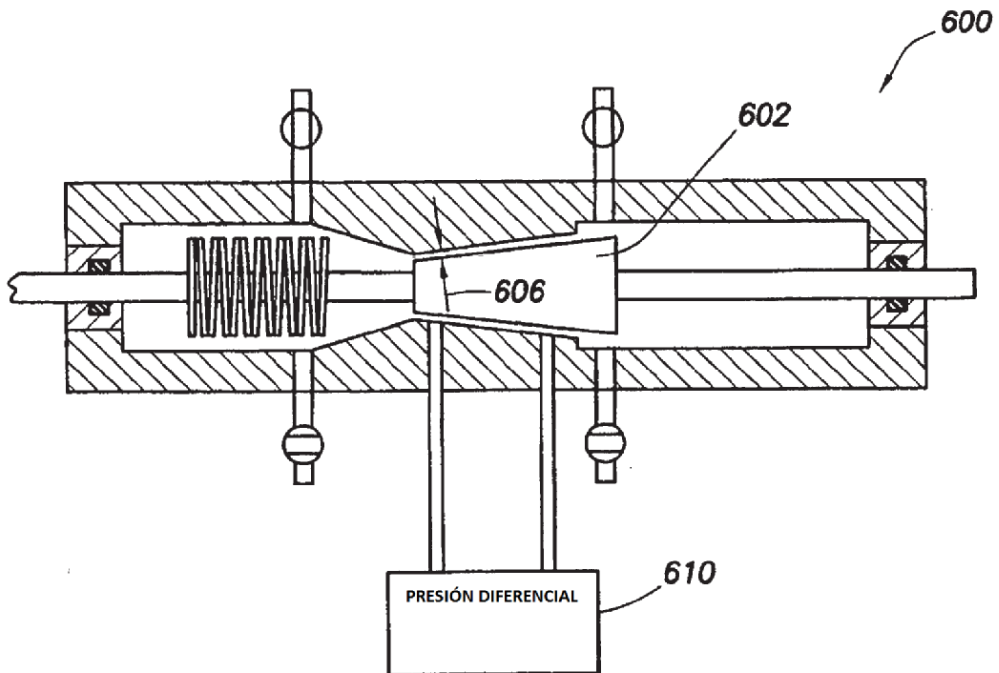


FIG.6

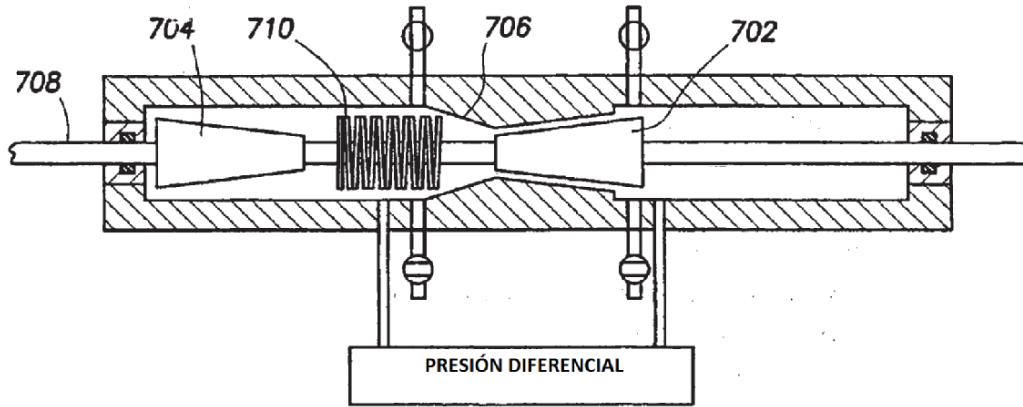


FIG. 7

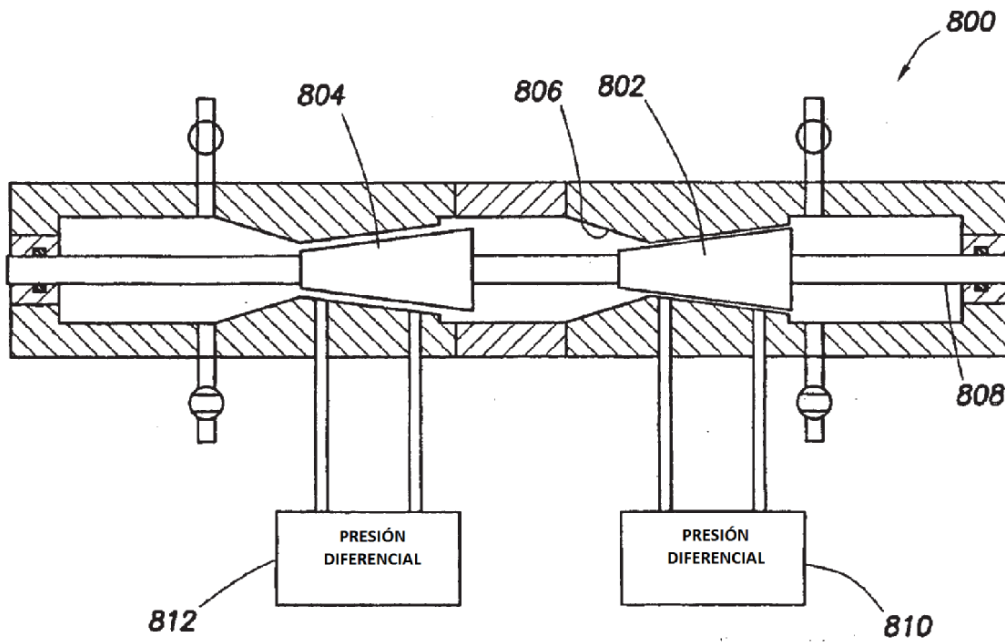


FIG. 8