

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 424 440**

51 Int. Cl.:

**B01D 29/23** (2006.01)

**B01D 29/72** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2008 E 08756577 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2013 EP 2188813**

54 Título: **Aparato y procedimiento para aumentar la capacidad de filtro empleando regeneración ultrasónica**

30 Prioridad:

**30.05.2007 US 940928 P**

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

**02.10.2013**

73 Titular/es:

**DOMINION ENGINEERING, INC. (100.0%)  
12100 SUNRISE VALLEY DRIVE, SUITE 220  
RESTON VA 20191, US**

72 Inventor/es:

**GROSS, DAVID J**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 424 440 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**

Aparato y procedimiento para aumentar la capacidad de filtro empleando regeneración ultrasónica

**DECLARACIÓN DE PRIORIDAD**

5 [0001] Esta solicitud reivindica la prioridad bajo 35 USC § 119 (e) de la solicitud de Patente Provisional US 60/940, 928, que fue presentada en la USPTO el 30 de mayo de 2007, cuyos contenidos se incorporan en este documento, en su totalidad, por referencia.

**ANTECEDENTES**

10 [0002] Los residuos de partículas radiactivas, tales como los generados durante la limpieza ultrasónica de combustible de los conjuntos de combustible nuclear irradiados, puede ser de eliminación difícil y costosa. El aspecto radiactivo de este tipo de residuos de partículas presenta consideraciones de costes de filtración únicas con respecto a las aplicaciones de filtración más convencionales como resultado de las diversas normas y reglamentos que rigen el manejo, el transporte y la disposición de los filtros gastados o cargados. A menudo, el coste de la filtración está dominado por el coste de eliminación de los filtros contaminados. En consecuencia, el aumento de la capacidad de retención de partículas de cada filtro tenderá a reducir el coste total de filtración.

15 [0003] La capacidad de retención de partículas de un filtro de tipo membrana depende de un número de factores que incluyen, por ejemplo, la diferencia de presión disponible a través de los medios de comunicación, el área disponible de los medios de filtro y la velocidad de flujo a través del filtro. En consecuencia, la capacidad de retención de partículas se puede aumentar mediante el uso de una variedad de técnicas que incluyen, por ejemplo, proporcionar presión diferencial adicional, aumentar la cantidad de medios de comunicación en el filtro y / o  
20 mediante la reducción de la velocidad de flujo a través del filtro. WO 92/11923 A1 describe un sistema de filtración y procedimiento según el preámbulo de las reivindicaciones independientes adjuntas. Un sistema de filtración y un procedimiento similares se describen en DE 33 35 127 A1.

**RESUMEN**

25 [0004] Algunos ejemplos de formas de realización del nuevo sistema de filtro y procedimientos asociados de filtrado utilizan una combinación mejorada de lavado por ultrasonidos a contracorriente y una configuración de material de filtro modificada para aumentar la carga específica en una parte de los medios de filtro, que tiende así a aumentar la capacidad total de retención de partículas del filtro mejorado. Dependiendo de factores tales como la configuración del filtro, la distribución del tamaño de partículas y la caída de presión disponible que puede ser mantenida a través del filtro, se espera que la capacidad de retención de partículas pueda ser de más del doble con respecto a un filtro  
30 convencional que tiene medios de filtro configurados de forma similar.

[0005] Se espera que las aplicaciones principales para el filtro mejorado puedan ser tanto en aplicaciones de limpieza de combustible en reactores de agua en ebullición (BWR) como en reactores de agua a presión (PWR), aunque los expertos apreciarán que el aumento de la capacidad del filtro eficaz puede ser útil en una amplia gama de aplicaciones. Se espera que en las aplicaciones BWR y PWR, el conjunto de filtro será empaquetado o  
35 configurado en una forma compatible con una ubicación de conjunto de combustible convencional que puede, a su vez, ser limpiado usando un aparato de limpieza de combustible ultrasónica apropiado. Para otras aplicaciones, los expertos en la técnica apreciarán que se puede adaptar una amplia gama de conjuntos de filtro y accesorios de ultrasonidos para lograr configuraciones de equipos consistentes con las realizaciones dadas a conocer y para la práctica de los procedimientos descritos.

40 [0006] Se espera que los materiales y procedimientos coherentes con las realizaciones dadas a conocer proporcionen una o más ventajas con respecto a conjuntos y procedimientos de filtración convencionales. Se espera, por ejemplo, que los equipos y procedimientos que sean compatibles con las realizaciones dadas a conocer puedan incluir una o más ventajas, incluyendo la reducción del coste de los medios de filtro mediante la reducción del volumen de los medios de filtro requeridos para la captura de una cantidad dada de partículas, el aumento de la  
45 vida de los conjuntos de filtro mediante la reducción de la velocidad de llenado efectivo, reduciendo el número de filtros contaminados que se almacenarán en el sitio, lo que reducirá el número de filtros a eliminar y los costes asociados y / o permitirá el uso de equipos de limpieza por ultrasonidos existentes reduciendo de este modo los gastos y el mantenimiento de equipamiento asociados.

50 [0007] Si bien se espera que la filtración de los residuos de partículas generados durante la limpieza de residuos de combustible ultrasónica sea uno de los usos más comunes de los procedimientos y aparatos descritos, los expertos en la técnica apreciarán que la divulgación y la aplicación no son tan limitados. Por ejemplo, se espera que los procedimientos y aparatos descritos pueden tener utilidad particular en otras aplicaciones, que incluyen, pero que no se limitan a, la filtración local de los diversos residuos radiactivos y no radiactivos en piscinas de combustible  
55 gastado del reactor, cavidades y otros recipientes o zonas que tienden recoger, o ser particularmente sensibles a la contaminación por partículas. Ejemplos de formas de realización pueden incluir, sin limitación, la aspiración bajo el agua de las virutas y / u otros residuos de mecanizado que se podrían generar y / o eliminar durante las actividades de mantenimiento de la planta o de desmantelamiento de la planta. Otros ejemplos de realizaciones pueden incluir,

5 sin limitación, la aspiración bajo el agua como parte de la limpieza general de la piscina / cavidad, y la filtración de zona local para mejorar la claridad del agua y / o las tasas de dosis de la zona, la filtración a gran escala para reducir o eliminar el número de filtros utilizados en la piscina de combustible y los sistemas de filtración de la cavidad del reactor, cualquier otra aplicación de filtración, donde la capacidad de retención de partículas del filtro requerida está más allá que la que se puede conseguirse utilizando filtros de membrana tradicionales y / o aquellas aplicaciones en las que es deseable contener todo el material capturado en el filtro original para el almacenamiento último.

10 **[0008]** Incluso otros ejemplos de formas de realización pueden incluir, sin limitación, la regeneración de las capas de pre-recubrimiento de filtros. Por ejemplo, algunas aplicaciones de filtración incluyen una capa de pre-recubrimiento que se aplica al medio antes de su uso en la aplicación de filtración primaria. El aparato y los procedimientos descritos en este documento podrían ser utilizados para la eliminación de la capa de pre-recubrimiento gastada/ obstruida de la zona de filtración activa, lo que permite la aplicación de un nuevo pre-recubrimiento en la capa de filtro limpiada sin necesidad de tratar los medios de pre-recubrimiento eliminados por separado.

15 **[0009]** Incluso otros ejemplos de formas de realización pueden incluir, sin limitación, la regeneración de las capas de pre-recubrimiento de filtros. Por ejemplo, algunas aplicaciones de filtración incluyen una capa de pre-recubrimiento que se aplica al medio antes de su uso en la aplicación de filtración primaria. El aparato y los procedimientos descritos en este documento podrían ser utilizados para la eliminación de la capa de pre-recubrimiento gastada/ obstruida de la zona de filtración activa, lo que permite la aplicación de un nuevo pre-recubrimiento en la capa de filtro limpiada sin necesidad de tratar los medios de pre-recubrimiento eliminados por separado.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

20 **[0010]** Algunos ejemplos de formas de realización descritas a continuación se comprenderán con mayor claridad cuando la descripción detallada se considere junto con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La figura 1 ilustra un ejemplo de realización de un aparato adecuado para la práctica de los procedimientos detallados en la descripción detallada;

25 Las figuras 2-5 ilustran un ejemplo de realización de un procedimiento de filtración tal como se detalla en la descripción siguiente;

La figura 6 ilustra otro ejemplo de realización de un aparato adecuado para la práctica de los procedimientos detallados en la descripción detallada;

30 La figura 7 ilustra datos de presión y de captura de partículas generadas mediante una implementación de procedimientos descritos en un ejemplo de realización de un aparato adecuado para llevar cabo el procedimiento;

La figura 8 ilustra un ejemplo de realización de etapas que podrían ser utilizadas en la implementación de un ejemplo de realización del procedimiento tal como se ilustra en las figuras 2-5; y

35 **[0011]** Hay que señalar que estas figuras sirven para ilustrar las características generales de los procedimientos, la estructura y / o materiales utilizados en ciertos ejemplos de realizaciones y complementan la descripción escrita proporcionada a continuación. Estos dibujos no están, sin embargo, dibujados a escala y no reflejan con precisión las características estructurales o de rendimiento precisas de cualquier realización dada y no deben, por tanto, interpretarse como que definen o limitan el rango de valores o propiedades abarcados por los ejemplos de formas de realización. Además, los dibujos se han simplificado mediante la omisión de la estructura periférica incluyendo, por ejemplo, tuberías, válvulas, bombas, fuentes de alimentación, cables, controladores y otros equipos, con la suposición de que los expertos en la técnica serían capaz de determinar y construir la estructura necesaria periférica para la gama completa de realizaciones descritas en la presente memoria y las variaciones obvias de estas..

### DESCRIPCIÓN DETALLADA

45 **[0012]** Un ejemplo de realización de un aparato 100 para la práctica de los procedimientos descritos se ilustra en la figura 1 e incluye un alojamiento de filtro 102 que tiene una entrada principal 104 para la introducción de líquido contaminado según una dirección de entrada 108 en el conjunto de filtro que, a su vez, incluye una zona de regeneración 106a y una zona de recolección 106b. El fluido que pasa a través de la zona de regeneración y la zona de recolección del conjunto de filtro se retira entonces del alojamiento de filtro a través de conductos asociados 110a, 110b. Con al finalidad de proporcionar flujos diferenciales a través de la zona de regeneración y la zona de recolección, el conjunto de filtro y/o el alojamiento de filtro incluye un reborde 112 o estructura equivalente para separar los flujos y definir unas trayectorias de flujo primera y segunda. Estas trayectorias de flujo incluyen las correspondientes regiones de plenum 114a, 114b entre las superficies de conjunto de filtro externas y superficies internas del alojamiento de filtro. Como se apreciará por los expertos en la técnica, puede ser proporcionada una estructura adicional en el plenum para soportar el conjunto de filtro para permitir mantener mayores presiones diferenciales mientras se reduce el riesgo de daños en el conjunto de filtro.

5 **[0013]** Como se apreciará por los expertos en la técnica, el conjunto de filtro puede comprender una estructura unitaria, es decir, un elemento de filtro único, o puede comprender una pluralidad de elementos de filtro que cooperan para formar un conjunto completo. Como también se apreciará por los expertos en la técnica, las realizaciones que incluyen una pluralidad de elementos de filtro pueden utilizar una pluralidad de sub-unidades de alojamiento de filtro que cooperan para formar una caja de filtro completa, aumentando de este modo la gama de configuraciones de aparatos que pueden ser utilizados para llevar a cabo procedimientos en consonancia con los descritos más abajo. Por ejemplo, una estructura paralela permitiría alternar las operaciones de filtración y de regeneración entre dos o más trayectorias de flujo correspondientes para permitir la regeneración fuera de línea, mientras se mantiene la función de filtración del aparato.

10 **[0014]** Como se ilustra en las figuras 2-5, durante una operación de filtración se puede formar una capa de partículas o "torta de filtro" 116 en las superficies de las regiones de regeneración y recogida del conjunto de filtro a medida que un material en partículas que contiene el fluido se va introduciendo en el conjunto de filtro y se hace pasar a través del conjunto de filtro. El filtrado puede entonces ser retirado del alojamiento de filtro a través de conductos 110a, 110b en una primera dirección de flujo 118 tal como se ilustra en la figura 2. Cuando se desea la regeneración incluyendo, por ejemplo, cuando la caída de presión a través del conjunto de filtro supera un objetivo de presión superior o la torta de filtro en la región de regeneración excede un espesor objetivo, puede iniciarse el proceso de regeneración. Durante el proceso de regeneración, tal como se ilustra en la figura 3, la porción de la torta de filtro en la región de regeneración del conjunto de filtro se reduce o se elimina a través de una combinación de un flujo de fluido invertido en una segunda dirección de flujo 118a, por ejemplo, un flujo de lavado a contracorriente y agitación ultrasónica proporcionada por uno o más transductores ultrasónicos 120 que están configurados para aplicar energía ultrasónica a al menos una porción de la región de regeneración.

15 **[0015]** Tal como se ilustra en la figura 4, las porciones retiradas de la torta de filtro 116a se dibujan en la región de recogida del conjunto de filtro de fluido que pasa a través del conjunto de filtro en dirección 118b para formar una capa de torta de filtro adicional 116a sobre la porción restante de la torta de filtro inicial 116b. La velocidad de flujo y las posiciones de entrada del flujo a contracorriente de lavado durante el proceso de regeneración pueden ser reducidos con respecto a los utilizados durante el proceso de filtración y configurados para reducir la tendencia de los finos a extraer completamente del conjunto de filtro. El conjunto de filtro también puede estar orientada de tal manera que la redistribución deseada de las partículas eliminadas sea ayudada por la gravedad, por ejemplo, mediante la disposición de la región de la regeneración por encima de la región de recogida dentro del conjunto de filtro. Tal como se ilustra en la figura 6, también se pueden utilizar caminos de flujo adicionales 118c y / o deflectores mecánicos o medios de barrera (no mostrados) para la supresión de la migración de finos fuera del conjunto del filtro durante la operación de lavado a contracorriente.

20 **[0016]** Se cree que la baja velocidad de flujo durante el proceso de regeneración permite una mayor carga por área específica en los elementos de filtro de la zona de recolección que la que sería posible con tasas de flujo de operación normales. Se prevé que la agitación ultrasónica durante al menos una parte del proceso de regeneración mejorará el proceso de regeneración y aumentará la porción de la torta de filtro que se retira de la región de regeneración, particularmente a velocidades de flujo más bajas.

25 **[0017]** Después de la regeneración, la zona de regeneración del conjunto de filtro tenderá a ser descargada suficientemente para permitir la reanudación de la filtración a tasas de flujo más altas deseadas durante la operación de filtración normal. Como se ilustra en la figura 5, la reanudación del proceso de filtración dará lugar a la formación de una capa adicional de torta de filtro 116c momento en el que se puede repetir el proceso de regeneración. Como se apreciará por los expertos en la técnica, las formas de realización de ejemplo del aparato descrito se pueden adaptar para proporcionar el lavado a contracorriente incremental de un número de elementos de filtro separados y / o regiones de filtro del conjunto de filtro durante el funcionamiento normal.

30 **[0018]** Para los sistemas de filtración destinados a ser utilizados en conjunción con aplicaciones de limpieza de combustible nuclear, el conjunto de filtro y alojamiento de filtro se puede configurar de una manera que permita que una porción del sistema de filtración sea manipulada y almacenada utilizando un equipo y técnicas adecuados para el manejo de un conjunto de combustible nuclear configurado de manera similar en uso en el sitio previsto. Mediante la utilización de una configuración común, la agitación ultrasónica utilizada durante el proceso de regeneración puede ser proporcionado por un accesorio de limpieza de combustible ultrasónico que incluye, por ejemplo, los aparatos de limpieza descritos en la patente US 6.396.892, cuyos contenidos se incorporan aquí por referencia en su totalidad, previamente adaptado para la limpieza de combustible. Como alternativa, puede utilizarse otro agitador ultrasónico convencional o de diseño personalizado puede para la aplicación de suficiente energía ultrasónica al conjunto de filtro para separar una porción de las partículas acumuladas y / o torta de filtro de la o las regiones de regeneración del conjunto de filtro cuando no hay sistema de limpieza ultrasónica de combustible fácilmente disponible.

35 **[0019]** Unas alternativas de realización del sistema de filtración y el conjunto de filtro, incluyen, pero no se limitan a, la variación de las áreas relativas de la región de regeneración y la región de recogida, la configuración del conjunto de filtro para proporcionar una pluralidad de regiones de regeneración y / o regiones de recolección, proporcionar una pluralidad de trayectorias de flujo que permitan la configuración selectiva de una o más regiones, ya sea como

una región de regeneración o una región de recogida, permitiendo de este modo modificaciones de las áreas relativas de la región de la regeneración y la región de recogida durante el servicio.

**[0020]** Unas alternativas de realización del sistema de filtración y del conjunto de filtro, también incluyen, pero no se limitan a, la configuración de una pluralidad de elementos de filtro en paralelo, en serie o configuraciones en serie / paralelo a través de la utilización de mecanismos de conductos apropiados y conjuntos de válvulas que cooperan o dispositivos equivalentes. Ejemplos de formas de realización de estas configuraciones incluyen, pero no se limitan a, disposiciones de filtración por etapas en las que sucesivamente las partículas más pequeñas son capturadas por cada etapa de filtración, tales como mediante el uso de medios con diferentes "clasificaciones de micras" eficaces, tamaños de poro y / o profundidades de medio en una pluralidad de etapas de filtrado.

**[0021]** Unas alternativas de realización del sistema de filtración y el conjunto de filtro, también incluyen, pero no se limitan a, las configuraciones que permiten el uso de empaquetamientos de filtro convencionales. Cuando se utilizan empaquetamientos de filtro convencionales, se pueden lograr los ejemplos de realización de los procedimientos y aparatos utilizando al menos uno de los empaquetamientos de filtro convencionales como la región de regeneración y al menos uno de los empaquetamientos de filtro como la región de recogida durante las operaciones de flujo a contracorriente.

**[0022]** Unas alternativas de realización del sistema de filtración y el conjunto de filtro, también incluyen, pero no se limitan a, variaciones en las que la longitud efectiva de la región de recogida se extiende mediante la combinación de una sección porosa de la zona de recolección en serie con una sección no porosa (es decir, tubo sólido) y la construcción de la zona de recolección usando el medio que es menos adecuado para el lavado a contracorriente (es decir, una construcción de conjunto de filtro configurada para la aplicación de un diferencial de presión sólo en una dirección preferida).

**[0023]** Unas alternativas de realización del sistema de filtración y el conjunto de filtro, también incluyen, pero no se limitan a, utilizar materiales que presentan una mayor resistencia a los campos de radiación que utiliza, la utilización de empaquetamientos diseñados para incluir un puerto permanente u controlable de forma remota, apertura o penetración que se puede utilizar para drenar el líquido del filtro por la acción de la gravedad cuando el filtro se mantiene en una posición apropiada, por ejemplo, una posición vertical, la utilización de empaquetamientos que incluyen una válvula de retención o estructura equivalente configurada para suprimir o prevenir la migración de las partículas capturadas a partir de un conjunto de filtro en ausencia de un flujo de fluido y la utilización de empaquetamientos diseñados para la operación a distancia de las válvulas o estructura equivalente que permiten que la trayectoria de flujo (s) hacia y desde las diversas regiones o secciones del conjunto de filtro se alineen con el flujo de diversas fuentes, conductos y sumideros.

**[0024]** Unas alternativas de realización del sistema de filtración y el conjunto de filtro, también incluyen, pero no se limitan a, utilizar empaquetamientos diseñados para integrar transductores ultrasónicos con el resto del empaquetamiento de filtro y la inclusión de medios para monitorizar varios parámetros de proceso tales como la presión y el caudal en una o más posiciones dentro del conjunto de filtro, el alojamiento de filtro y/o los conductos.

**[0025]** Como se apreciará por los expertos en la técnica, las características y elementos de los ejemplos de realización alternativos detallados anteriormente se pueden combinar para producir formas de realización adicionales que serían adecuadas para la implementación de los procedimientos de acuerdo con los ejemplos de realización descritos.

#### **Ejemplo 1**

**[0026]** Se llevó a cabo una prueba a escala de laboratorio para determinar el grado en que la vida / capacidad de un filtro podrían extenderse con un procedimiento y un aparato de acuerdo con los ejemplos de realización descritos en este documento. El accesorio de prueba consistía en dos cartuchos de filtro de 10 pulgadas (25 cm) dispuestos tal como se muestra en la figura 1, con el cartucho superior configurado como la región de regeneración y el cartucho inferior configurado como la región de recogida. Los cartuchos de filtro se cargaron con polvo de prueba tal como se muestra en la figura 2 hasta que la presión diferencial a través del conjunto de filtro alcanzara un límite de presión al final de su vida útil prescrita de aproximadamente 35 psi (0,24 MPa).

**[0027]** El dispositivo de ensayo fue entonces agitado por ultrasonidos y una porción de la torta del filtro se lavó a contracorriente desde la región de regeneración a la región de recogida (figuras 3 y 4). Entonces se hizo funcionar el sistema de filtro, en la configuración de carga normal (figura 5) y se registró la presión diferencial del filtro después de la regeneración. Esta secuencia de operaciones se repitió a continuación (véase la fig. 8 y las etapas S100 a S112) hasta que el conjunto de filtro estuvo lo suficientemente cargado para que la regeneración no fuera suficiente para reducir la presión diferencial lo suficiente como para alcanzar un valor de base de aproximadamente 20 psi (0,14 MPa), punto en el que se terminó la prueba. Los datos de presión diferencial y los datos de captura de partículas se proporcionan en el gráfico 200 tal como se ilustra en la figura 7. Se encontró que el proceso de lavado a contracorriente había aumentado la capacidad de retención de partículas de los cartuchos de filtro en un factor de aproximadamente 3,3. Al proceder al desmontaje del accesorio de prueba, se encontró que el cartucho de filtro inferior estaba empaquetado de sólido con polvo de prueba. Los datos de prueba sugieren que la capacidad de

retención de partículas total se podría aumentar aún más mediante el aumento del porcentaje de área de filtro en la zona del fondo.

5 **[0028]** Como apreciará los expertos en la técnica, la construcción de los conjuntos de filtro y, en particular, los medios de filtración, debe estar configurada para permitir el flujo inverso asociado con el proceso de lavado a contracorriente y para proporcionar suficiente resistencia mecánica para soportar la agitación ultrasónica sin dañar al medio.

10 **[0029]** Las realizaciones de ejemplo del conjunto de filtro y los procedimientos de operación de tales conjuntos de filtro pueden incluir una o más características, incluyendo, pero no limitados a organizar el conjunto de filtro de manera que una parte de los medios de comunicación se utilice tanto para la filtración primaria (cuando el conjunto de filtro es nuevo) y para capturar los residuos lavados a contracorriente (durante el proceso de regeneración). Esta configuración podría reducir o eliminar la necesidad de utilizar medios adicionales, las disposiciones o estructura de flujo para capturar los residuos de lavado a contracorriente sin degradar sustancialmente el rendimiento del conjunto de filtro en relación con un elemento de filtro similar que no incorpore la configuración interna de captura de lavado a contracorriente.

15 **[0030]** El proceso de regeneración del filtro reubica los residuos dentro del filtro para aumentar la capacidad de un elemento de filtro desechable. Los sistemas existentes utilizan el ultrasonido para eliminar los residuos procedentes del medio de manera que puedan ser eliminados del elemento de filtro, con el flujo de residuos descargado directamente o filtrado en un medio de eliminación secundaria. En un procedimiento de acuerdo con un ejemplo de realización, la totalidad o sustancialmente la totalidad de los residuos de lavado a contracorriente se mantienen dentro del elemento de filtro de modo que no hay necesidad de manipulación adicional de los residuos peligrosos y los problemas asociados a esta.

20

**[0031]** La combinación de agitación ultrasónica y de bajo caudal de lavado a contracorriente de la región limpia. La agitación ultrasónica facilita la baja tasa de flujo de lavado a contracorriente, que a su vez permite la captura interna de de los residuos lavados a contracorriente en la región altamente cargada del filtro. Sin la agitación ultrasónica, sería difícil, si no imposible, generar una tasa de flujo de contracorriente suficientemente alta a través de la región de regeneración para desalojar los residuos de partículas, mientras que al mismo tiempo se filtrara este alto flujo de fluido a través de la región de recolección del filtro más altamente cargada.

25

**[0032]** En los ejemplos de realización, el conjunto de filtro puede ser empaquetado y configurado para parecerse a un conjunto de combustible nuclear para la facilidad de manipulación y de almacenamiento, y para la compatibilidad con un sistema existente de limpieza por ultrasonidos de combustible. Como apreciarán los expertos en la técnica, los conjuntos de filtro de acuerdo con los ejemplos de realizaciones se pueden adaptar fácilmente a cualquier formato de empaquetamiento convencional que incluye, por ejemplo, configuraciones utilizadas por Westinghouse / ABB en la década de los 1990 en la construcción de un sistema (FILDEC) que utilizaban los filtros alojados en una estructura en forma de elementos combustibles.

30

**[0033]** Mientras que las invenciones descritas se han mostrado y descrito particularmente con referencia a ejemplos de realizaciones de estas, estas invenciones no deben interpretarse como limitadas a las realizaciones particulares establecidas en este documento, sino que más bien se proporcionan como ejemplos para transmitir más plenamente el concepto de la invención a los expertos en la técnica.

35

**REIVINDICACIONES**

**1.** Un sistema de filtración (100) para filtrar fluido que contiene residuos en forma de partículas radioactivas, teniendo el sistema de filtración un modo de filtración y un modo de regeneración, comprendiendo el sistema de filtración:

un alojamiento de filtro (102);

5 un conjunto de filtro dispuesto en el alojamiento de filtro, comprendiendo el conjunto de filtro una zona de regeneración (106a) y una zona de recolección (106b);

un reborde (112) o estructura equivalente que define zonas de plenum primera y segunda (114a, 114b) entre las superficies de conjunto de filtro externas y superficies internas del alojamiento de filtro para proporcionar flujos diferenciales a través de la zona de regeneración (106a) y la zona de recolección (106b);  
10 y

un transductor ultrasónico (120) configurado para aplicar energía a la zona de regeneración del conjunto de filtro en el modo de regeneración de dicho sistema de filtración,

teniendo dicho alojamiento de filtro:

15 una entrada principal (104) para introducir un fluido que contiene residuos en forma de partículas radioactivas en el sistema de filtración en el modo de filtración de dicho sistema de filtración;

un conducto de zona de regeneración (110a) en comunicación de fluido con la primera zona de plenum (114a) y la zona de regeneración (106a) del conjunto de filtro; y

un conducto de zona de recolección (110b) en comunicación de fluido con la segunda zona de plenum (114b) y la zona de recolección (106b) del conjunto de filtro,

20 en el que el sistema de filtración está configurado, en el modo de filtración, para pasar el fluido desde la entrada principal (104) a través de la zona de regeneración (106a) así como la zona de recolección (106b) del conjunto de filtro al conducto de zona de regeneración (110a) y conducto de zona de recolección (110b) en una primera dirección de flujo (118), para formar una capa (116) de partículas radioactivas desde dicho fluido sobre una superficie de dichas zonas de regeneración y recolección del conjunto de filtro retirando a la vez el filtrado de dicho alojamiento de filtro a través de dicho conducto de zona de regeneración (110a) así como dicho conducto de zona de recolección (110b), y  
25

en el que el sistema de filtración está configurado, en el modo de regeneración, para pasar un flujo de fluido invertido desde el conducto de zona de regeneración (110a) a través de la zona de regeneración (106a) en una segunda dirección de flujo (118a), opuesta a dicha primera dirección de flujo, mientras se agita dicho transductor ultrasónico (120), de modo que el flujo invertido continua entonces a través de dicha zona de recolección (106b) del conjunto de filtro en dicha primera dirección de flujo (118b) a dicho conducto de zona de recolección (110b), para provocar la recolocación de al menos porciones de dicha capa de partículas radioactivas desde la superficie de dicha zona de regeneración (106a) a la superficie de dicha zona de recolección (106b) del conjunto de filtro.  
30

35 **2.** El sistema de filtración según la reivindicación 1, en el que:

el conjunto de filtro utiliza una construcción unitaria.

**3.** El sistema de filtración según la reivindicación 1, en el que:

el conjunto de filtro utiliza una construcción multi-parte modular.

**4.** El sistema de filtración según la reivindicación 1, que comprende además:

40 un primer sensor de presión y un segundo sensor de presión dispuestos para medir un descenso de presión a través del conjunto de filtro.

**5.** El sistema de filtración de la reivindicación 1, en el que:

la zona de filtro de recolección (106b) está configurada para recolectar y retener partículas liberadas de la zona de filtro de regeneración (106a).

45 **6.** Procedimiento para filtrar fluido que contiene residuos en forma de partículas radioactivas, comprendiendo el procedimiento:

proporcionar un sistema de filtración que puede funcionar en un modo de filtración y un modo de regeneración, y que comprende:

un alojamiento de filtro (102);

5 un conjunto de filtro dispuesto en el alojamiento de filtro y having una zona de regeneración (106a) y una zona de recolección (106b); y

un reborde (112) o estructura equivalente que define zonas de plenum primera y segunda (114a, 114b) entre las superficies de conjunto de filtro externas y superficies internas del alojamiento de filtro para proporcionar flujos diferenciales a través de la zona de regeneración (106a) y la zona de recolección (106b); y

10 un transductor ultrasónico (120) configurado para aplicar energía a la zona de regeneración del conjunto de filtro en el modo de regeneración de dicho sistema de filtración, en el que dicho alojamiento de filtro tiene:

una entrada principal (104);

15 un conducto de zona de regeneración (110a) en comunicación de fluido con la primera zona de plenum (114a) y la zona de regeneración (106a) del conjunto de filtro; y un conducto de zona de recolección (110b) en comunicación de fluido con la segunda zona de plenum (114b) y la zona de recolección (106b) del conjunto de filtro;

20 introducir, en el modo de filtración, un fluido que contiene residuos en forma de partículas radioactivas en el sistema de filtración a través de la entrada principal (104); pasar, en el modo de filtración, el fluido desde la entrada principal (104) a través de la zona de regeneración (106a) así como la zona de recolección (106b) del conjunto de filtro al conducto de zona de regeneración (110a) y conducto de zona de recolección (110b) en una primera dirección de flujo (118), para formar una capa (116) de partículas radioactivas desde dicho fluido sobre una superficie de dichas zonas de regeneración y recolección del conjunto de filtro retirando a la vez el filtrado de dicho alojamiento de filtro a través de dicho conducto de zona de regeneración (110a) así como dicho conducto de zona de recolección (110b); y

25 pasar, en el modo de regeneración, un flujo de fluido invertido desde el conducto de zona de regeneración (110a) a través de la zona de regeneración (106a) en una segunda dirección de flujo (118a), opuesta a dicha primera dirección de flujo, mientras se agita dicho transductor ultrasónico (120), de modo que el flujo invertido continua entonces a través de dicha zona de recolección (106b) del conjunto de filtro en dicha primera dirección de flujo (118b) a dicho conducto de zona de recolección (110b), para provocar la recolocación de al menos porciones de dicha capa de partículas radioactivas desde la superficie de dicha zona de regeneración (106a) a la superficie de dicha zona de recolección (106b) del conjunto de filtro.

30

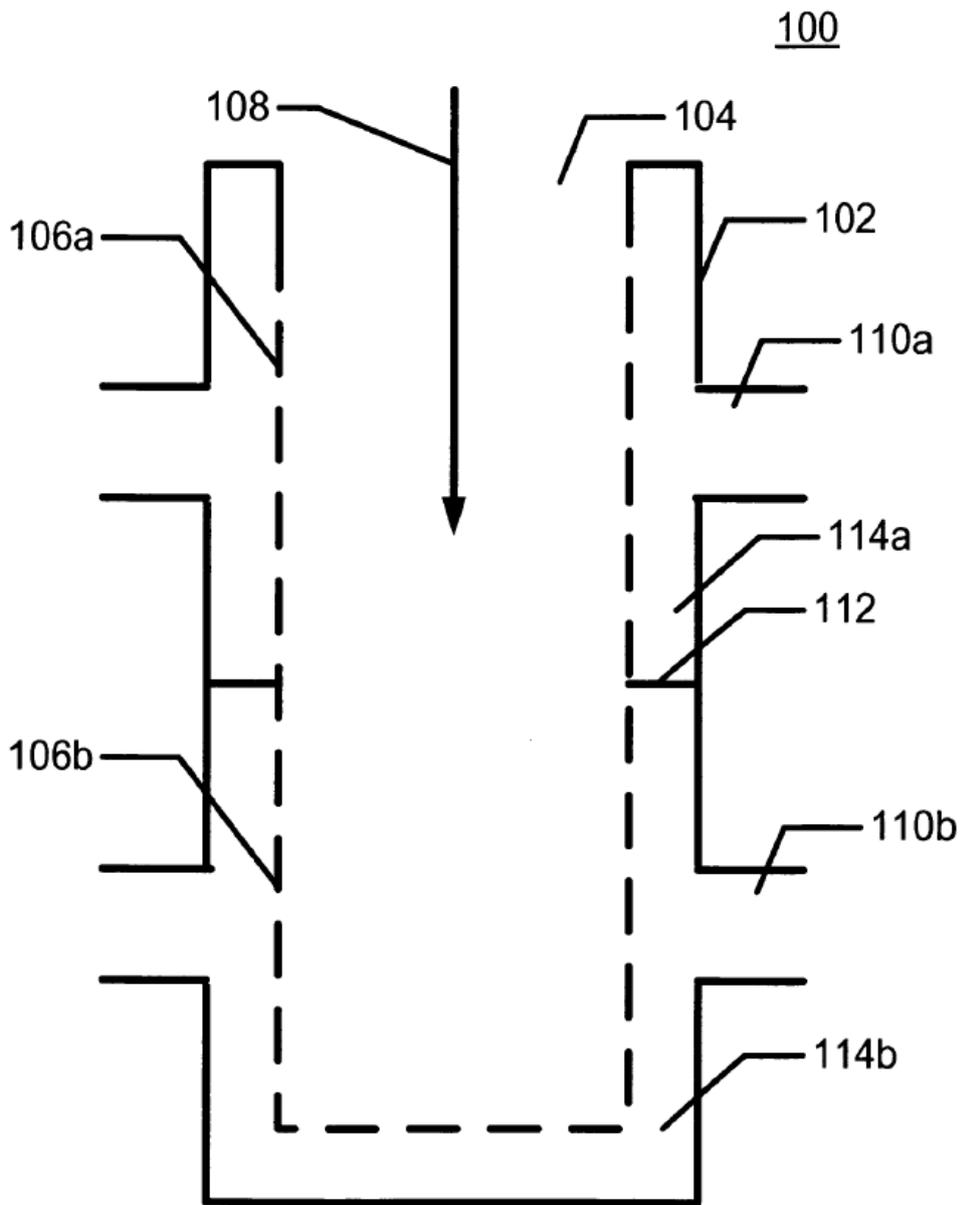


FIG. 1

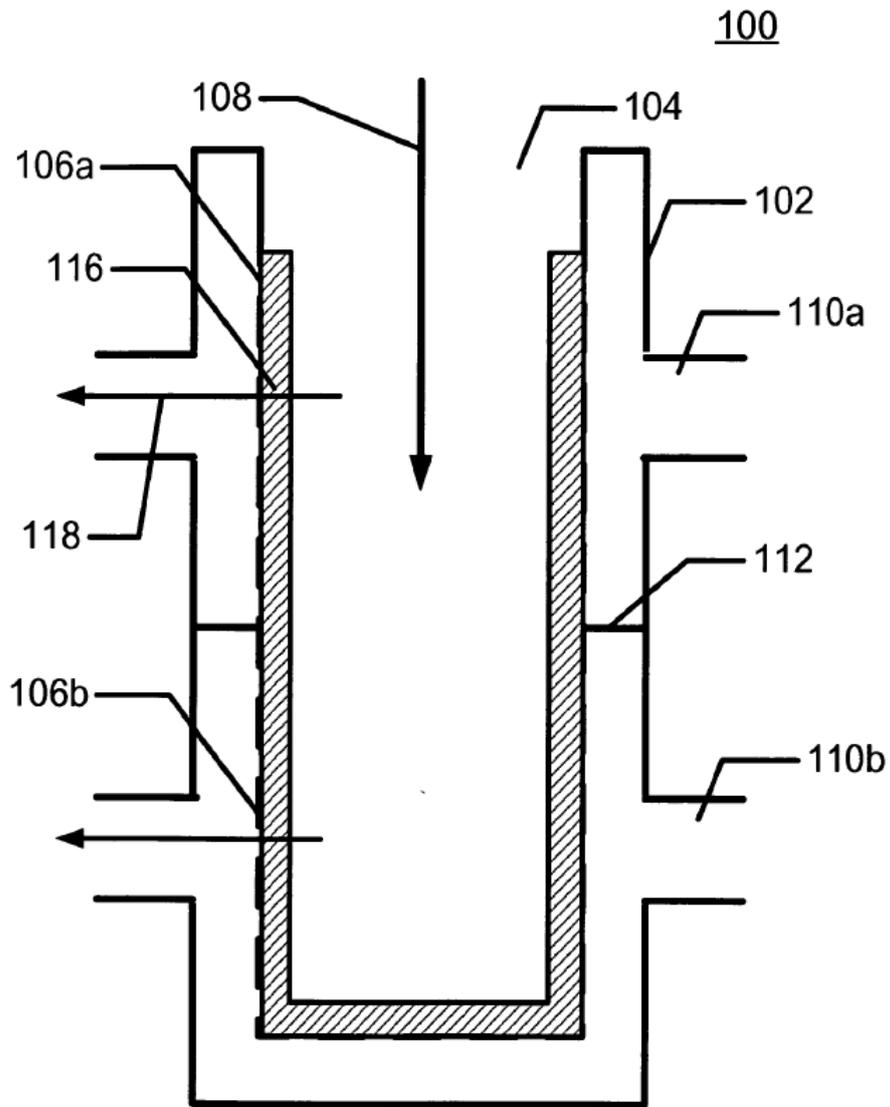


FIG. 2

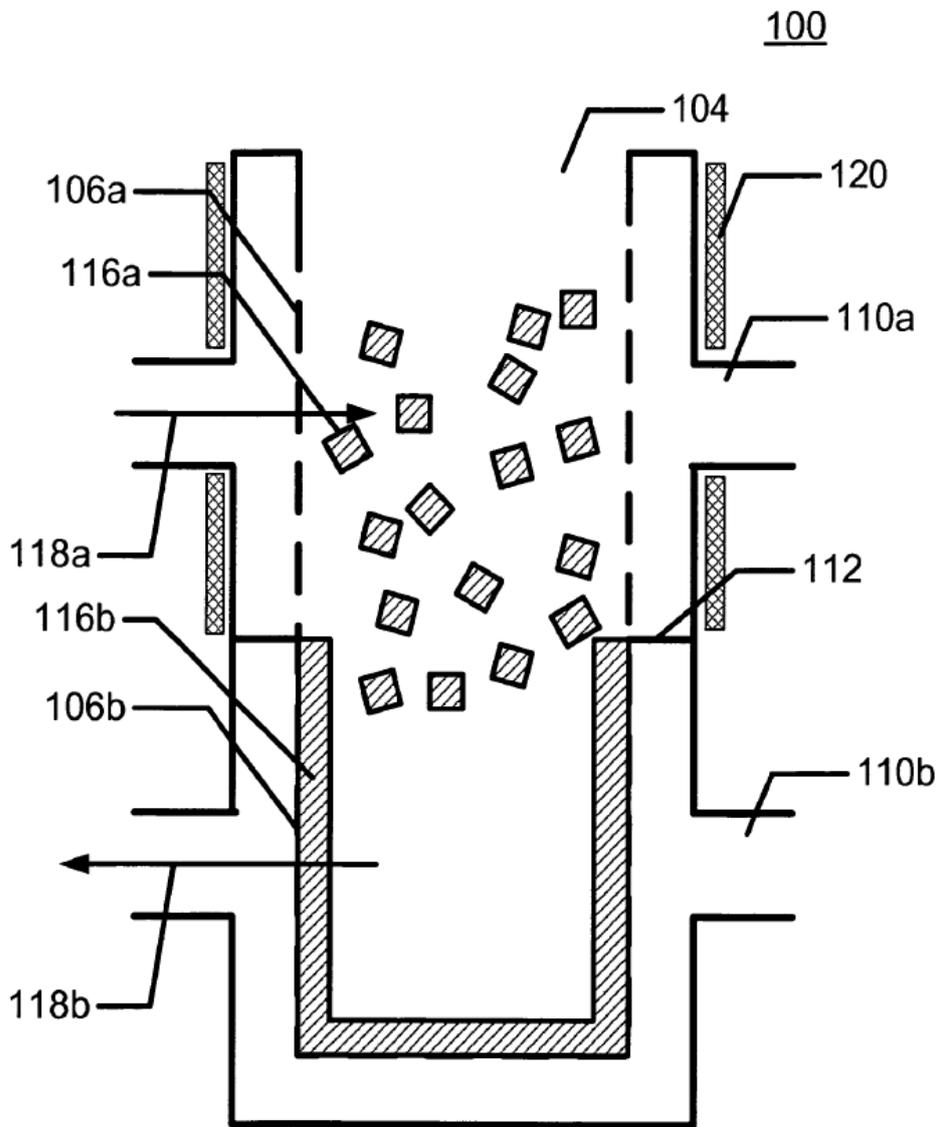


FIG. 3

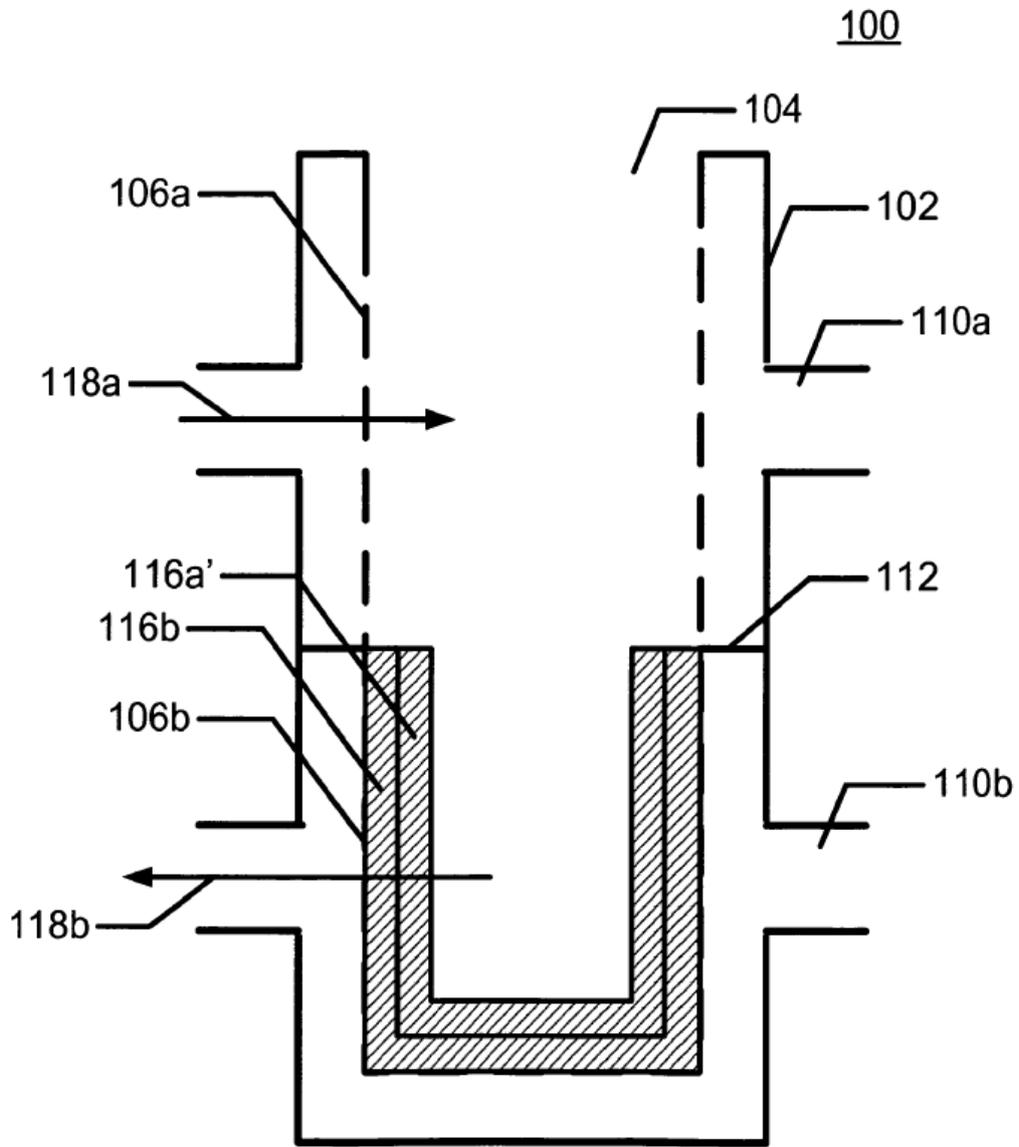


FIG. 4

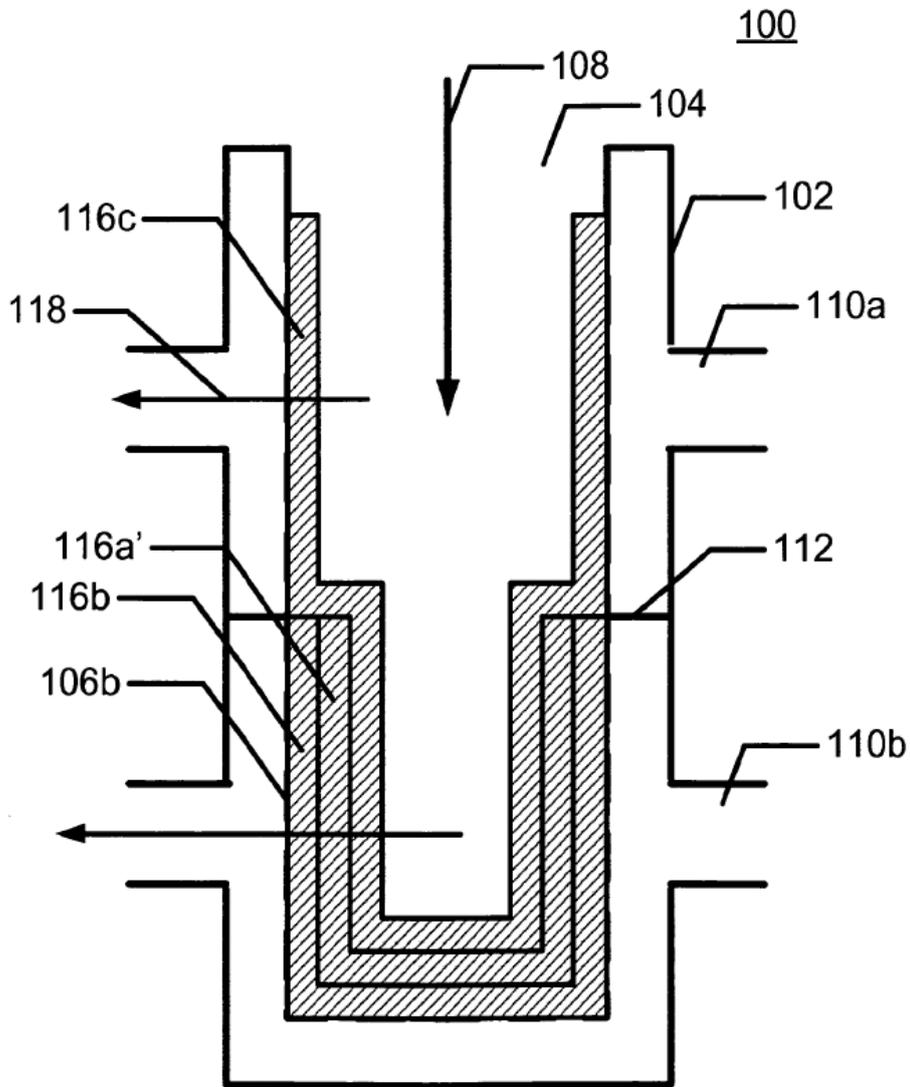


FIG. 5

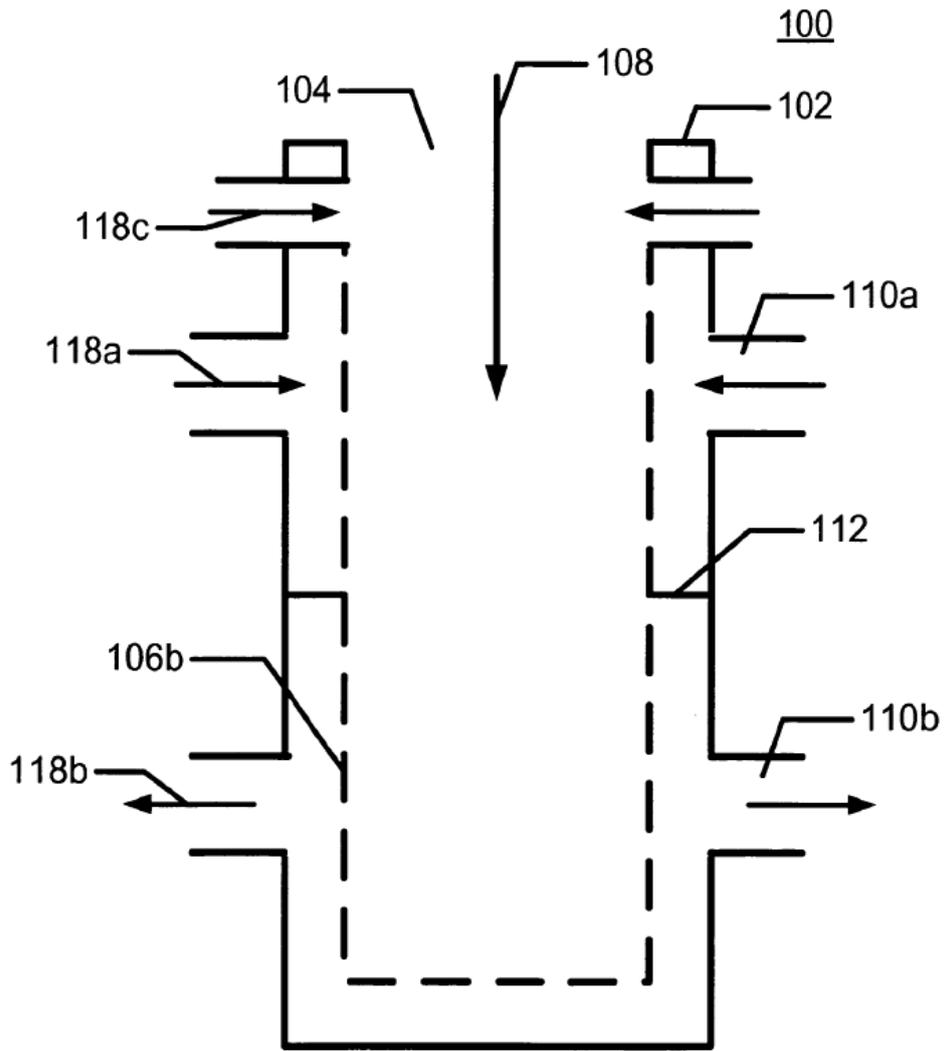
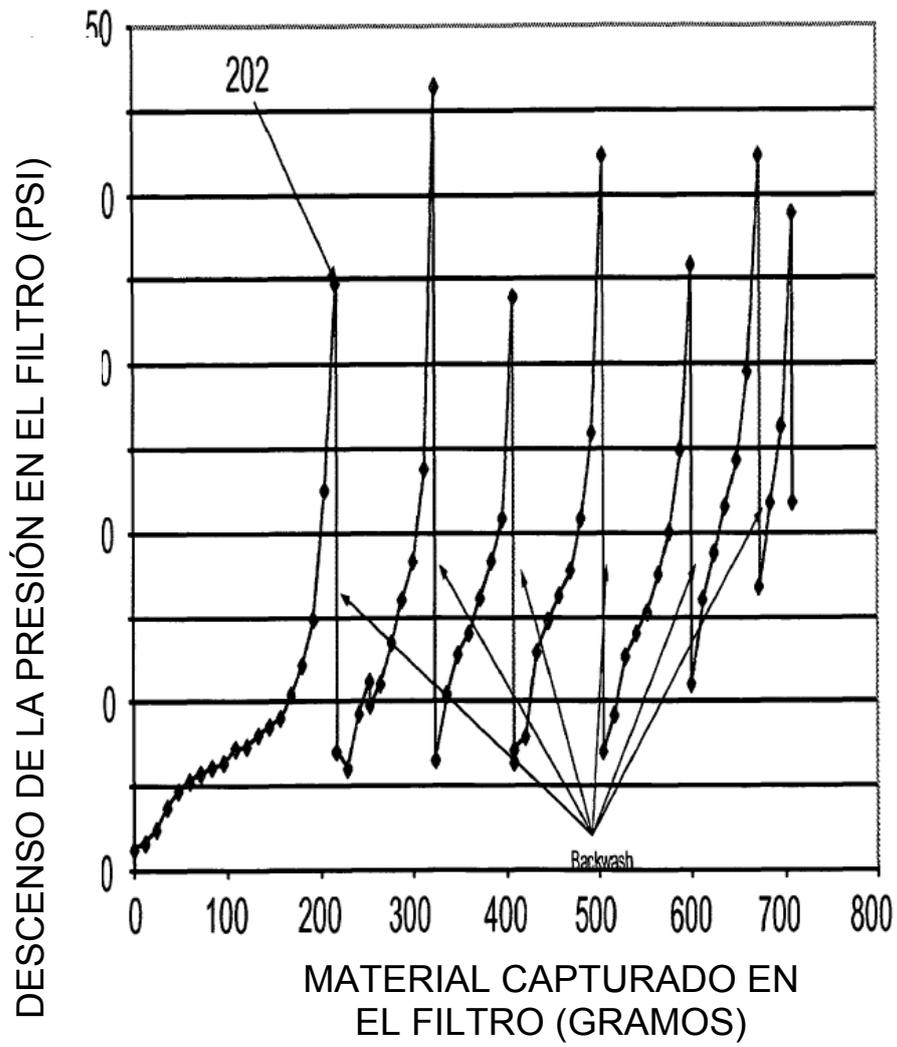


FIG. 6

200

FIG. 7



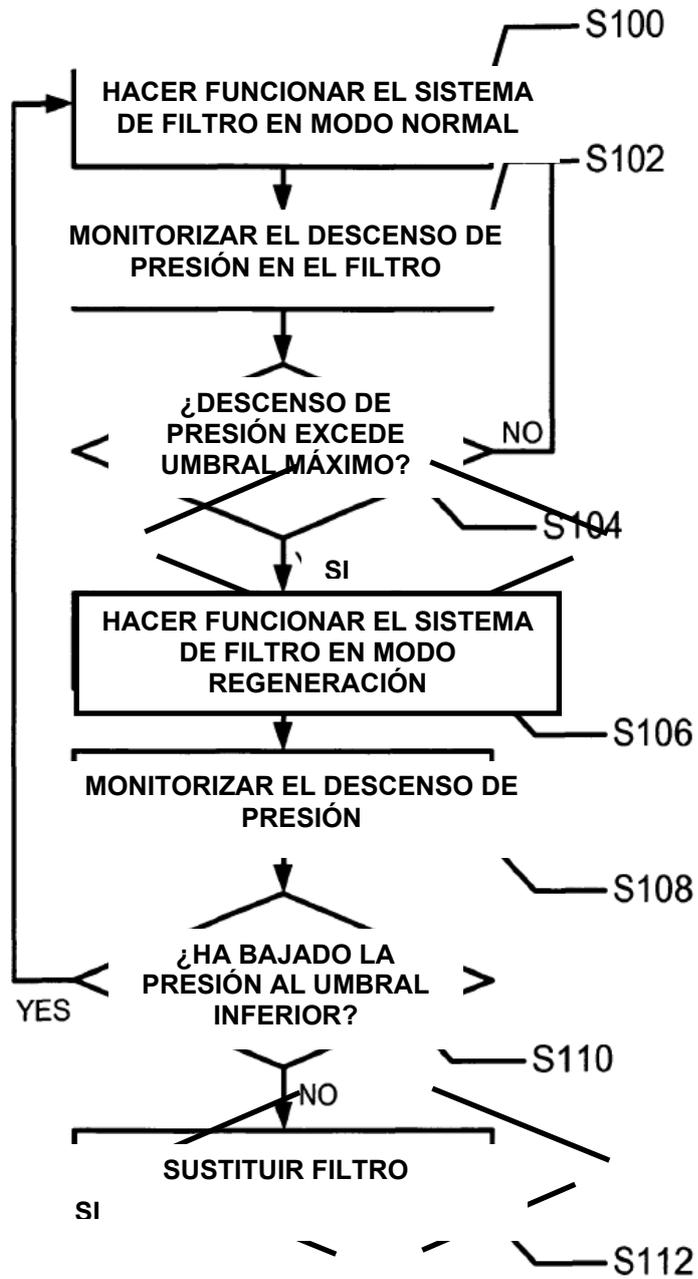


FIG. 8