



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 290 133**

51 Int. Cl.:  
**B01D 53/047** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **01935239 .2**

86 Fecha de presentación : **10.05.2001**

87 Número de publicación de la solicitud: **1283739**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **19.02.2003**

54 Título: **Procedimiento de adsorción por oscilación de presión de lechos múltiples.**

30 Prioridad: **10.05.2000 US 202898 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.02.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.02.2008**

73 Titular/es: **AIRSEP CORPORATION**  
**290 Creekside Drive**  
**Buffalo, New York 14228-2070, US**

72 Inventor/es: **McCombs, Norman, R. y**  
**Casey, Robert, E.**

74 Agente: **Carpintero López, Francisco**

ES 2 290 133 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

Procedimiento de adsorción por oscilación de presión de lechos múltiples.

5 Esta invención se refiere en general a aparatos concentradores de gas para separar mezclas de gases por adsorción por oscilación de presión ("PSA") y más particularmente a aparatos para la producción eficiente y silenciosa de oxígeno para diversos propósitos industriales, comerciales y/o médicos. Se reivindica la prioridad en la solicitud de patente provisional pendiente de tramitación N° 60/202.898, presentada el 10 de mayo de 2000.

### 10 Antecedentes de la invención

El tipo general y los principios de funcionamiento de la PSA, o adsorción por oscilación de presión, aparato del que se ocupa esta invención, se describen en las patentes de EE.UU. 3.564.816; 3.636.679; 3.717.974; 4.802.899; 5.531.807 y 5.871.564, entre otras. Por ejemplo, un aparato de adsorción por oscilación de presión puede incluir dos  
15 o más adsorbedores, teniendo cada uno un lecho de tamiz fijo de material adsorbente para fraccionar al menos un gas constituyente a partir de una mezcla gaseosa por adsorción dentro del lecho, cuando la mezcla gaseosa procedente de una corriente de alimentación es dirigida de manera secuencial a través de los adsorbedores en una dirección paralela. Mientras un adsorbedor realiza adsorción, simultáneamente se purga el gas constituyente adsorbido de otro adsorbedor mediante parte del gas producto que es extraído del primer adsorbedor o adsorbedor productor y dirigido a  
20 través del otro adsorbedor en una dirección contracorriente. Una vez que el otro adsorbedor está purgado, la corriente de alimentación es dirigida luego en un momento preestablecido hacia el otro adsorbedor en la dirección paralela, de manera que el otro adsorbedor realiza la adsorción. Después es purgado el primer adsorbedor, simultáneamente, o en otra secuencia de tiempo si hay más de dos adsorbedores, todo lo cual se entenderá a partir de una lectura de las patentes descritas anteriormente.

25 Cuando, por ejemplo, se usa tal aparato para producir una alta concentración de oxígeno procedente del aire ambiente para uso en diversas aplicaciones, ya sean médicas, industriales o comerciales, el aire que entra en el aparato contiene típicamente alrededor del 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno, 0,9% de argón, y una cantidad variable de vapor de agua. Principalmente, la mayoría de los aparatos para producir un producto gaseoso, el cual puede contener  
30 típicamente, para propósitos médicos, por ejemplo, al menos aproximadamente 80% de oxígeno.

### Resumen de la invención

Los aparatos de adsorción por oscilación de presión (aparatos "PSA" o "concentradores de oxígeno") que usan  
35 tres lechos de adsorción resultan conocidos. La patente de EE.UU. N° 3.738.087, por ejemplo, desvela uno de tales aparatos en el que se produce un gas de oxígeno concentrado por un ciclo de funcionamiento de PSA de nueve etapas. Mientras que el procedimiento descrito en esa patente proporciona una concentración útil de oxígeno, la presente invención proporciona un ciclo de funcionamiento de PSA de doce etapas nuevo e inventivo para un aparato de tres lechos que puede lograr las concentraciones requeridas de oxígeno para la(s) aplicación(es) deseada(s), todavía más  
40 productivo, más eficiente energéticamente, y de funcionamiento más silencioso que los sistemas de lechos múltiples conocidos. Esto se consigue al menos en parte por el ciclo de funcionamiento que incluye etapas en las que cada lecho se vuelve a presurizar y se purga principalmente mediante gases procedentes de lechos "no productivos" o "inactivos", en lugar de usando más del gas producto útil que es generado por el entonces lecho productivo o "activo".

### 45 Breve descripción de los dibujos

Los objetos precedentes y otros objetos, características y ventajas de la invención resultarán más evidentes a partir de la lectura de la siguiente descripción conjuntamente con los dibujos acompañantes de una realización preferida de la invención, en los que:

50 la Fig. 1 es una ilustración esquemática de un aparato de PSA según la invención;

la Fig. 2 es un diagrama que ilustra la secuencia y sincronización de las etapas para accionar un aparato de PSA según la invención;

55 la Fig. 3 es un diagrama que muestra la sincronización de las válvulas usadas para controlar el funcionamiento de un aparato de PSA según la invención;

60 la Fig. 4 es un gráfico que muestra los cambios de presión relevantes a lo largo del ciclo de funcionamiento del aparato de la Fig. 1; y

la Fig. 5 es una ilustración esquemática de una segunda realización de la invención y que incluye líneas desviadoras de gas producto opcionales para optimizar las funciones tanto de purga como de igualación de presión.

### 65 Descripción detallada de la realización preferida

Volviendo ahora a los dibujos y de acuerdo con la presente invención, en la Fig. 1 se muestra una realización, indicada en general como 20, de un aparato de adsorción por oscilación de presión, o de adsorción por oscilación, o

de PSA usado para fraccionar al menos un componente, concretamente nitrógeno, procedente de una mezcla gaseosa, generalmente pero no necesariamente aire ambiente, mediante adsorción por oscilación de presión. la mezcla gaseosa de aire rotulada como "AIRE" se suministra al aparato 20 a través de un filtro de partículas y vapor 21 de un resonador de admisión 58 para disminuir el ruido para la admisión de la corriente de alimentación. Desde el resonador 58, la corriente de alimentación continúa a través de la línea de fluido 106 por medio de una bomba o montaje compresor 24. El montaje compresor 24 que contiene el compresor de accionamiento eléctrico 110, el intercambiador de calor 108, y la válvula de alivio de presión 112 mueve selectivamente la corriente de alimentación a través de la línea de fluido 107 que está ramificada para dirigir la corriente de alimentación alternativamente y de manera secuencial a través de tres líneas de entrada 114a, 114b y 114c, respectivamente, por el funcionamiento secuencial de válvulas de alimentación correspondientes 116a, 116b y 116c.

Si, por ejemplo, la válvula de alimentación 116a está abierta, la corriente de alimentación entra por una entrada 82a de un primer adsorbedor A en una dirección "paralela", que en la Fig. 1 es la dirección ascendente. Mientras pasa a través de un lecho de tamiz 83a contenido en el adsorbedor A, la corriente de alimentación es fraccionada en la concentración deseada de gas producto en virtud de la parte sustancial de nitrógeno en la corriente de alimentación que ha sido adsorbida por el lecho de tamiz 83a, mientras que el resto de la corriente de alimentación, que está constituida, por ejemplo, por aproximadamente 95% de oxígeno, continúa como gas producto a través de la salida 84a del primer adsorbedor A. Como se describe en esta memoria descriptiva, un adsorbedor, mientras está produciendo el gas producto para entrega a un usuario del aparato, se denomina el lecho "activo" mientras que cada uno de los otros lechos se denomina un lecho "inactivo".

Cuando la presión interna en el adsorbedor A está a un nivel suficientemente alto, el volumen sustancial del gas producto que sale del adsorbedor A es dirigido luego a través de la línea 150a y una línea de suministro de producto común 150 hacia un montaje de control de flujo 68, que se ha de describir, para constituir parte del gas producto utilizable disponible para el usuario. Una válvula de retención 144a está colocada en la línea 150 para impedir el flujo de retorno de gas producto desde el montaje de control 68 hasta el adsorbedor A. También están provistas válvulas de retención correspondientes 114b y 144c para impedir el flujo de retorno dentro de los adsorbedores B y C. Las válvulas de retención 144a, 144b y 144c también son importantes porque ayudan a retrasar la entrega de gas producto desde sus adsorbedores respectivos a la línea de suministro 150 hasta que la presión de salida del adsorbedor respectivo es al menos tan alta como la presión de línea, funcionando de ese modo los lechos adsorbedores a presiones más altas y más eficientes.

Mientras el adsorbedor A está funcionando como el lecho activo, el adsorbedor B es un lecho inactivo pero aún está presurizado por haber sido el lecho activo antes que el adsorbedor A. Según la invención, una válvula de control de purga 136bc se abre para liberar el gas presurizado en el adsorbedor inactivo B para que circule a través la línea desviadora correspondiente 132bc y en una dirección a contracorriente a través de la salida 84c del lecho adsorbedor inactivo C tanto para completar la purga como para comenzar la renovación de presurización del adsorbedor C, cuya purga ha comenzado inmediatamente antes de que el adsorbedor A se haya convertido en el adsorbedor activo.

Al final de la parte del ciclo de funcionamiento en la que el adsorbedor A es el lecho activo, una parte del gas producto producido por el adsorbedor A también es desviada al adsorbedor inactivo C a través de la línea desviadora 132ac abriendo la válvula de control de purga 136ac, para continuar la presurización del adsorbedor C. En la misma secuencia de tiempo, se cierra la válvula de control de purga 136bc y se abre una válvula de descarga 120b para hacer que la presión remanente en el adsorbedor B descargue su nitrógeno adsorbido saliendo por la entrada 82b y que se descargue a través de la línea 90b, como se muestra en la Fig. 1 como ESCAPE, a la atmósfera a través de un amortiguador de sonido o silenciador 126 apropiado.

Igualmente, dependiendo de cómo se controle la secuencia de aperturas de válvulas por un microcontrolador apropiado (no mostrado), los lechos adsorbedores C y B se convierten en secuencia en los lechos activos para producir gas producto en los lechos de tamiz 83c y 83b por la apertura secuencial de las válvulas de alimentación correspondientes 116c y 116b en las líneas 114c y 114b, respectivamente, y el procedimiento se repite en la secuencia y para el ciclo tal como se describirá.

Para controlar el volumen de gas producto desviado que circula a través de las líneas 132, hay provistos orificios de purga correspondientes 140ab, 140ac y 140bc que tienen aberturas cuyo tamaño puede ser ajustado para fijar el volumen y flujo deseados de gas producto en la dirección contracorriente a través de los adsorbedores. Como se muestra en una segunda realización en la Fig. 5, también es posible ajustar la velocidad de igualación de presión entre adsorbedores añadiendo válvulas bidireccionales de sincronización controlada separadas 156ab, 156ac, 156bc en las líneas 152ab, 152bc, 152ac en paralelo con cada una de las líneas desviadoras 132ab, 132bc, 132ac. En esta segunda realización, cada una de las válvulas 136 se abre selectivamente cuando su adsorbedor correspondiente está siendo purgado, pero se cierra y la válvula correspondiente 156 se abre con los orificios correspondientes 153ab, 153ac y 153bc de un tamaño para optimizar las etapas de igualación de presión apropiadas cuando la purga está terminada y está siendo renovada la presurización del adsorbedor. Alternativamente, las líneas desviadoras paralelas 152ab, 152bc, 152ac en la segunda realización pueden usarse, para ciertas capacidades de PSA, para complementar a las líneas desviadoras 132ab, 132bc, 132ac, en cuyo caso las válvulas 136 no se cierran durante la etapa de igualación, sino que en vez de eso los orificios 153ab, 153ac y 153bc son de un tamaño para complementar el flujo a través los orificios de purga 140ab, 140ac y 140bc añadiendo la cantidad apropiada de flujo adicional para etapas de purga o igualación que requerirán el mayor caudal para ese diseño de PSA.

El montaje de control de flujo 68, que recibe la parte utilizable del gas producto producido por los tres adsorbedores A, B y C, puede incluir un tanque mezclador 154, un componente de bloque de prueba 169, un regulador de presión 170, una válvula controladora de flujo convencional 92, válvulas de retención 190a, un filtro de bacterias convencional 198 y un conector de salida 100. El tanque mezclador 154 puede usarse para dar una media del gas producto a la concentración deseada. Una vez a través del tanque mezclador 154, el gas producto es dirigido bajo presión a través de la línea 167 y monitorizado por el regulador de presión 170 hasta que llega a la válvula controladora de flujo 92. El caudal de gas producto es controlado luego independientemente por la válvula controladora de flujo 92 para continuar a través de las líneas 172 y la válvula de retención 190a hasta el conector de salida 100. También se muestra una válvula de retención 190b por la que puede acoplarse al aparato un suministro de gas alternativo o complementario o producto medicinal presurizado.

Cuando cada adsorbedor está saturado de nitrógeno, funciona la secuencia de las válvulas para cerrar primero su válvula de alimentación respectiva 116 para causar una caída de presión en, o despresurización de, el adsorbedor a medida que el resto del gas producto generado sale de ese adsorbedor. Una vez que está parcialmente despresurizado, se abre la válvula de evacuación o de salida 120 para ese adsorbedor, y luego, mediante las secuencias de válvulas apropiadas, se hace que parte del gas producto producido en otro de los adsorbedores inactivos en un estado de presurización renovada circule en la dirección contracorriente para purgar el primer adsorbedor, para acondicionar de nuevo el primer adsorbedor para producir gas producto de oxígeno concentrado en la secuencia apropiada en el siguiente ciclo de funcionamiento.

Como resultará evidente a continuación para los expertos en la materia, cada adsorbedor A, B y C comprende un recipiente sustancialmente alargado acoplado a una estructura de soporte adecuada y tiene una cavidad interior que está sustancialmente rellena de un lecho de material de adsorción adaptado para adsorber nitrógeno del aire desviado a través del mismo. Además, las entradas 82a, 82b, 82c y las salidas 84a, 84b, 84c, respectivamente, de cada adsorbedor están en comunicación fluida entre sí a través del lecho de material de adsorción. Por lo tanto, la corriente de alimentación de aire dirigido dentro de cada entrada de adsorbedor 82 en la dirección paralela está expuesta al material de adsorción, por el que se adsorbe nitrógeno del aire. Para regenerar el adsorbedor, el gas producto desviado que circula en la dirección contracorriente (hacia abajo tal como se muestra en la Fig. 1) hace que el nitrógeno adsorbido sea liberado por el material de adsorción y sea descargado a la atmósfera desde el adsorbedor correspondiente a través de su entrada respectiva 82 y la línea de descarga correspondiente 90a, 90b, 90c cuando se abre su válvula de evacuación 120a, 120b, 120c.

Los lechos de adsorción de los adsorbedores A, B y C pueden estar compuestos de cualquiera de varios materiales adsorbentes adecuados, como un material de tamiz molecular conocido como silicato de aluminio y sodio con, por ejemplo, un tamaño de lecho de malla 20/40. Característicamente, el tipo y cantidad del material adsorbente se seleccionan para adsorber la cantidad apropiada de nitrógeno del aire procesado en el adsorbedor correspondiente A, B y C para producir al gas oxígeno producto en la concentración deseada.

En las realizaciones mostradas, cada uno de los lechos adsorbentes para una aplicación médica puede ser de aproximadamente 0,254 m (10,0 pulgadas) de longitud y 0,0762 m (3,0 pulgadas) de diámetro, pesando cada uno de los materiales de tamiz aproximadamente 649 gramos. Preferentemente, los lechos están apretados por muelle para no “fluidificar” cuando los lechos están en sus etapas de despresurización o igualación de presión. La corriente de alimentación de aire se proporciona a aproximadamente 0,0996 m<sup>3</sup> (1,071 scfm), y las aberturas de los orificios en las líneas de purga se establecen a aproximadamente 1,32 mm (0,052 pulgadas). Como puede observarse, cuando se abre una válvula de control de purga respectiva 136ab, 136ac, o 136bc, se inicia una fase de “purga automática” para el adsorbedor A, B o C que recibe gas de salida procedente de otro de los adsorbedores, y el tamaño del orificio determinará la velocidad de igualación de presión de los lechos afectados por la válvula de purga abierta. Alternativamente, puede ser posible dimensionar apropiadamente los asientos de las válvulas de purga 136 para que funcionen tanto como válvula de purga como orificio de purga, y en el caso de la realización de la Fig. 5, también dimensionar apropiadamente las válvulas 156 para eliminar los orificios 153.

Como se indicó antes, resulta conocido usar aparatos de PSA para usos médicos con dos lechos adsorbentes, en los que sólo uno de los adsorbentes realiza adsorción en un momento cualquiera mientras que el otro adsorbedor es sometido a regeneración. Como tales aparatos para usos médicos son en muchas circunstancias o bien demasiado grandes o no suficientemente silenciosos, hemos resuelto el problema mediante la introducción de un tercer lecho adsorbedor e inventando una secuencia y sincronización correctas, como se muestra en las Figs. 2 y 3, de un mínimo de válvulas de accionamiento y orificios de control para permitir el uso de tres lechos de menor tamaño.

Como se muestra por la Fig. 2, se acciona un aparato de PSA de tres lechos según nuestra invención para proporcionar aproximadamente 3 litros por minuto de gas concentrado al 93% de oxígeno en ciclos de funcionamiento de doce etapas secuenciales cada uno. En cada uno de tales ciclos, la etapa 1 (tal como se muestra, de aproximadamente 0,5 s de duración), tiene lugar estando abiertas las válvulas 116a, 136ab y 120c. Durante la etapa 1, la presurización del adsorbedor A está siendo renovada de aproximadamente 62,10 MPa (9 psi) a aproximadamente 96,5 MPa (14 psi), tanto por gas producto desviado de presión más alta entregado en la dirección contracorriente procedente del adsorbedor B como por la corriente de alimentación en la dirección paralela procedente de la línea 114a. Al mismo tiempo, estando cerrada la válvula de alimentación 116b y sin proporcionarse más aire de corriente de alimentación al adsorbedor B a través de la válvula cerrada 116b, el adsorbedor B está en proceso de ser despresurizado desde aproximadamente 155 MPa (22,5 psi) hasta aproximadamente 138 MPa (20 psi). Al mismo tiempo, y estando abierta la

## ES 2 290 133 T3

válvula de evacuación 120c, el adsorbedor C (que comenzó antes su despresurización después de haber entregado gas producto procedente de un ciclo anterior) está en proceso de completar su despresurización desde aproximadamente 17,2 MPa (2,5 psi) hasta aproximadamente 6,89 MPa (1,0 psi).

5 En la siguiente etapa 2, durante aproximadamente 1,20 segundos y según la invención, las válvulas 116a, 136bc y 120c están abiertas. Mediante esta secuencia de válvulas, el adsorbedor activo A sigue renovando la presurización hasta aproximadamente 148 MPa (21,5 psi) mientras que comienza a suministrar gas producto a la línea 150, y sustancialmente al mismo tiempo, el adsorbedor inactivo B está siendo despresurizado a través del adsorbedor C en el que el gas producto restante procedente del adsorbedor B es desviado al adsorbedor C a través de la válvula 136bc para circular en la dirección contracorriente a través del adsorbedor C para purgar y descargar el nitrógeno previamente adsorbido en el adsorbedor C. A partir de esta etapa 2, puede observarse que la entrega de gas producto se retrasa hasta que se consigue una presión más alta, lo cual tiene como resultado una pureza aún más constante en el gas producto.

15 En la etapa 3, durante aproximadamente 1,0 segundo, la válvula de descarga 120c está cerrada. El adsorbedor A sigue suministrando gas producto mientras que el adsorbedor B continúa su despresurización a aproximadamente 9,0 psi y sigue suministrando gas producto al adsorbedor C para renovar la presurización del adsorbedor C a aproximadamente 34,5 MPa (5,0 psi).

20 En la etapa 4, durante aproximadamente 0,8 segundos, estando abiertas las válvulas 116a, 136ac y 120b, el adsorbedor A sigue suministrando gas producto a la línea 150 mientras algo de ese gas es desviado ahora al adsorbedor C para continuar la renovación de presurización de éste. Con sólo la válvula 120b abierta para el adsorbedor B, se descarga algo de los gases restantes en el adsorbedor B a través de la válvula 120b para reducir su presión interna a aproximadamente 17,2 MPa (2,5 psi).

25 Como puede observarse ahora, durante las primeras cuatro etapas del ciclo de funcionamiento, el adsorbedor A es el adsorbedor activo principalmente para suministrar el gas producto, el adsorbedor inactivo B se usa principalmente para purgar nitrógeno de y renovar la presurización del adsorbedor inactivo C mientras el adsorbedor C completa su ciclo de purga y comienza a renovar su presurización.

30 Igualmente, en las etapas 5 a 8, y en la misma secuencia de etapas sincronizadas y aperturas de válvulas correspondientes, el adsorbedor C es el adsorbedor activo que suministra principalmente el gas producto a la línea de salida 150, mientras que el gas producto restante en el adsorbedor presurizado y ahora inactivo A es desviado al adsorbedor B para purgar el nitrógeno adsorbido del adsorbedor B y comenzar la renovación de presurización de éste.

35 En las etapas finales 9 a 12, de nuevo con sincronizaciones similares y secuencias de válvulas correspondientes, el adsorbedor B es el adsorbedor activo, el gas presurizado procedente del adsorbedor C ahora inactivo es desviado en la dirección contracorriente para purgar el adsorbedor inactivo A y comenzar la renovación de presurización de éste.

40 Después se repite la secuencia de doce etapas a través de ciclos de funcionamiento continuados del aparato.

La Fig. 3 es otra ilustración de la secuencia sincronizada de aperturas de válvulas (mostradas en negro) para las diversas válvulas usadas para controlar el aparato de PSA de tres lechos según nuestra invención. La Fig. 4 ilustra a su vez los cambios de presión en cada uno de los adsorbedores A, B y C durante el ciclo de doce etapas, así como las presiones que pueden actuar en la línea de suministro de corriente de alimentación 107 en el punto de prueba 124 y del gas producto en el controlador de flujo 68 en el punto de prueba 169 antes del regulador 170.

45 Como puede observarse a partir de las Figs. 2 y 4, la realización preferida, cuando funciona a aproximadamente 3 litros por minuto (1pm) tendrá como resultado gas producto de aproximadamente 93% de concentración de oxígeno que se entrega desde los tres adsorbedores hasta el montaje de control 68 bajo una presión de al menos aproximadamente 131 MPa (19 psi) y de hasta aproximadamente 165 MPa (24 psi) de alta. Por tanto, puede recuperarse para el gas producto al menos aproximadamente el 43-45% del oxígeno de la corriente de alimentación de aire ambiente, mientras que un concentrador de oxígeno típico de 2 lechos recuperará sólo aproximadamente el 30-35% del oxígeno suministrado del aire. La mayor eficiencia es posible en parte porque los adsorbedores en nuestro sistema de 3 lechos pueden despresurizar a aproximadamente 62,1 MPa (9 psi), mientras que un sistema típico de 2 lechos requiere al menos aproximadamente 124,2 MPa (18 psi) para despresurizar. La eficiencia energética se incrementa aún más porque la presión de despresurización más baja requiere sólo un silenciador menor. Por otra parte, un sistema típico de 2 lechos entrega gas producto a sólo aproximadamente 89,6 MPa (13 psi), o como mucho aproximadamente 68,9 MPa (10 psi) menos que nuestro sistema de 3 lechos.

60 Para mantener caudales nominales de producto superiores o inferiores en un concentrador de oxígeno según nuestra invención, es posible cambiar las dimensiones físicas de los lechos adsorbedores, es decir, sus diámetros y longitudes, y ajustar el caudal del suministro de aire y los tamaños de los orificios de purga. Los tiempos de funcionamiento para cada una de las doce etapas en los ciclos de funcionamiento se incrementarán o reducirán correspondientemente, pero el número de etapas en cada ciclo y la función de cada etapa permanecerán sin cambios. Un criterio relevante al determinar el tamaño de lecho radica en mantener una caída de presión de aproximadamente 6,89 MPa (1 psi) por toda la longitud del lecho. De este modo, también es posible construir un concentrador de oxígeno según la invención con rendimientos nominales de salida superiores, como por ejemplo a presiones de entrega de producto de aproximadamente 345 MPa (50 psi) usadas para quirófanos y salas de anestesia y para uso como respiradores.

Usando el procedimiento según nuestra invención, puede construirse un aparato de PSA para una gran variedad de propósitos y en una gran variedad de parámetros de funcionamiento y atmósferas de funcionamiento. Es particularmente útil en aplicaciones médicas debido a su eficiencia y funcionamiento silencioso. El intervalo de funcionamiento puede estar en presiones de funcionamiento que tienen un mínimo de menos de 68,9 MPa (10 psi) a un máximo de aproximadamente 689 MPa (100 psi), con tiempos de ciclo de aproximadamente 3 segundos a aproximadamente 3 minutos, y que producen un gas producto con una concentración de oxígeno de aproximadamente el 38% a aproximadamente el 96%. La invención también permite que el aparato sea accionado a presiones más altas, lo que hace a los lechos adsorbedores incluso más efectivos.

También puede ser posible usar sólo dos lechos al usar el procedimiento según la invención, en la que el gas de purga es proporcionado por un tanque de suministro en lugar de por un adsorbedor inactivo y el tanque de suministro es rellenado por el exceso de gas producto. Sin embargo, un sistema de lechos múltiples con tres lechos será hasta el 40% más eficiente y, como se observa en la Fig. 4, suministrará el gas producto a una concentración de oxígeno más constante a lo largo del ciclo de funcionamiento, proporcionando así un diseño que puede eliminar la necesidad de un tanque mezclador para dar una media de la concentración.

Aunque el aparato según nuestra invención sólo se muestra esquemáticamente, los expertos en la materia podrán, a partir de la descripción de nuestra invención tal como se proporciona en este documento, producir un aparato de PSA de lechos múltiples usando componentes y controles de fluido, eléctricos y electrónicos convencionales como los que son perfectamente conocidos en la técnica. Además, los expertos en la materia podrán incluir indicadores visuales conocidos y características de seguridad comunes a tal aparato cuando se usa para propósitos médicos monitorizados o sin monitorizar. Si también se desea poder controlar variablemente la concentración de oxígeno en el gas producto entonces también puede ser posible incorporar a la invención un conjunto segundos bucles de purga ajustables en paralelo con las líneas 132ab, 132ac y 132bc, no mostrados pero descritos en la patente de EE.UU. N° 5.871.564.

El funcionamiento del concentrador de oxígeno 20 puede comprenderse examinando la secuenciación de los medios de válvula del concentrador 20 como se ilustra en las Figs. 2 y 3. En el arranque del aparato, todas las válvulas 116, 120 y 136 están abiertas para eliminar cualquier contrapresión y luego se dejan abiertas o cerradas en la secuencia mostrada en la Fig. 3 a través de un mecanismo de sincronización de conmutadores convencionales y conmutadores relé impresos, por ejemplo, en un circuito programable (no mostrado). Cada una de las válvulas de alimentación, evacuación, e igualación es preferentemente una válvula de tipo solenoide sensible a un encendido o desconexión de energía de la válvula. Por tanto, las operaciones de producción de producto y regeneración son controladas automáticamente en el concentrador 20 controlando automáticamente la cantidad de tiempo que se abren y se cierran cada una de las válvulas de alimentación, evacuación, e igualación.

El mecanismo de sincronización usado para controlar las válvulas puede diseñarse usando circuitos y conmutadores convencionales conocidos por los profesionales expertos, con la energía para el compresor, conmutadores y válvulas proporcionada por una conexión eléctrica adecuada, y en caso de emergencia, con una unidad de batería de reserva.

Como resultará evidente en lo sucesivo, el aparato 20 está descrito e ilustrado específicamente en relación con la aplicación de adsorción por oscilación de presión al fraccionamiento de aire para producir una corriente rica en oxígeno. Por tanto, la corriente de alimentación usada para el aparato 20 es aire atmosférico comprimido. Aunque la presente descripción está limitada a la producción de concentración deseada de gas producto de oxígeno, resulta evidente que los profesionales expertos podrían usar este aparato de adsorción por oscilación de presión para producir otros gases productos también.

Se comprenderá así que pueden hacerse diversas modificaciones y sustituciones a las realizaciones descritas sin apartarse del espíritu de la invención. Por ejemplo, es posible incluir válvulas de solenoide temporizadas en las líneas 150a, b, c en lugar o además de válvulas de retención 144a, b, c para controlar la sincronización y entrega de gas producto desde cada uno de los adsorbedores hasta la línea 150. En consecuencia, la realización descrita está pensada para propósitos de ilustración y no como limitación.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de producción de un gas producto concentrado procedente de una mezcla de gas de alimentación en un aparato de adsorción por oscilación de presión que comprende tres lechos adsorbedores (A, B, C), para adsorber al menos un gas constituyente procedente de la mezcla de gas de alimentación y en el que el gas producto utilizable entregado a una salida (100) del aparato se produce en ciclos suministrando la mezcla de gas de alimentación de manera secuencial en una dirección paralela a través de cada uno de los lechos adsorbedores para adsorber al menos una parte sustancial del gas constituyente y del gas constituyente adsorbido de purga mediante gas presurizado suministrado en una dirección contracorriente, incluyendo la mejora en la que el gas producto se produce en ciclos de doce etapas cada uno las etapas de (a) renovar parcialmente la presurización de un primer lecho de los lechos adsorbentes usando gas presurizado procedente de un segundo lecho adsorbedor no produciendo o entregando luego el gas producto utilizable a la salida, después de completar en cada ciclo la etapa de purgar el gas constituyente adsorbido por el primer lecho adsorbedor (etapas 3, 7, 11), (b) continuar la renovación de presurización parcial del primer lecho adsorbedor usando gas producto presurizado procedente del tercer lecho adsorbedor produciendo luego el gas producto utilizable (etapas 4, 8, 12) y (c) continuando luego la presurización del primer lecho adsorbedor a partir del tercer lecho adsorbedor después de que el tercer lecho adsorbedor ya no está entregando gas producto a la salida (etapas 5, 9, 1).

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la mejora comprende establecer un ciclo secuencial con cada uno de los lechos adsorbedores a través de etapas de renovar la presurización del primer lecho adsorbedor desde una presión mínima hasta una presión máxima y comenzar la entrega del gas producto sólo después de que el primer lecho adsorbedor está presurizado a un nivel intermedio al de las presiones mínima y máxima (etapas 6, 10, 2).

3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la renovación de presurización en las etapas (b) y (c) comprende desviar una parte del gas producto utilizable cuando el tercer lecho adsorbedor ha alcanzado sustancialmente una presión máxima, después terminar tanto la alimentación de gas de alimentación hacia y la entrega del gas producto utilizable desde el tercer lecho adsorbedor, desviando mientras tanto al menos algo de gas producto restante en el tercer lecho adsorbedor hacia el primer lecho adsorbedor.

4. El procedimiento según la reivindicación 3, y que además comprende la etapa de volver a desviar gas producto desde el tercer lecho adsorbedor hasta el segundo lecho adsorbedor, después de que el primer lecho adsorbedor haya alcanzado una presión intermedia, para terminar de purgar del segundo lecho adsorbedor el gas constituyente adsorbido (etapas 6, 10, 2).

5. El procedimiento según la reivindicación 1 para producir un gas de oxígeno concentrado a partir de aire ambiente en el que los lechos adsorbedores contienen material adsorbente de nitrógeno y suministran gas de oxígeno concentrado a una salida del aparato, comprendiendo las doce etapas:

(a) suministrar aire ambiente a través del primer lecho adsorbedor en una dirección paralela para adsorber al menos una cantidad sustancial del nitrógeno del aire ambiente y entregando el resto del aire ambiente como gas producto de oxígeno concentrado a la salida del aparato, incrementando mientras tanto la presión de gas en el primer lecho adsorbedor hasta una presión de funcionamiento elevada, y dirigir sustancialmente de manera simultánea gas producto presurizado desde el tercer lecho adsorbedor para que sea suministrado en una dirección contracorriente a través del segundo lecho adsorbedor para comenzar un procedimiento de renovación de presurización del segundo lecho adsorbedor mientras el tercer lecho adsorbedor se está despresurizando y mientras se está completando una etapa de purgar del segundo lecho adsorbedor el nitrógeno adsorbido (etapa 6);

(b) continuar el procedimiento de renovar la presurización del segundo lecho adsorbedor con gas producto procedente del tercer lecho adsorbedor y después de que se termine la etapa de purgar del segundo lecho adsorbedor el nitrógeno adsorbido (etapa 7);

(c) permitir luego que el primer lecho adsorbedor comience la despresurización desde una presión de funcionamiento elevada mientras se continúa entregando gas producto desde el primer lecho adsorbedor a la salida del aparato desviando una parte del gas producto desde el primer lecho adsorbedor hasta el segundo lecho adsorbedor para continuar la renovación de presurización del segundo lecho adsorbedor, y continuando sustancialmente de manera simultánea la despresurización del tercer lecho adsorbedor haciendo mientras tanto que el nitrógeno adsorbido en el tercer lecho adsorbedor sea purgado y descargado del aparato (etapa 8);

(d) cambiar el suministro de aire ambiente del primer lecho adsorbedor al segundo lecho adsorbedor para continuar la renovación de presurización del segundo lecho adsorbedor tanto por el aire ambiente como desde el primer lecho adsorbedor (etapa 9);

(e) continuar luego el suministro de aire ambiente a través del segundo lecho adsorbedor en la dirección paralela para adsorber al menos una cantidad sustancial del nitrógeno del aire ambiente y entregar el resto del aire ambiente como gas producto de oxígeno concentrado a la salida del aparato, incrementando mientras tanto más la presión de gas en el segundo lecho adsorbedor hasta una presión de funcionamiento elevada, y dirigir sustancialmente de manera simultánea el gas producto presurizado desde el primer lecho adsorbedor para que sea suministrado en una

## ES 2 290 133 T3

dirección contracorriente a través del tercer lecho adsorbedor para comenzar un procedimiento de renovación de presurización del tercer lecho adsorbedor mientras el primer lecho adsorbedor se está despresurizando y mientras se está completando una etapa de purgar del tercer lecho adsorbedor el nitrógeno adsorbido (etapa 10);

5 (f) continuar el procedimiento de renovar la presurización del tercer lecho adsorbedor con gas producto procedente del primer lecho adsorbedor y después de que se termine la etapa de purgar del tercer lecho adsorbedor el nitrógeno adsorbido (etapa 11);

10 (g) permitir luego que el segundo lecho adsorbedor comience la despresurización desde la presión de funcionamiento elevada siguiendo entregando mientras tanto gas producto desde el segundo lecho adsorbedor a la salida del aparato pero desviando una parte del gas producto desde el segundo lecho adsorbedor hasta el tercer lecho adsorbedor para continuar la renovación de presurización del tercer lecho adsorbedor, y continuar sustancialmente de manera simultánea la despresurización del primer lecho adsorbedor haciendo mientras tanto que el nitrógeno adsorbido en el primer lecho adsorbedor sea purgado y descargado del aparato (etapa 12);

15 (h) cambiar el suministro de aire ambiente desde el segundo lecho adsorbedor hacia el tercer lecho adsorbedor para continuar la renovación de presurización del tercer lecho adsorbedor tanto por el aire ambiente como desde el segundo lecho adsorbedor (etapa 1);

20 (i) continuar luego el suministro de aire ambiente a través del tercer lecho adsorbedor en la dirección paralela para adsorber al menos una cantidad sustancial del nitrógeno del aire ambiente y entregar el resto del aire ambiente como gas producto de oxígeno concentrado a la salida del aparato, incrementando más mientras tanto la presión de gas en el tercer lecho adsorbedor hasta una presión de funcionamiento elevada, y dirigir sustancialmente de manera simultánea gas producto presurizado desde el segundo lecho adsorbedor para que sea suministrado en una dirección

25 contracorriente a través del primer lecho adsorbedor para comenzar un proceso de renovación de presurización del primer lecho adsorbedor mientras el segundo lecho adsorbedor se está despresurizando y mientras se está completando una etapa de purgar del primer lecho adsorbedor el nitrógeno adsorbido (etapa 2);

30 (j) continuar el procedimiento de renovar la presurización del primer lecho adsorbedor con gas producto procedente del segundo lecho adsorbedor y después de que se termine la etapa de purgar del primer lecho adsorbedor el nitrógeno adsorbido (etapa 3);

35 (k) permitir luego que el tercer lecho adsorbedor comience la despresurización desde la presión de funcionamiento elevada siguiendo entregando mientras tanto gas producto desde el tercer lecho adsorbedor a la salida del aparato pero desviando una parte del gas producto desde el tercer lecho adsorbedor hacia el primer lecho adsorbedor para continuar la renovación de presurización del primer lecho adsorbedor, y continuar sustancialmente de manera simultánea la despresurización del segundo lecho adsorbedor haciendo mientras tanto que el nitrógeno adsorbido en el segundo lecho adsorbedor sea purgado y descargado del aparato (etapa 4);

40 (l) cambiar el suministro de aire ambiente desde el tercer lecho adsorbedor hacia el primer lecho adsorbedor para continuar la renovación de presurización del primer lecho adsorbedor tanto por el aire ambiente como desde el tercer lecho adsorbedor (etapa 5); y

45 (m) repetir luego las etapas (a) a (l) según se necesite para continuar la entrega de gas de oxígeno concentrado a la salida del aparato.

6. El procedimiento según la reivindicación 5, en el que las doce etapas son controladas accionando válvulas, usando cada una de las etapas (a), (e) y (i) una válvula de alimentación (116) abierta a uno de los lechos adsorbedores (A, B, C) para entregar aire ambiente a ese lecho, una válvula de igualación (136) abierta entre los otros dos lechos para renovar la presurización de uno de los otros dos lechos mediante el segundo de los otros dos lechos, y una válvula de evacuación (120) abierta al primero de los otros dos lechos; usando cada una de las etapas (b), (f) y (j) la válvula de alimentación abierta al primer lecho, y la válvula de igualación abierta entre los otros dos lechos; usando cada una de las etapas (c), (g) y (k) la válvula de suministro de aire ambiente abierta al primer lecho, una válvula de igualación abierta entre el primer lecho y el primero de los otros dos lechos para continuar la renovación de presurización del primero de los otros dos lechos, y una válvula de evacuación abierta al segundo de los otros dos lechos; y usando cada una de las etapas (d), (h) y (l) una válvula de suministro de aire ambiente abierta al primero de los otros dos lechos y una válvula de igualación abierta entre el primer lecho y el primero de los otros dos lechos para incrementar la presión en el primero de los otros dos lechos hacia la salida, y permaneciendo abierta la válvula de evacuación abierta al segundo de los otros dos lechos.

60

65



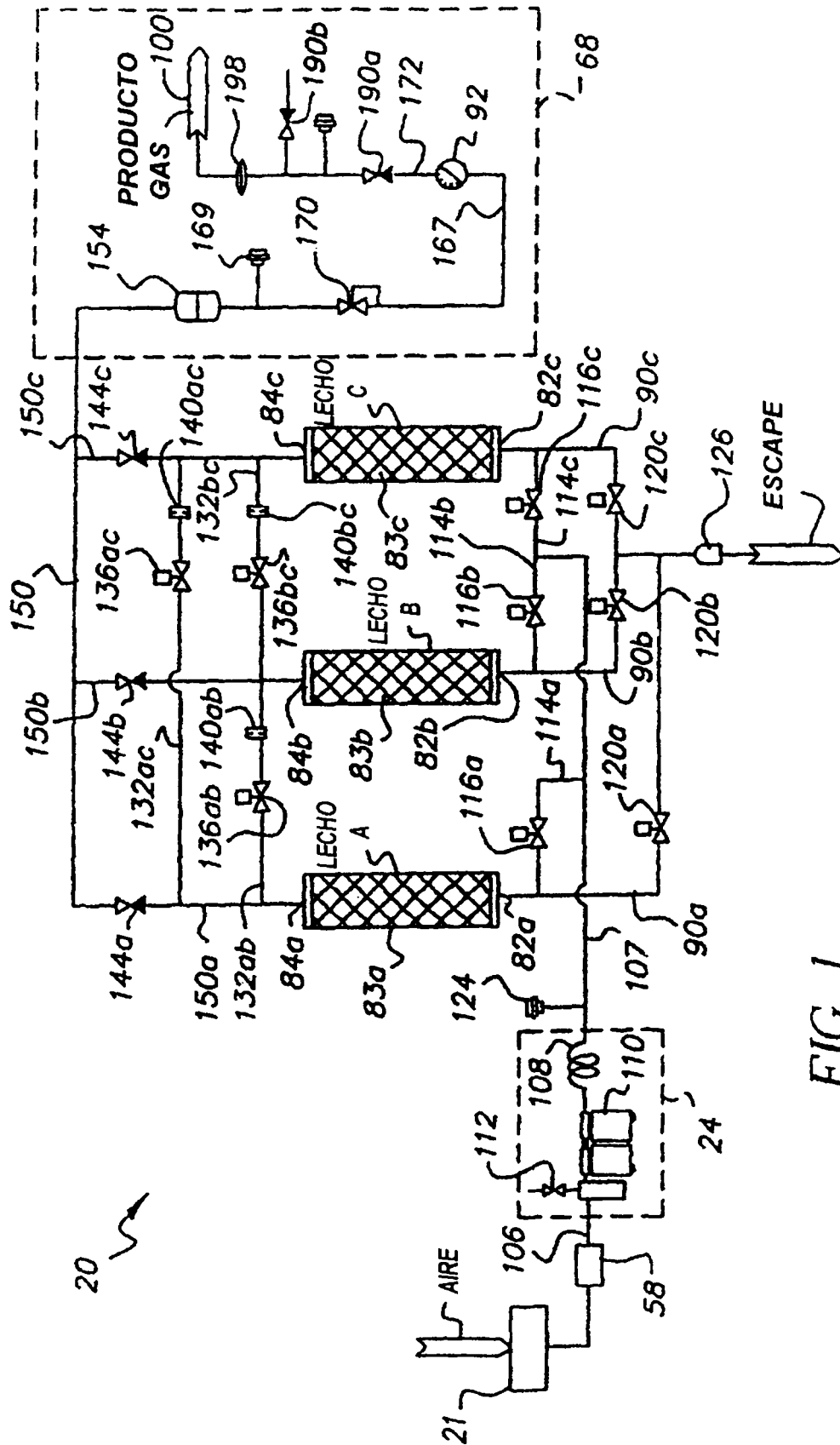
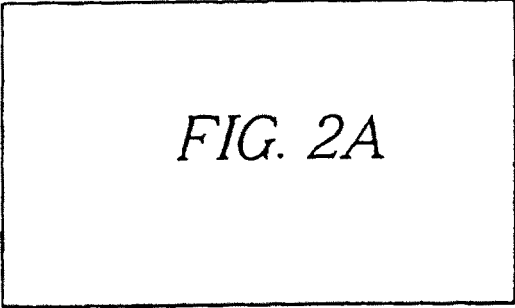
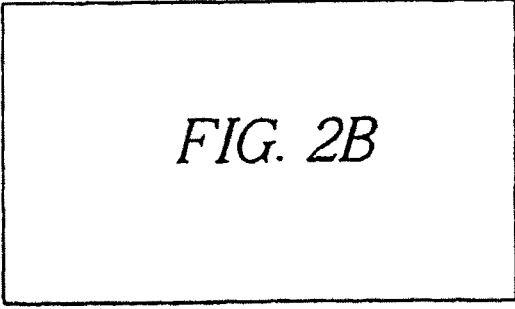


FIG. 1



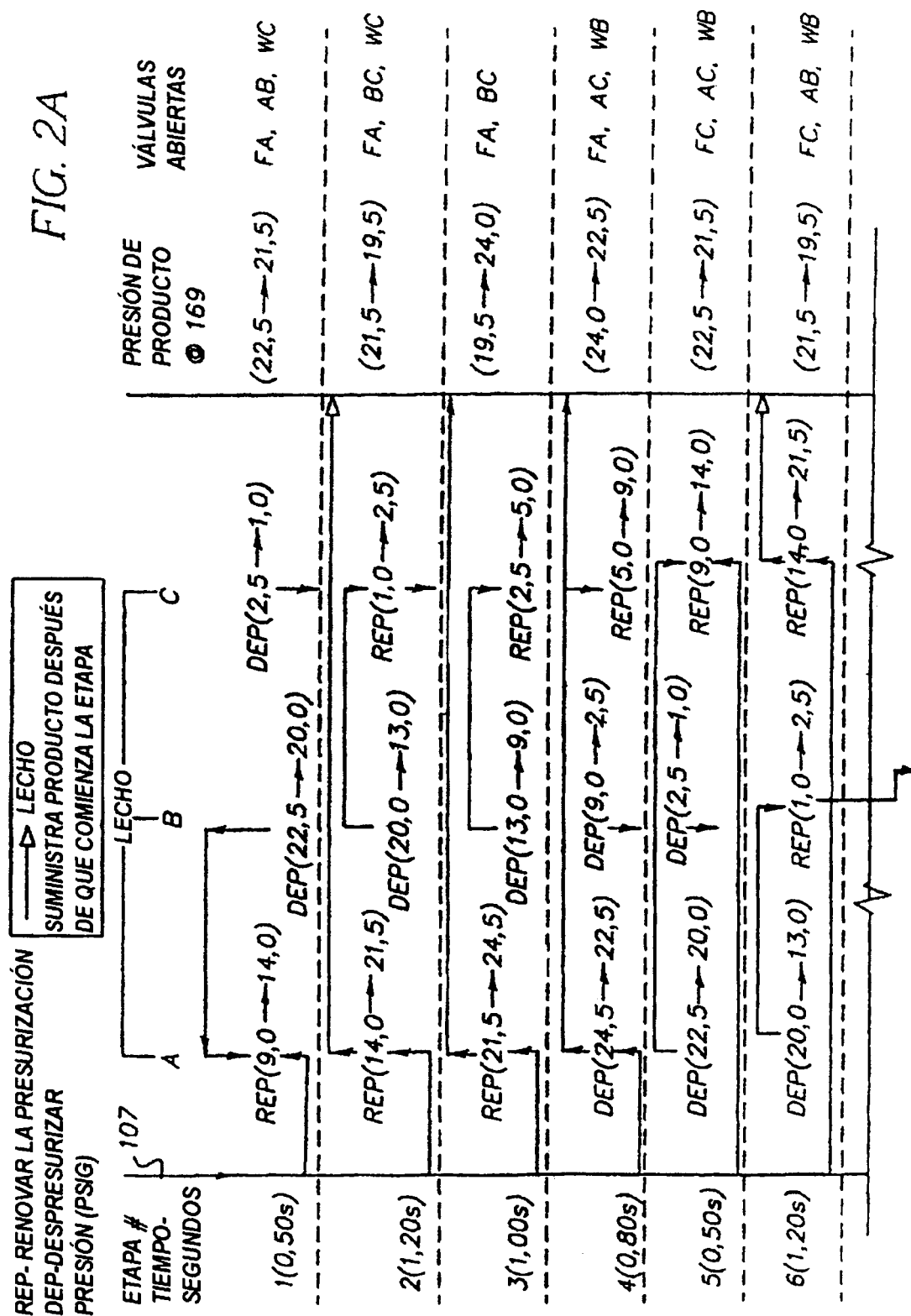
*FIG. 2A*

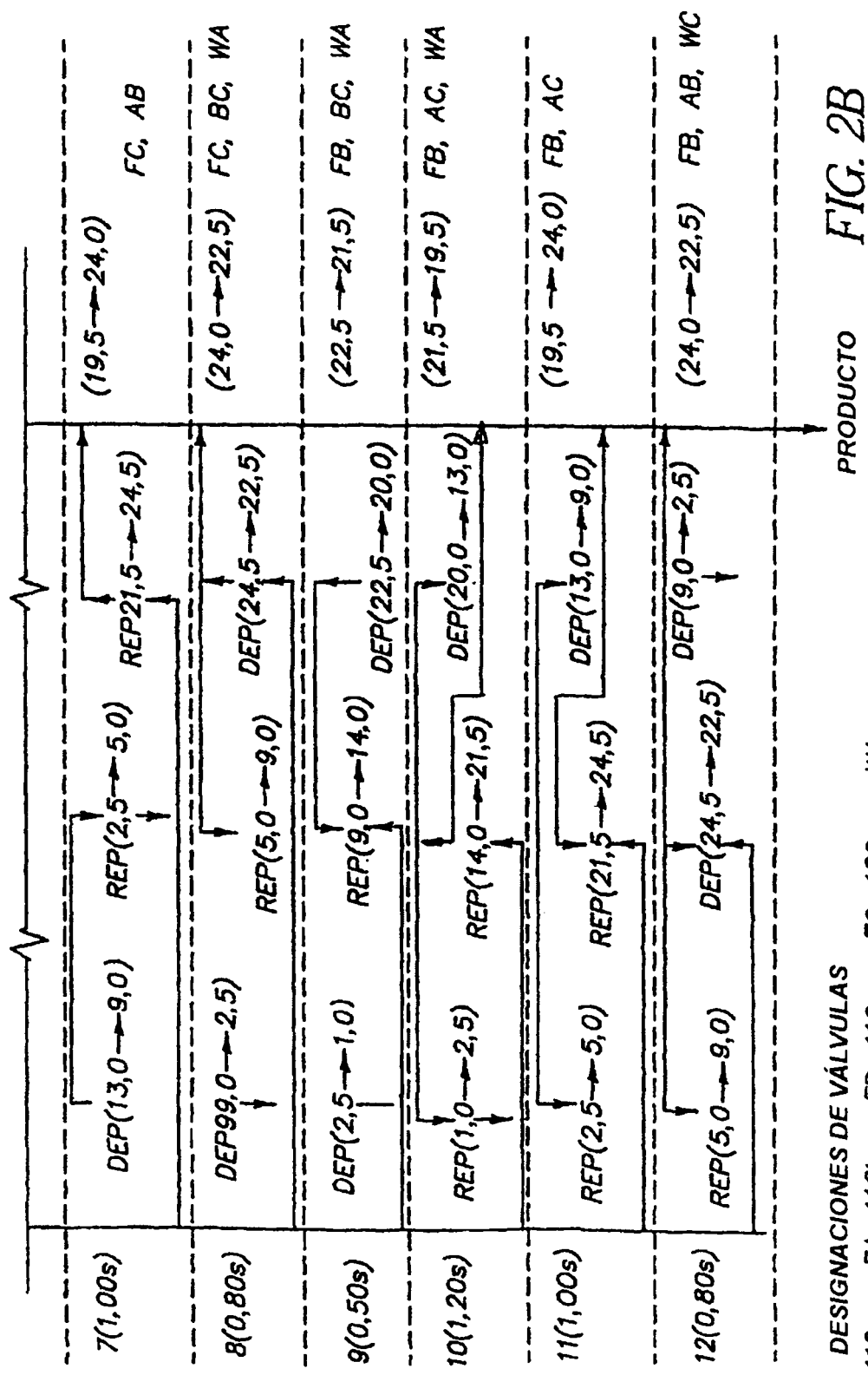


*FIG. 2B*

*FIG. 2*

FIG. 2A





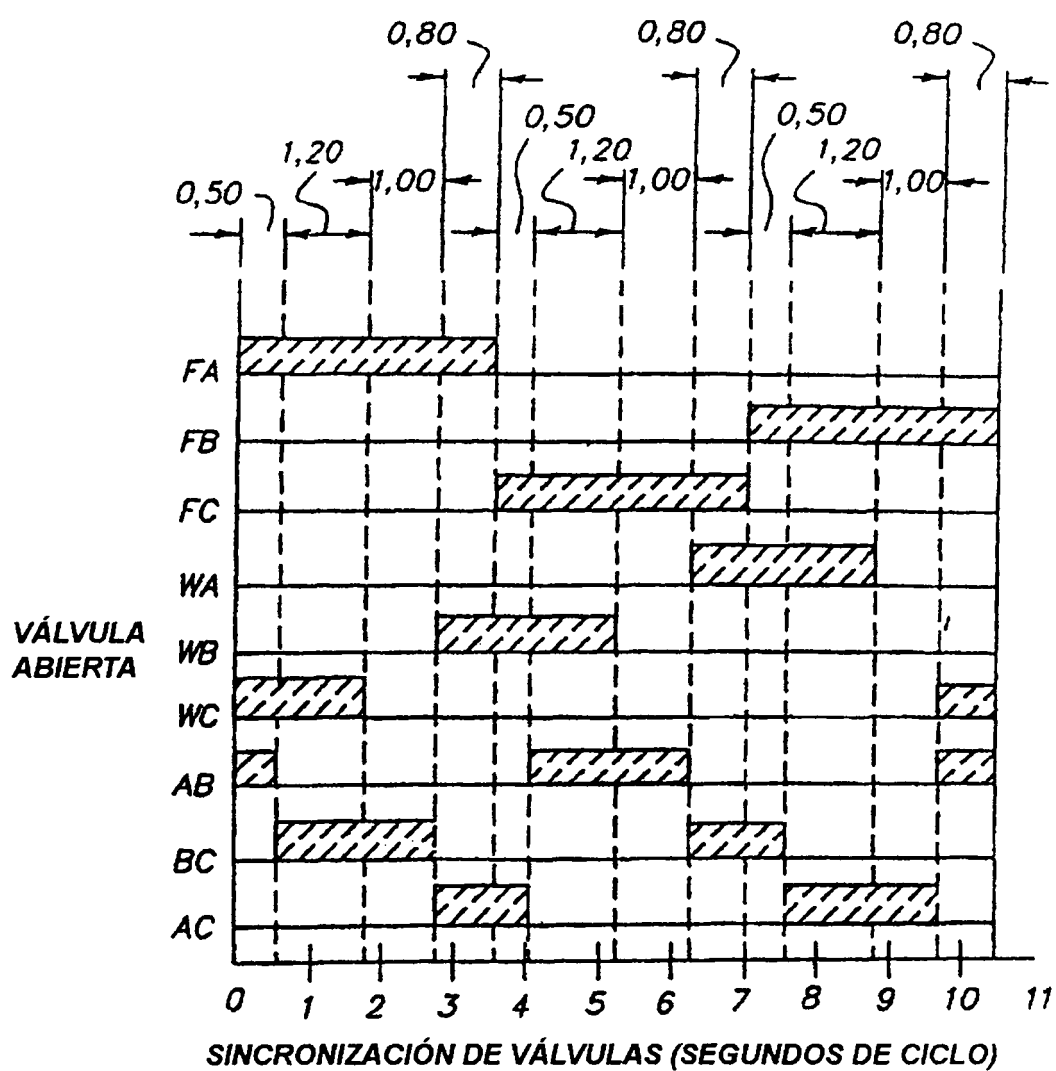
DESIGNACIONES DE VÁLVULAS

116a = FA, 116b = FB, 116c = FC, 120a = WA

120b = WB, 120c = WC, 136ab = AB, 136ac = AC, 136bc = BC

PRODUCTO

FIG. 2B



**DESIGNACIONES DE VÁLVULAS**

116a = FA  
 116b = FB  
 116c = FC  
 120a = WA  
 120b = WB  
 120c = WC  
 136ab = AB  
 136ac = AC  
 136bc = BC

FIG. 3

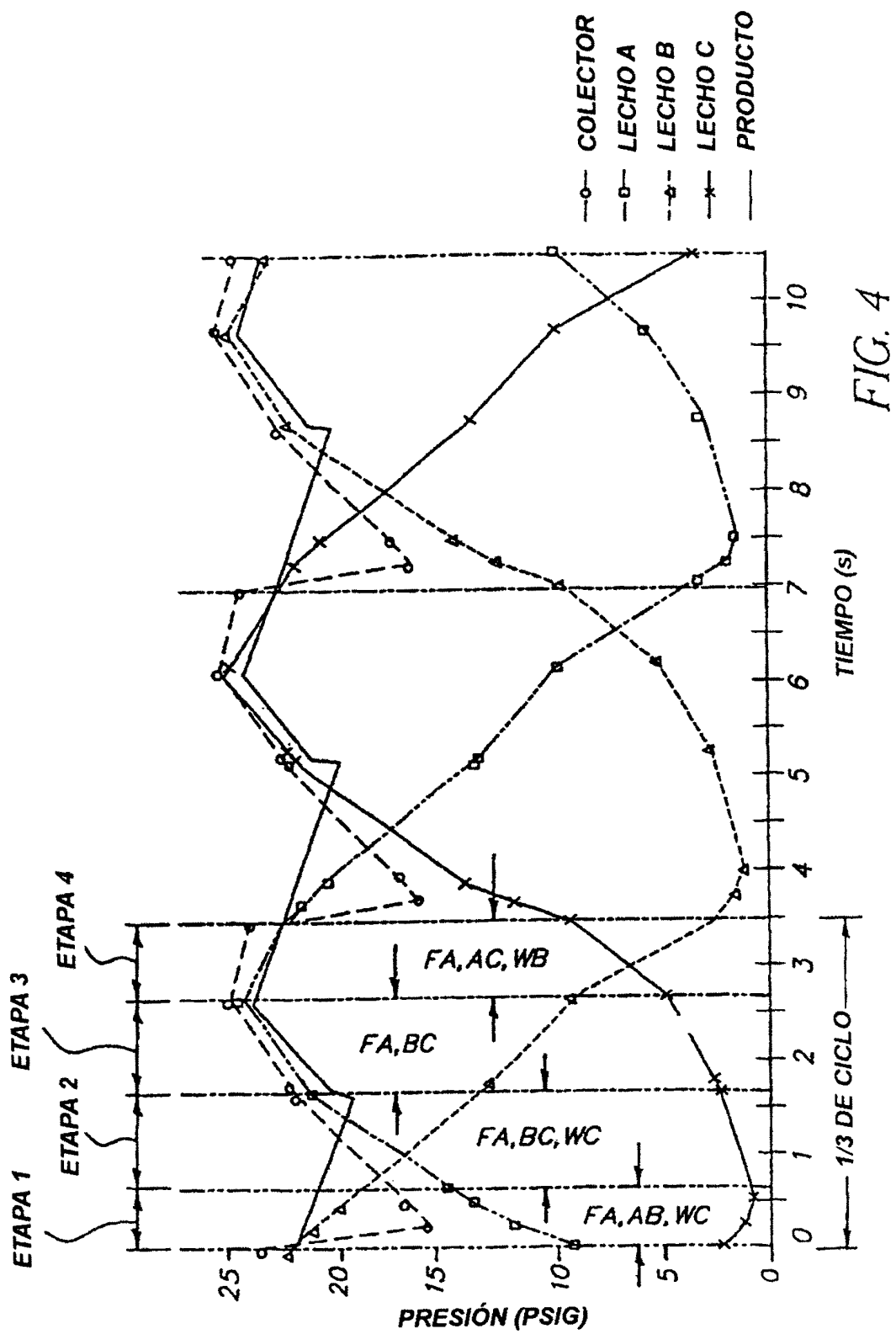


FIG. 4

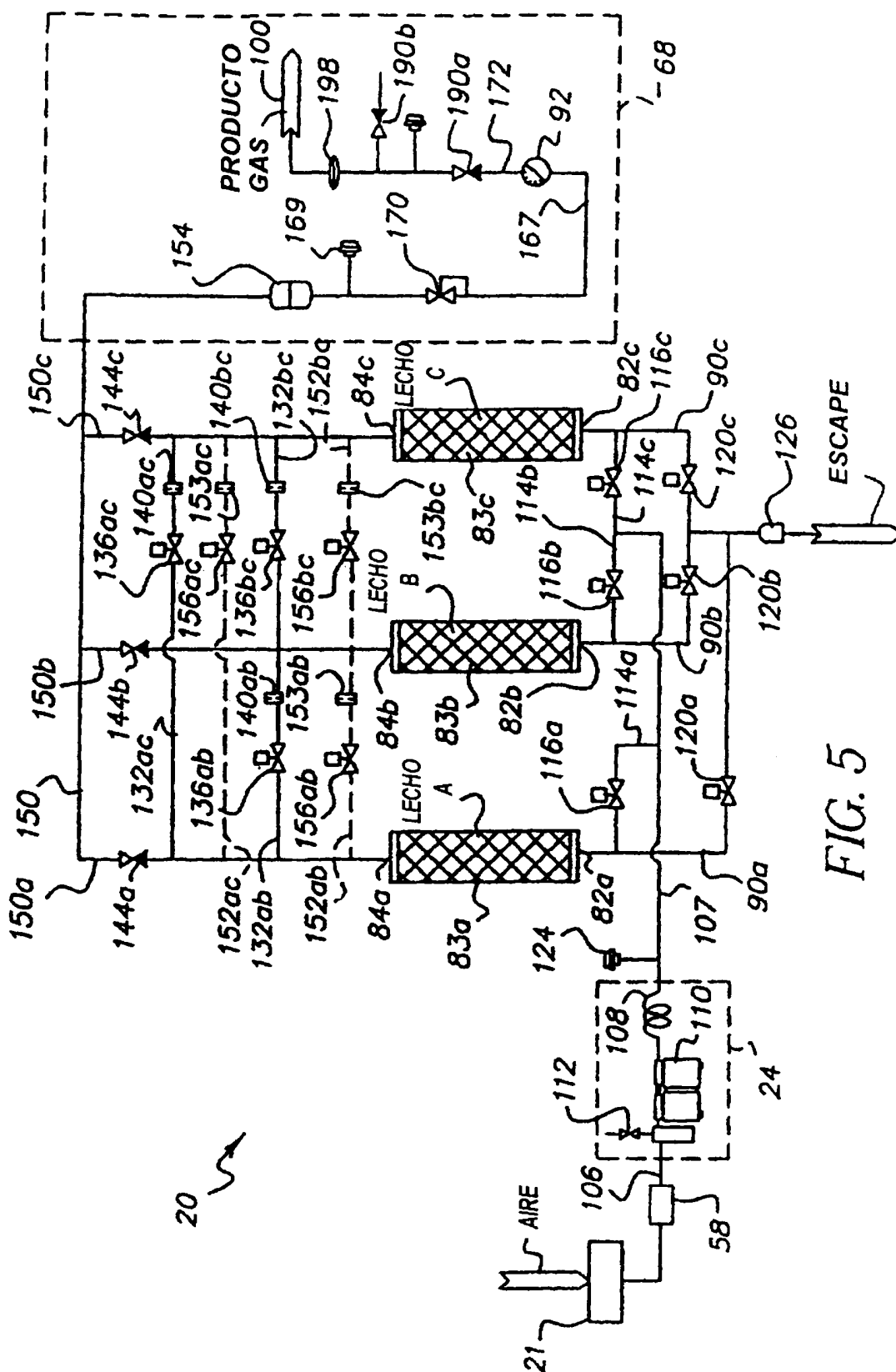


FIG. 5