

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 335**

51 Int. Cl.:

**A61L 2/00** (2006.01)

**A61L 2/24** (2006.01)

**A61L 2/28** (2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08746388 .1**

96 Fecha de presentación: **21.04.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2150279**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.02.2010**

54 Título: **Aparato de calibración de sonda de peróxido de hidrógeno vaporizado**

30 Prioridad:  
**27.04.2007 US 740973**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**23.11.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**23.11.2012**

73 Titular/es:  
**AMERICAN STERILIZER COMPANY (100.0%)  
5960 HEISLEY ROAD  
MENTOR, OH 44060-1834, US**

72 Inventor/es:  
**HILL, AARON L.**

74 Agente/Representante:  
**CURELL AGUILÁ, Mireia**

**ES 2 391 335 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 de calibración de sonda de peróxido de hidrógeno vaporizado.

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere en general a la técnica de calibración de sensores, y más específicamente a un procedimiento y un aparato para calibrar un sensor utilizado para detectar una concentración de una sustancia química.

**Antecedentes de la invención**

10 Los sensores para detectar la concentración de un agente químico son útiles en varias aplicaciones industriales y médicas. Una de dichas aplicaciones es la detección de una concentración de un agente descontaminante gaseoso o vapor (por ejemplo, peróxido de hidrógeno vaporizado) utilizado para la descontaminación de instrumentos médicos aislantes, habitaciones, etc. La descontaminación lograda requiere exposición a una concentración predeterminada de un agente descontaminante durante un período predeterminado. Por lo tanto, la medición precisa de la concentración del agente descontaminante es útil para conseguir la descontaminación adecuada y la utilización eficaz del agente descontaminante.

15 Para garantizar precisión, los sensores utilizados para medir, es decir, detectar, se calibra periódicamente la concentración de agentes descontaminantes. Según los procedimientos de calibración convencionales, un sensor para detectar la concentración de agentes descontaminantes se calibra exponiendo el sensor a una muestra del agente descontaminante a una concentración conocida. Una vez el sensor está expuesto a la muestra, el sensor se ajusta para proporcionar una señal que es indicadora de la concentración detectada. Para calibrar el sensor a  
20 diferentes concentraciones, el procedimiento de calibración se puede repetir utilizando una serie de muestras que tienen diferentes concentraciones conocidas (véase por ejemplo el documento EP-A-1686375).

25 El procedimiento de calibración anterior no es muy adecuado para los sensores de calibración utilizados para determinar la concentración de agentes químicos inestables, tales como el peróxido de hidrógeno vaporizado. A este respecto, el peróxido de hidrógeno vaporizado se descompone en oxígeno y agua. Debido a que el peróxido de hidrógeno vaporizado se descompone, una concentración conocida y estable de peróxido de hidrógeno vaporizado puede no ser preparada de manera fiable para su utilización en la calibración de un sensor que utiliza procedimientos convencionales. Por consiguiente, se han desarrollado otros procedimientos de calibración para calibrar sensores utilizados para determinar la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado, tal como se describirá a continuación.

30 Los sensores que se suelen utilizar para determinar la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado incluyen sensores infrarrojos (IR) (por ejemplo, sensores en el infrarrojo próximo (IRP)) y sensores electroquímicos.

35 Un sensor de infrarrojos convencional incluye una fuente de radiación infrarroja ("fuente IR") y un sensor de infrarrojos que se encuentran a una distancia fija aparte. Un filtro óptico está situado ya sea en frente de la fuente de radiación de infrarrojos o en el sensor de IR para filtrar toda la radiación excepto la longitud de onda que es absorbida por el peróxido de hidrógeno vaporizado. El peróxido de hidrógeno vaporizado pasa entre la fuente de IR y el sensor IR.

40 La cantidad de radiación IR (proporcionada por la fuente de IR) que es absorbida por el peróxido de hidrógeno vaporizado es proporcional a la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado. En consecuencia, el sensor de IR genera una señal que indica la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado basándose en la proporción de radiación IR (proporcionada por la fuente de IR) que es recibida por el sensor de IR.

45 Un sensor de IR convencional se suele calibrar utilizando un filtro óptico que está situado entre la fuente de IR y el sensor de IR. El filtro óptico bloquea parte de la radiación IR a la misma longitud de onda absorbida por el peróxido de hidrógeno vaporizado. En este sentido, el filtro óptico simula la presencia de peróxido de hidrógeno vaporizado a una concentración conocida. El sensor de IR se ajusta de manera que proporciona una señal indicadora de la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado simulada por el filtro óptico. Un inconveniente de utilizar un filtro óptico para la calibración de sensores de infrarrojos es que se necesita una gama de diferentes filtros ópticos para calibrar un sensor de IR en un intervalo de concentraciones.

50 Un sensor electroquímico convencional reacciona con el peróxido de hidrógeno vaporizado para producir una señal eléctrica proporcional a la concentración del peróxido de hidrógeno vaporizado. Un sensor electroquímico típico incluye un primer electrodo y un segundo electrodo que están conectados por una resistencia. Una capa fina de electrolito separa los primero y segundo electrodos. El primer electrodo está formado de un material que reacciona con el peróxido de hidrógeno vaporizado.

El peróxido de hidrógeno vaporizado que entra en contacto con el material reactivo del primer electrodo participa en una reacción química que genera una corriente. La corriente circula entre los dos electrodos y es proporcional a la

concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado. En consecuencia, la cantidad de corriente producida por el sensor electroquímico indica la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado.

Como se ha indicado anteriormente, el peróxido de hidrógeno vaporizado es un vapor inestable y se descompondrá con el tiempo. Por lo tanto, un procedimiento típico para la calibración de un sensor electroquímico destinado a determinar la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado utiliza un vapor sustituto que no se descompone con el tiempo. El sensor electroquímico responde a la presencia del vapor sustituto de una manera conocida. En este sentido, la respuesta del sensor electroquímico a una concentración específica del vapor sustituto SE puede correlacionar con una respuesta del sensor electroquímico a la presencia de una concentración conocida de peróxido de hidrógeno vaporizado. Se necesita un procedimiento de correlación a fin de utilizar un vapor sustituto para la calibración de un sensor electroquímico a una determinada concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado. Un inconveniente de utilizar un sustituto de vapor para la calibración de un sensor electroquímico que es un solo procedimiento de correlación puede ser aplicable sólo en un intervalo limitado de concentraciones de peróxido de hidrógeno vaporizado. Como resultado, pueden ser necesarios múltiples procedimientos de correlación con el fin de calibrar un sensor en toda un intervalo de concentraciones de peróxido de hidrógeno vaporizado.

La presente invención supera estos y otros problemas al proporcionar un procedimiento y un aparato para calibrar un sensor para la detección peróxido de hidrógeno vaporizado mediante la determinación de la concentración de peróxido de hidrógeno en una solución acuosa de peróxido de hidrógeno.

### Sumario de la invención

Según la presente invención, está previsto un aparato para calibrar un sensor de concentración para detectar la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado, dicho aparato comprende: (a) una caja que define una cámara; (b) un primer sensor de temperatura para generar una primera señal indicadora de la temperatura dentro de la cámara, (c) un recipiente que define una cavidad, incluyendo dicho recipiente unos medios de aislamiento móviles entre una posición cerrada para aislar la cavidad de la cámara y una posición abierta en la que la cavidad está en comunicación fluidica con la cámara; (d) un primer medio de suministro para suministrar una solución acuosa de peróxido de hidrógeno a la cavidad; (e) un primer sensor de concentración para generar una segunda señal indicadora de una concentración de peróxido de hidrógeno líquido dentro de la cavidad; (f) un controlador que almacena datos para la correlación de una concentración de peróxido de hidrógeno líquido con una concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado a una temperatura predeterminada, procediendo dicho peróxido de hidrógeno vaporizado de dicha solución acuosa de peróxido de hidrógeno. El controlador incluye: unos medios para recibir la primera señal generada por el primer sensor de temperatura indicadora de la temperatura dentro de la cámara y la segunda señal generada por el primer sensor de concentración indicadora de la concentración de peróxido de hidrógeno líquido dentro de la cavidad; medios para desplazar dicho medios de aislamiento desde la posición cerrada a la posición abierta, liberando de este modo el peróxido de hidrógeno vaporizado en dicha cámara; medios para recibir una tercera señal generada por un segundo sensor de concentración situado dentro de dicha cámara, siendo dicha tercera señal indicadora de una medida de concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado en el interior de dicha cámara; medios para determinar una concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado en el interior de dicha cámara utilizando dicha primera señal, dicha segunda señal y dichos datos almacenados; medios para comparar dicha concentración medida con dicha concentración real para determinar un valor de error; y medios para calibrar dicho segundo sensor de concentración según el valor de error determinado.

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para calibrar un sensor de concentración para detectar la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado, comprendiendo dicho procedimiento las etapas siguientes: (a) llenado de una cavidad definida por un recipiente cerrado con una solución acuosa de peróxido de hidrógeno líquido, dicha cavidad aislada por medios de aislamiento de una cámara definida por una caja; (b) almacenamiento de datos en un controlador, correlacionando dichos datos una concentración de peróxido de hidrógeno líquido a una temperatura predeterminada con una concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado; (c) colocación de un sensor de concentración para que se calibre dentro de dicha cámara, generando dicho sensor de concentración una señal indicadora de una concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de dicha cámara; (d) desplazamiento de dichos medios de aislamiento para poner dicha cavidad en comunicación fluidica con dicha cámara, liberando de este modo el peróxido de hidrógeno vaporizado en dicha cámara; (e) determinación de una concentración de peróxido de hidrógeno líquido dentro de dicha cavidad; (f) determinación de una temperatura dentro de dicha cavidad; (g) determinación de una concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado en el interior de dicha cámara utilizando dichos datos almacenados, la temperatura dentro de dicha cavidad y la concentración de peróxido de hidrógeno líquido dentro de dicha cavidad; (h) comparación de la concentración medida con la concentración real para determinar un valor de error; y (i) calibración de dicho sensor de concentración situado dentro de dicha cámara según el valor de error determinado.

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato para calibrar un sensor de detección de concentración para detectar la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado, comprendiendo dicho aparato: una caja; un recipiente abierto situado dentro de la caja, un primer sensor de temperatura que proporciona una primera señal indicadora de la temperatura dentro de la carcasa, y un densitómetro. El densitómetro incluye: un tubo para contener una columna de fluido que tiene una altura  $h$ , un transductor de presión para proporcionar un valor de la presión de la columna de un fluido que tiene una altura  $h$ , y un sensor de temperatura para detectar la temperatura

del fluido en el tubo. El aparato comprende además un depósito para proporcionar un suministro de una solución acuosa de peróxido de hidrógeno, estando dicho depósito en comunicación fluidica con el recipiente abierto y el densitómetro; y un controlador para controlar el funcionamiento del aparato. El controlador comprende: medios para determinar la concentración de peróxido de hidrógeno líquido en la solución acuosa de peróxido de hidrógeno utilizando el densitómetro, medios para almacenar datos para correlacionar una concentración de peróxido de hidrógeno líquido con una concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado a una temperatura dada, procediendo dicho peróxido de hidrógeno vaporizado de dicha solución acuosa de peróxido de hidrógeno, medios para activar una bomba para transferir la solución acuosa de peróxido de hidrógeno desde el depósito hasta el recipiente abierto, medios para recibir una primera señal generada por el primer sensor de temperatura indicadora de la temperatura dentro de la cámara y la segunda señal generada por el primer sensor de concentración indicadora de la concentración de peróxido de hidrógeno líquido dentro de la cavidad, medios para determinar una concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado en el interior de dicha caja utilizando la primera señal indicadora de temperatura dentro de la caja y los datos almacenados, medios para determinar una concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado en el interior de dicha cámara accediendo a dichos datos según la temperatura y la concentración de peróxido de hidrógeno líquido indicadas respectivamente por dichas primera y segunda señales, medios para recibir una segunda señal generada por un sensor de concentración situado dentro de la caja, siendo dicha segunda señal indicadora de una concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de la caja, medios para comparar la concentración medida con la concentración real para determinar un valor de error y medio para calibrar el sensor de concentración situado dentro de la caja según el valor de error determinado.

Según todavía otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para calibrar un sensor de concentración para detectar la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado, comprendiendo dicho procedimiento las etapas siguientes: (a) almacenamiento de datos en un controlador, correlacionando dichos datos una concentración de peróxido de hidrógeno líquido a una temperatura predeterminada con una concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado; (b) colocación de un sensor de concentración que debe calibrarse dentro de una caja, generando dicho sensor de concentración una señal indicadora de una concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de dicha caja; (c) determinación de la densidad de una solución acuosa de peróxido de hidrógeno líquido; (d) determinación de una concentración de peróxido de hidrógeno líquido utilizando la densidad determinada del peróxido de hidrógeno líquido; (e) relleno de un recipiente abierto dentro de la caja con la solución acuosa de peróxido de hidrógeno líquido; (f) determinación de una temperatura dentro de la caja; (g) determinación de una concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado en el interior de dicha caja utilizando dichos datos almacenados, la temperatura dentro de la caja y la concentración de peróxido de hidrógeno líquido; (h) comparación de la concentración medida con la concentración real para determinar un valor de error; e (i) calibración del sensor de concentración situado dentro de la caja según el valor de error determinado.

Una ventaja de la presente invención es que proporciona un aparato para calibrar con precisión un sensor utilizado para detectar una concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado.

Otra ventaja de la presente invención es un aparato como el definido anteriormente que utiliza una solución multicomponente líquida.

Aún otra ventaja de la presente invención es un aparato como el definido anteriormente que utiliza una solución acuosa de peróxido de hidrógeno.

Todavía otra ventaja de la presente invención es un aparato como el definido anteriormente que se puede utilizar para calibrar múltiples sensores durante un procedimiento de calibración.

#### **Breve descripción de los dibujos**

La invención puede tomar forma física en determinadas partes y disposición de partes, cuya forma de realización se describirá en detalle en la memoria y se ilustra en los dibujos adjuntos, que forman parte de la misma, y en los que:

La figura 1 es una vista esquemática de una primera forma de realización de un aparato para calibrar un sensor utilizado para detectar la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado; y

La figura 2 es una vista esquemática de una forma de realización alternativa de un aparato para calibrar un sensor utilizado para detectar la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado.

#### **Descripción detallada de la invención**

Haciendo referencia a continuación a los dibujos en los que las representaciones tienen por objeto solamente ilustrar una forma de realización de la invención, y no el propósito de limitar la misma, la FIG. 1 muestra un aparato de calibración 10, según una primera forma de realización, para la calibración de un sensor utilizado para determinar la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado.

El aparato de calibración 10 incluye una carcasa 20 que define una cámara 22 con un volumen fijo. La carcasa 20 tiene un orificio de salida 26 y un orificio de entrada 28 definidos en el mismo. Un conducto de recirculación 32 tiene un primer extremo 34 que está conectado de forma movable al orificio de salida 26 y un segundo extremo 36 que

está conectado con fluidez al orificio de entrada 28. Una soplante 42 está situada en el conducto de recirculación 32 entre el primer extremo 34 y el segundo extremo 36. Un motor 44 está conectado a la soplante 42 y puede operarse para conducir la soplante 42 para que recircule la atmósfera de la cámara 22 a través de conducto de recirculación 32. Un secador 46 está situado dentro del conducto de recirculación 32 entre la soplante 42 y el segundo extremo 36. El secador 46 está configurado para eliminar la humedad de la atmósfera de la cámara 22 que pasa a través de conducto de recirculación 32 como se conoce tradicionalmente. Una primera válvula 38 está situada en el conducto de recirculación 32 entre el primer extremo 34 del conducto de recirculación 32 y la soplante 42 de conducto de recirculación 32. Una segunda válvula 48 está situada en el conducto de recirculación 32 entre el secador 46 y el segundo extremo 36. La primera válvula 38 y la segunda válvula 48 pueden desplazarse cada una entre las posiciones abierta y cerrada.

Un sistema de fuelle 58 (mostrado esquemáticamente en la FIG. 1) está conectado con fluidez a la cámara 22 para regular la presión en su interior. Otros medios adecuados para regular la presión incluyen, pero no se limitan a, una válvula de control de presión, un disco de rotura u otro dispositivo convencionalmente conocido.

El sensor de presión 59 está situado dentro de la cámara 22 para proporcionar una señal indicadora de la presión en su interior. A título de ejemplo y no de limitación, un sensor de presión 59 puede ser un sensor de presión de celdas carga u otro dispositivo convencional de detección de presión.

Un primer calentador 24 y un recipiente cerrado 70 están situados dentro de la cámara 22. El recipiente 70 define una cavidad 72 con un volumen fijo. El recipiente 70 tiene una tapa 74 móvil para cerrar la cavidad 72. En la forma de realización mostrada, la tapa 74 está conectado fundamentalmente al recipiente 70, y se puede mover entre una posición abierta y una posición cerrada en respuesta al medio accionando la tapa 74, tal como un motor (no mostrado). Cuando la tapa 74 está en la posición abierta, la cavidad 72 está en comunicación fluidica con la cámara 22. Cuando la tapa 74 está en la posición cerrada, el recipiente 70 está cerrado de manera que la cavidad 72 está aislada de forma movable de la cámara 22. Debe apreciarse que la tapa 74 puede estar conectado al recipiente 70 por medios alternativos, tales como medios de deslizamiento de la tapa 74 entre las posiciones abierta y cerrada. Debe apreciarse además que la tapa 74 puede reemplazarse por otros medios de aislamiento, tales como una o más válvulas, que tiene una posición para el aislamiento de la cavidad 72 de la cámara 22 y otra posición de otro para conectar de manera movable la cavidad 72 y la cámara 22. Un segundo calentador 88 está situado dentro de la cavidad 72.

En una forma de realización alternativa, el recipiente 70 está situado fuera de la cámara 22. En esta forma de realización alternativa, un conducto está conectado entre el recipiente 70 y la carcasa 20 de tal manera que la cavidad 72 está en comunicación fluidica con la cámara 22 cuando la tapa 74 está en posición abierta.

El recipiente cerrado 70 tiene un orificio de entrada 92 definido en el mismo. Un primera conducto 102 conecta de manera movable el orificio de entrada 92 a una fuente 104 para el almacenamiento de una solución acuosa de peróxido de hidrógeno. A fin de ilustrar la presente invención, la solución acuosa de peróxido de hidrógeno es una solución de 35% de peróxido de hidrógeno y 65% de agua en peso. Una primera válvula 112 de suministro está situada en el primer conducto 102. La primera válvula 112 de suministro se puede mover para controlar el flujo de la solución acuosa de peróxido de hidrógeno desde la fuente 104 a la cavidad 72.

Un segundo conducto 114 está conectado de forma movable al primer conducto 102 entre el orificio de entrada 92 y la primera válvula 112 de suministro. En segundo conducto 114 conecta de manera movable el primer conducto 102 para un suministro de agua 116. En una forma de realización, el suministro de agua 116 proporciona una fuente de agua desionizada (DI). Una segunda válvula 118 de suministro está situada dentro del segundo conducto 114. La segunda válvula 112 de suministro es móvil para controlar la circulación de agua desde el suministro 116 a la cavidad 72.

Se debe apreciar que combinando de una solución acuosa de peróxido de hidrógeno con una concentración de peróxido de hidrógeno con diversas cantidades de agua, pueden producirse soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno de diversas otras concentraciones de peróxido de hidrógeno dentro de la cavidad 72.

Una salida a drenaje 82 está definida dentro de una parte inferior del recipiente 70. Una línea de drenaje 84 está en comunicación fluidica con la salida a drenaje 82 para conectar la salida a drenaje 82 con un drenaje. La línea de drenaje 84 está conectado de forma movable con la cavidad 72 del recipiente 70 y una válvula de drenaje 86 está situada en la línea de drenaje 84 para controlar el flujo de fluido desde la cavidad 72 a través de la línea de drenaje 84.

Un sensor de concentración 122 está situado dentro de la cavidad 72 del recipiente 70. El sensor de concentración 122 está configurado para generar una señal indicadora de una concentración de peróxido de hidrógeno líquido en una solución acuosa. En la forma de realización ilustrada, el sensor de concentración 122 es un sensor electroquímico (por ejemplo, un sensor de tipo capacitivo). Un primer sensor de temperatura 124 está situado también en la cavidad 72. Primer sensor 124 de temperatura proporciona una señal indicadora de la temperatura de la solución acuosa de peróxido de hidrógeno dentro de la cavidad 72.

Un sensor de humedad 126 y un segundo sensor de temperatura 128 están situados en la cámara 22 de la carcasa 20. El sensor de humedad 126 proporciona una señal indicadora del nivel de humedad dentro de la cámara 22, mientras que segundo sensor de temperatura 128 proporciona una señal indicadora de la temperatura dentro de la cámara 22.

- 5 Un sensor 132 también está situado dentro de la cámara 22 de la carcasa 20. El sensor 132 es el sensor que debe calibrarse según el aparato de calibración 10 de la presente invención. En particular, el sensor 132 es un dispositivo de detección (es decir, un sensor de infrarrojos, sensor electroquímico u otro tipo de sensor para detectar la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado) configurado para generar una señal que es indicadora de una concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de cámara 22.
- 10 También se contempla que múltiples sensores que deben calibrarse pueden estar situados dentro de la cámara 22. A este respecto, varios sensores pueden calibrarse durante el mismo ciclo de calibración según la presente invención, como se expone a continuación.

Se proporciona un controlador 150 para controlar el funcionamiento del aparato de calibración 10. El controlador 150 está conectado eléctricamente al sensor de concentración 122, al primer sensor de temperatura 124, al sensor de humedad 126, al segundo sensor de temperatura 128, al sensor 132, a la primera válvula 38, a la segunda válvula 48, al motor 44, al secador 46, al sensor de presión 59, a la primera válvula de suministro 112, a la segunda válvula de suministro 118, al medio de accionamiento de la tapa 74 (no mostrado) y a la válvula 86 de drenaje. En la forma de realización mostrada, el controlador 150 también está conectado a una interfaz de operador 152 para proporcionar información visual y/o audible, y para recibir instrucciones de funcionamiento.

- 20 El controlador 150 está configurado para recibir la señal generada por el sensor 132 que es indicadora de la concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de la cámara 22. El controlador 150 está también programado para almacenar datos predeterminados, tales como tablas de consulta y/o ecuaciones matemáticas que correlacionan una concentración de peróxido de hidrógeno líquido con una temperatura predeterminada a una concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado generalmente a la misma temperatura. En la forma de realización ilustrada, las tablas de consulta guardadas son las Tablas 1 y 2, expuestas a continuación. Las ecuaciones matemáticas guardadas son las ecuaciones 1-11, expuestas a continuación. Además, el controlador 150 puede configurarse para generar señales de salida al sensor 132 para modificar la señal generada por el sensor 132 que es indicador de la concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado en la cámara 22. A este respecto, la señal generada por el sensor 132 que es indicadora de la concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado puede ser ajustable de tal manera que la concentración medida es igual a la concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado en la cámara 22.

La presente invención puede comprenderse mejor a partir de la breve explicación siguiente de un sistema multicomponente, en fase líquida, fase de vapor en equilibrio de fases. Tal como se utiliza en la presente memoria, la expresión "equilibrio de fases" indica que las concentraciones de los componentes de las fases líquida y de vapor son generalmente constantes y las dos fases tienen la misma temperatura y presión. Por ejemplo, cuando un sistema está en equilibrio de fases, la velocidad a la que un componente específico, por ejemplo, peróxido de hidrógeno o agua, abandona la fase líquida y entra en la fase de vapor es igual a la velocidad a la que el componente abandona la fase de vapor y entra en la fase líquida.

- 40 En un sistema cerrado, multicomponente, en fase líquida, fase vapor en equilibrio, las concentraciones relativas de los componentes de las fases se pueden determinar porque las concentraciones, el volumen, la presión y la temperatura son generalmente fijos, es decir, están en un estado esencialmente estacionario de modo que no cambian.

En la presente invención, el peróxido de hidrógeno y agua son componentes de un sistema líquido-vapor en equilibrio. La concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado, es decir, la concentración de peróxido de hidrógeno en la fase de vapor, se determina según las siguientes ecuaciones. En las siguientes ecuaciones, una concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado está relacionada con una concentración de peróxido de hidrógeno en una solución acuosa cuando la solución acuosa de peróxido de hidrógeno está en equilibrio con el peróxido de hidrógeno vaporizado. A menos que se indique lo contrario, las presiones parciales, los coeficientes de actividad y las fracciones utilizadas en las ecuaciones siguientes se refieren a la solución acuosa de peróxido de hidrógeno. En relación con la presente invención, la presencia de nitrógeno, oxígeno y otros componentes del aire dentro de la cámara 22 no afecta apreciablemente a la aplicación de las ecuaciones siguientes.

- Las ecuaciones 1 a 7 mostradas a continuación se utilizan para determinar la fracción molar de peróxido de hidrógeno vaporizado para una temperatura determinada y para una fracción molar específica de peróxido de hidrógeno líquido. En este sentido, la fracción molar del gas peróxido de hidrógeno en una solución de peróxido de hidrógeno-agua (es decir, la solución acuosa de peróxido de hidrógeno) está dada por la ecuación 1.

$$1) \quad y_h = \frac{P_{hg} x_h \gamma_h}{P} = \frac{P_{hg} x_h \gamma_h}{(P_{wg} x_w \gamma_w) + (P_{hg} x_h \gamma_h)}$$

en la que:

$y_h$  = fracción molar de peróxido de hidrógeno en la fase de vapor, es decir, la concentración final,

5  $P_{hg}$  = presión de vapor de peróxido de hidrógeno (mm Hg) (véase la ecuación 7 a continuación),

$x_h$  = fracción molar de peróxido de hidrógeno en forma líquida,

$\gamma_h$  = coeficiente de actividad para el peróxido de hidrógeno,

$P$  = presión de vapor total (mm Hg) (véase la ecuación 2 a continuación),

$P_{wg}$  = presión de vapor de agua (mm Hg) (véase la ecuación 6 a continuación),

10  $x_w$  = fracción molar de agua, y

$\gamma_w$  = coeficiente de actividad para agua.

La presión de vapor total de la solución acuosa de peróxido de hidrógeno se da en la ecuación 2 a continuación.

$$2) \quad P = P_{wg} x_w \gamma_w + P_{hg} (1 - x_w) \gamma_h$$

El coeficiente de actividad para el agua se da en la ecuación 3 a continuación.

$$15 \quad 3) \quad \gamma_w = \exp\left(\frac{(1-x_w)^2}{RT} [B_0 + B_1(1-4x_w) + B_2(1-2x_w)(1-6x_w)]\right)$$

$x_h$  = fracción molar de peróxido de hidrógeno,

$R$  = 1,987 cal/gmol-K constante de gas ideal,

$B_0$  = coeficiente para el cálculo del coeficiente de actividad = -1017 + 0,97 \* T,

20  $B_1$  = coeficiente para el cálculo del coeficiente de actividad = 85,

$B_2$  = coeficiente para el cálculo del coeficiente de actividad = 13, y

T = temperatura de vapor de agua (K).

El coeficiente de actividad para el peróxido de hidrógeno se puede determinar utilizando la ecuación 4 a continuación.

$$25 \quad 4) \quad \gamma_h = \exp\left(\frac{(x_w)^2}{RT} [B_0 + B_1(3-4x_w) + B_2(1-2x_w)(5-6x_w)]\right)$$

La fracción molar de peróxido de hidrógeno puede calcularse utilizando las ecuaciones 5a y 5b a continuación

$$5a) \quad x_h = (P_o \cdot M_w) / (M_h \cdot (100 - P_o) + P_o \cdot M_w)$$

$$5b) \quad x_h = \frac{WM_w}{M_h(100 - W) + WM_w}$$

en la que:

30  $x_h$  = fracción molar de peróxido de hidrógeno  $x_h = 1 - x_w$ ,

$P_o$  = porcentaje de peróxido de hidrógeno en forma gaseosa o líquida (fracción másica),

## ES 2 391 335 T3

$M_w$  = peso molecular del agua = 18,016 gramos/mol,

$M_h$  = peso molecular del peróxido de hidrógeno = 34,016 gramos/mol, y

$W$  =% en peso de peróxido de hidrógeno (fracción másica).

5 Para temperaturas superiores a 32°F, la presión de vapor de agua se puede calcular utilizando la ecuación 6 de la siguiente manera:

$$6) P_{wg} = \text{Exp}(C_8/(TF+460) + C_9 + C_{10} * (TF + 460) + C_{11} * (TF + 460)^2 + C_{12} * (TF + 460)^3 + C_{13} * \text{Log}(TF + 460))$$

en la que :

$P_{wg}$  = presión de vapor de agua a saturación (psi),

TF = temperatura del vapor (°F),

10  $C_8 = -10440,397,$

$C_9 = -11,29465,$

$C_{10} = -0,027022,355,$

$C_{11} = 0,00001289036,$

$C_{12} = -2,4780681E-09$  y

15  $C_{13} = 6,5459673.$

La presión de vapor de peróxido de hidrógeno anhidro se puede calcular como se muestra en la ecuación 7 a continuación.

$$7) p_{hg} = 10^{\left(44.5760 - \frac{4025.3}{T} - 12.996 \log T + 0.0046055T\right)}$$

En la que:

20  $T$  = temperatura de vapor (K).

En la presente invención, las ecuaciones 1 a 7 anteriores se pueden utilizar para desarrollar la Tabla 1, mostrada a continuación. Se debe apreciar que la Tabla 1 podría ampliarse utilizando las ecuaciones 1 a 7.

La Tabla 1 proporciona la fracción másica de peróxido de hidrógeno en forma de vapor a una fracción másica dada de peróxido de hidrógeno en forma líquida para diversas temperaturas expresadas como una fracción másica.

<b>Temp.</b>		<b><u>TABLA 1</u></b>								
		<b><u>Concentración de peróxido de hidrógeno en estado líquido</u></b>								
		17,34%	32,07%	44,73%	55,73%	65,38%	73,90%	81,50%	88,31%	94,44%
°F	°C	Fracción de masa de peróxido de hidrógeno en estado de vapor en función de la temperatura y concentración de peróxido de hidrógeno en solución acuosa de peróxido de hidrógeno.								
50	10	0,56%	1,50%	3,35%	6,76%	12,44%	21,70%	35,28%	53,75%	75,96%
68	20	0,56%	1,69%	3,71%	7,47%	13,61%	23,21%	37,10%	55,42%	77,05%
77	25	0,56%	1,87%	4,07%	8,00%	14,27%	24,11%	38,25%	56,44%	77,66%
86	30	0,56%	1,87%	4,26%	8,34%	14,92%	25,14%	39,26%	57,46%	78,26%
104	40	0,75%	2,24%	4,80%	9,38%	16,38%	26,88%	41,36%	59,24%	79,38%

25 La ley de los gases ideales se puede utilizar para estimar el nivel de concentración de saturación de los componentes peróxido de hidrógeno y vapor de agua a una temperatura dada, tal como se muestra en la Tabla 2 a continuación. La ley de los gases ideales se da en la ecuación 8 a continuación:

$$8) PV = nRT$$

30

En la que:

P = presión de vapor total (mm Hg),

V = volumen (litros),

n = número de moles,

5 R = constante universal de los gases (0,082 litro-atm/mol-K), y

T = temperatura de vapor (K).

La concentración de peróxido o vapor de agua se da normalmente en masa por unidad de volumen. Puede disponerse de la ecuación 8 para calcular la concentración como se muestra en la ecuación 9 a continuación.

$$9) \quad C = w/V = Mn/V = MxP/(RT) * \left( 1000 \frac{\text{mg/g}}{760 \text{ mmHg}} \right) \left( \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} \right)$$

10 En la que:

C = concentración de vapor (mg/litro),

w = masa (mg),

V = volumen (litro),

M = peso molecular del agua o del peróxido hidrógeno (gramos/mol),

15 = 34,016 gramos/mol para peróxido,

= 18,016 gramos/mol para agua

x = fracción molar del vapor,

P = presión de vapor total de la solución acuosa de peróxido de hidrógeno (es decir, la mezcla de agua y peróxido de hidrógeno) (mm Hg),

20 R = constante universal de los gases (0,082 litro-atm/mol-K), y

T = temperatura de vapor (K) y

n = número de moles.

25 Conociendo la fracción másica de peróxido de hidrógeno líquido a una temperatura dada, la ecuación 5 se utiliza para convertir la fracción másica de peróxido de hidrógeno líquido en fracción molar; las ecuaciones 3 y 4 son para determinar  $\chi_w$  y  $\chi_h$ ; la ecuación 2 se utiliza para determinar P (presión de vapor total de la solución acuosa de peróxido de hidrógeno); las ecuaciones 6 y 7 se utilizan para determinar la presión de vapor y  $P_{wg}$  y  $P_{hg}$ ; la ecuación 1 se utiliza para calcular  $y_h$ ; y la ecuación 9 se utiliza para determinar el nivel de concentración de saturación en mg/litro.

30 La Tabla 2 proporciona la concentración de saturación en miligramos por litro de peróxido de hidrógeno en fase de vapor en función de la temperatura y la concentración de peróxido de hidrógeno líquido en una solución acuosa expresado como fracción másica.

		<b>TABLA 2</b>								
		<b>Concentración de peróxido de hidrógeno en estado líquido</b>								
<b>Temp.</b>		17,34%	32,07%	44,73%	55,73%	65,38%	73,90%	81,50%	88,31%	94,44%
°F	°C	Fracción de masa de peróxido de hidrógeno en estado de vapor en función de la temperatura y concentración de peróxido de hidrógeno en solución acuosa de peróxido de hidrógeno.								
50	10	0,05	0,11	0,20	0,32	0,46	0,62	0,78	0,94	1,08
68	20	0,09	0,23	0,41	0,67	0,96	1,29	1,63	1,96	2,47
77	25	0,12	0,33	0,60	0,96	1,37	1,83	2,31	2,77	3,19
86	30	0,16	0,44	0,84	1,34	1,92	2,57	3,22	3,87	4,46
104	40	0,35	0,89	0,92	2,57	3,65	4,84	6,07	7,26	8,36

La atmósfera dentro de la cámara de calibración es aire a la presión atmosférica o cerca de ella. La presencia de nitrógeno, oxígeno, y otros componentes del aire en el aparato de calibración no afecta apreciablemente a los valores de las Tablas 1 y 2.

5 Se cree que la presencia de agua en la cámara de calibración puede dar lugar a algún cambio en la fracción másica de peróxido de hidrógeno. Mientras que sólo un pequeño cambio puede ocurrir, es deseable eliminar el agua de la cámara de calibración antes de introducir el peróxido de hidrógeno líquido en la misma.

10 La presente invención se expondrá a continuación con respecto a la operación del aparato de calibración 10. En una forma de realización, el aparato de calibración 10 funciona según un ciclo de calibración. Un ciclo de calibración incluye una etapa de secado, una etapa de llenado, un paso de equilibrado y una etapa de calibración. La etapa de secado y la etapa de llenado son independientes una de la otra. Una vez que la etapa de secado y la etapa de llenado han concluido, se realiza la etapa de equilibrado. Una vez que la etapa de equilibrado ha concluido, se lleva a cabo la etapa de calibración.

15 Si una presión dentro de la cámara 22 aumenta más allá de un nivel máximo predeterminado de presión durante cualquier etapa de un ciclo de calibración, el sistema de fuelle 58 actúa para aliviar la presión dentro de la cámara 22. Debe apreciarse que el sistema de fuelle 58 podría actuar para controlar la presión dentro de la cámara 22 en una presión predeterminada.

20 Se reconoce que el peróxido de hidrógeno se descompondrá en agua y oxígeno en todo el ciclo de calibración. Sin embargo, se ha observado que esta descomposición no cambia la "fracción másica" del peróxido de hidrógeno dentro de la precisión de la medición. A este respecto, se cree que la descomposición del peróxido de hidrógeno no afectará significativamente a las proporciones relativas de agua y peróxido de hidrógeno dentro de la cámara 22 durante el ciclo de calibración.

25 Antes de un ciclo de calibración, la primera válvula 38, la segunda válvula 48, la válvula de drenaje 86, la primera válvula de suministro 112 y la segunda válvula de suministro 118 están en sus respectivas posiciones cerradas. La tapa 74 está en su posición cerrada, y el motor 44 está inactivo. También antes de un ciclo de calibración, el sensor 132, sensor que ha de calibrarse, se coloca dentro de la cámara 22 y se conecta eléctricamente al controlador 150. Se contempla que muchos sensores que han de calibrarse se pueden colocar dentro de la cámara 22 y conectarse eléctricamente al controlador 150. Todos los sensores que han de calibrarse, podrían calibrado a continuación en un ciclo de calibración.

30 En una forma de realización, la cámara 22 se supone que contiene una atmósfera de aire a la presión atmosférica o cerca de la misma antes de que comience el ciclo de calibración. Como se indicó anteriormente, el ciclo de calibración comienza con la etapa de secado. El objetivo de la etapa de secado consiste en eliminar la humedad presente dentro de la atmósfera de la cámara 22 antes de un ciclo de calibración. El controlador 150 inicia la etapa de secado accionando la primera válvula 38 y la segunda válvula 48 de manera que están en sus respectivas posiciones abiertas. El controlador 150 acciona entonces el motor 44 y el secador 46 de manera que la atmósfera de la cámara 22 de la carcasa 20 circula por el conducto de recirculación 32. A medida que la atmósfera de la cámara 35 22 circula por el conducto de recirculación 32, pasa a través del secador 46 y se elimina la humedad del mismo. La etapa de secado continúa hasta que el nivel de humedad dentro de la cámara 22, indicado por el sensor de humedad 126, se reduce a un nivel predeterminado que es tan baja que no afecta apreciablemente a la fracción másica del peróxido de hidrógeno. El nivel de humedad predeterminado que no afecte a la fracción másica de peróxido de hidrógeno dependerá del volumen de la cámara 22, del contenido de agua y del volumen del esterilizante. Preferentemente, el nivel de humedad predeterminado es cero o próximo a cero por ciento. Cuando el sensor de humedad 126 indica que el nivel de humedad en la cámara 22 se ha reducido al nivel de humedad predeterminado, el controlador 150 desactiva el secador 46 y el motor 44 y mueve la la primera válvula 38 y la segunda válvula 48 a sus posiciones cerradas. En este momento en el ciclo de calibración, el conducto de recirculación 32, la soplante 42 y la secadora 46 están aislados de la cámara 22 y la etapa de secado termina. 45

50 En una forma de realización, la etapa de llenado comienza inmediatamente después de concluir la etapa de secado. El controlador 150 inicia la etapa de llenado accionando la primera válvula de suministro 112 para introducir la solución acuosa de peróxido de hidrógeno desde la fuente 104 en la cavidad 72. El controlador 150 acciona la segunda válvula de suministro 118 para introducir agua en la cavidad 72. Al accionar las válvulas 112 y 118 en cantidades variables, el controlador 150 puede introducir una solución acuosa de peróxido de hidrógeno con una concentración predeterminada de peróxido de hidrógeno en la cavidad 72. Preferentemente, la concentración predeterminada de peróxido de hidrógeno en la solución acuosa dentro de la cavidad 72 es generalmente igual a un valor de la concentración de peróxido de hidrógeno en la solución acuosa proporcionada en la Tabla 1 o la Tabla 2.

55 La concentración de peróxido de hidrógeno en solución acuosa dentro de la cavidad 72 puede seleccionarse de tal manera que la concentración resultante de peróxido de hidrógeno vaporizado está próxima a la concentración que el sensor 132 (es decir, el sensor que ha de calibrarse) ha de estar expuesto durante un ciclo de descontaminación. Por ejemplo, en una forma de realización, el sensor 132 se va a utilizar durante la descontaminación de habitaciones. La concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado utilizado durante la descontaminación de habitaciones está generalmente en el intervalo de aproximadamente 0,35 a 0,56 mg/litro. Por

lo tanto, para dicho sensor 132, la concentración de peróxido de hidrógeno en la solución acuosa dentro de la cavidad 72 se selecciona para proporcionar una concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado en la cámara 22 dentro del intervalo entre aproximadamente 0,35 y 0,56 mg/litro.

5 La etapa de equilibrado se inicia una vez que tanto la etapa de secado como la etapa de llenado han terminado. La cámara 22 y la cavidad 72 se mantienen a una temperatura predeterminada durante las etapas de equilibrado y de calibración. Con este fin, el controlador 150 opera el primer calentador 24 y el segundo calentador 88 de manera que la cámara 22 y la cavidad 72 se mantienen a una temperatura predeterminada.

10 El controlador 150 inicia la fase de equilibrado moviendo la tapa 74 a su posición abierta de tal manera que la cavidad 72 está conectado de forma movable a la cámara 22. Cuando la tapa 74 está abierta, los componentes de la solución acuosa de peróxido de hidrógeno dentro de la cavidad 72 entran en la fase de vapor a una primera velocidad, es decir, una velocidad de evaporación. En otras palabras, el peróxido de hidrógeno y el agua empiezan a evaporarse y entrar en la fase de vapor. Se aprecia que en un sistema líquido-vapor, la evaporación y la condensación se producen simultáneamente en la interfase gas/líquido. Por consiguiente, una vez que el peróxido de hidrógeno y el agua están presentes en una fase de vapor, comienzan a entrar en la fase líquida condensando a una segunda velocidad, es decir, la velocidad de condensación. A medida que las fases líquida y de vapor se aproximan al equilibrio, la velocidad de evaporación y la velocidad de condensación se aproximan entre sí. Cuando las fases líquida y de vapor están en equilibrio, la velocidad de evaporación y la velocidad de condensación son generalmente iguales. La etapa de equilibrado continúa hasta que se alcanza el equilibrio de fases. Cuando el equilibrio de fases se ha alcanzado, la etapa de equilibrado termina y la etapa de calibración puede comenzar.

20 En una forma de realización, el controlador 150 está programado para determinar que el equilibrio de fases se ha alcanzado en la cámara 22 haciendo el seguimiento de las señales generadas por el sensor de humedad 126 y sensor 132, sensor que ha de calibrarse. A este respecto, el controlador 150 determina que la fase de equilibrio se ha alcanzado cuando las señales generadas por el sensor de humedad 126 y el sensor 132 son generalmente estables.

25 Alternativamente, el controlador 150 está programado para determinar cuando ha transcurrido un periodo predeterminado una vez se ha retirado tapa 74. El período predeterminado se selecciona de manera que la fase líquida y la fase de vapor dentro de la cámara 22 han alcanzado el equilibrio cuando transcurre el período predeterminado. El sistema de fuelle 58 mantiene la presión en la cámara 22 sustancialmente a la presión atmosférica.

30 En una forma de realización, la etapa de calibración se inicia inmediatamente después de la terminación de la etapa de equilibrado, es decir, una vez se ha alcanzado la fase de equilibrio. Para mayor claridad, la siguiente exposición sobre la utilización de las tablas se referirá a la Tabla 1. Sin embargo, debe sobrentenderse que, o bien la Tabla 1 o la Tabla 2 se puede utilizar en relación con la presente invención.

35 Durante la etapa de calibración, el controlador 150 determina tanto la concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de la cámara 22 como la concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de la cámara 22, como indica la señal generada por el sensor 132.

En una forma de realización de la presente invención, el controlador 150 determina la concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado en la cámara 22 directamente utilizando las ecuaciones 1 a 9, como se expuso con detalle anteriormente.

40 El controlador 150 determina la concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de la cámara 22 según la señal generada por el sensor 132. El controlador 150 compara entonces la concentración medida con la concentración real determinada de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de la cámara 22 con objeto de obtener un valor de error indicador de la diferencia entre la concentración medida y real. El valor de error se utiliza para "calibrar" el sensor 132. A este respecto, el sensor 132 puede calibrarse aplicando un "factor de corrección" al valor de la concentración indicada por el sensor 132. Alternativamente, el sensor 132 se puede calibrar directamente modificando la programación interna del sensor 132 de manera que el valor de la concentración indicada por el sensor 132 sea sustancialmente igual a la concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado. La modificación de la programación interna de sensor 132 puede realizarse manualmente, o mediante la utilización de un dispositivo o sistema de programación, que incluye el controlador 150.

50 En el caso de un sensor electroquímico, el sensor genera una señal (milivoltios) que es proporcional a la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado. La señal generada suele estar comprendida en el intervalo de alrededor de 4 a 22 miliamperios. Se puede determinar una pendiente y el valor de intersección obteniendo dos (2) valores en miliamperios para dos (2) concentraciones correspondientes de peróxido de hidrógeno vaporizado. Otros tipos de sensores, tales como sensores de IR próximo, producen resultados en unidades de mg/l o ppm.

55 El controlador 150 puede programarse para confirmar la concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de la cámara 22 utilizando el sensor de humedad 126. A este respecto, el controlador 150 determina la humedad dentro de la cámara 22 de medición según la señal de humedad generada por el sensor de humedad 126. A continuación, el controlador 150 determina un valor de humedad dentro de la cámara 22 que corresponde a

la concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado determinado como se describió anteriormente. A este respecto, el controlador 150 resta la concentración del valor real de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de la cámara 22 de 100 para determinar el valor de humedad teórico. El controlador 150 compara entonces el valor de humedad medido con el valor de humedad teórico. Si el valor de humedad medido es generalmente igual al valor de la humedad teórico, entonces se confirma la concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado en la cámara 22 determinada anteriormente.

En otra forma de realización de la presente invención, la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de la cámara 22 durante la fase de calibración se puede variar fácilmente de un ciclo de calibración a otro. A este respecto, la concentración de peróxido de hidrógeno dentro de la solución acuosa de peróxido de hidrógeno dentro de la cavidad 72 puede seleccionarse de tal manera que el sensor 132 que ha de calibrarse está expuesto a una gama de concentraciones de peróxido de hidrógeno vaporizado durante ciclos de calibración sucesivos. Por ejemplo, el agua del suministro de agua 116 se introduce en la cavidad 72 durante la etapa de llenado de un ciclo de calibración inicial. Una solución acuosa concentrada de peróxido de hidrógeno se introduce desde la fuente 104 en la cavidad 72 para crear una solución diluida acuosa inicial de peróxido de hidrógeno dentro de la cavidad 72. El ciclo de calibración inicial concluye entonces. En posteriores ciclos de calibración, se introduce peróxido de hidrógeno acuoso concentrado desde la fuente 104 en la solución acuosa de peróxido de hidrógeno ya dentro de la cavidad 72 para formar soluciones acuosas sucesivamente más concentradas de peróxido de hidrógeno dentro de la cavidad 72. En cada uno de estos ciclos de calibración posteriores, el sensor 132 se expone a concentraciones sucesivamente más altas de peróxido de hidrógeno vaporizado durante la etapa de calibración.

Un aparato de calibración según una forma de realización alternativa de la presente invención se describirá a continuación haciendo referencia a la FIG. 2. El aparato de calibración 210 comprende generalmente una caja 220, un conducto de recirculación 222, un recipiente abierto 250 situado dentro de la caja 220, un depósito 260 y un densitómetro 280. El aparato de calibración 210 opera a la temperatura atmosférica.

La caja 220 incluye un orificio de salida 220a y un orificio de entrada 220b que están conectados de forma movable con los extremos opuestos del conducto de recirculación 222. En la forma de realización ilustrada, un convertidor catalítico 240, una soplante 242 y un secador 244 están situados en el conducto de recirculación 222. Un convertidor catalítico 240 está situado corriente abajo del orificio de salida 220a, mientras que el secador 244 se encuentra corriente arriba del orificio de entrada 220b. El convertidor catalítico 240 puede operarse para destruir el peróxido de hidrógeno que circula a través del mismo, por medios normalmente conocidos. El secador 244 puede operarse para eliminar la humedad, por medios normalmente conocidos. La soplante 242 está situada en el conducto de recirculación 222 entre el convertidor catalítico 240 y el secador 244. En la forma de realización ilustrada, la soplante 242 incluye un "compresor de anillo" para interrumpir la circulación de fluido a su través cuando la soplante 242 está desactivada. Un sensor de temperatura 246 y un sensor de humedad 248 están también situados en el conducto de recirculación 222. En la forma de realización ilustrada, el sensor de temperatura 246 y el sensor de humedad 248 están corriente abajo del convertidor catalítico 240, entre convertidor catalítico 240 y la soplante 242. El sensor de humedad 248 proporciona una señal indicadora de humedad relativa.

Un sensor de temperatura 224 está situado dentro de la caja 220 para proporcionar una señal indicadora de la temperatura en la misma.

El recipiente abierto 250, situado dentro de la caja 220, está conectado de forma movable con el depósito 260 por un primer conducto 252 de fluido. El depósito 260 contiene una solución acuosa de peróxido de hidrógeno, es decir, el esterilizante líquido. En la forma de realización ilustrada, el depósito 260 toma la forma de una botella convencional. Una primera bomba reversible 254 está situada dentro del primer conducto 252 de fluido para transferir el esterilizante líquido entre el depósito 260 y el recipiente abierto 250. Un interruptor de flotador 256 está situado dentro del recipiente abierto 250 para indicar cuando se ha alcanzado un nivel conocido de fluido dentro del recipiente abierto 250.

La densidad del esterilizante líquido en el depósito 260 se determina utilizando densitómetro 280, como se describirá con detalle a continuación. El densitómetro 280 se compone de un tubo 282, un transductor de presión 284, un interruptor de flotador 286 y un sensor de temperatura 288. El transductor de presión 284 está situado en el extremo inferior del tubo 282. El interruptor de flotador 286 se utiliza para indicar cuando se ha alcanzado una altura (h) de líquido conocido dentro del tubo 282. Un segundo conducto de fluido 272 conecta el densitómetro 280 con primer conducto de fluido 252. Una segunda bomba reversible 274 está situado en el segundo conducto de fluido 272 para transferir líquido esterilizante entre el depósito 260 y densitómetro 280. Como se describirá con detalle más adelante, la densidad del esterilizante líquido se determina utilizando la presión indicada por el transductor de presión 284, y la altura (h) del líquido conocido dentro del tubo 282. La concentración de peróxido de hidrógeno líquido en el agente esterilizante líquido se determina a partir de la temperatura del fluido en el tubo 282 (indicado por el sensor de temperatura 288), la densidad calculada del esterilizante líquido y ecuaciones conocidas.

Un controlador 290 está programado para controlar la operación de aparato de calibración 210 de la manera expuesta con detalle a continuación. El controlador 290 proporciona señales de control para activar y desactivar la soplante 242, el secador 244, y las bombas reversibles 254 y 274. El controlador 290 recibe señales procedentes del sensor de temperatura 224, del sensor de temperatura 246, del sensor de humedad 248, del interruptor de flotador

256, del transductor de presión 284, del interruptor de flotador 286 y del sensor de temperatura 288. Debe apreciarse que el controlador 290 puede tomar la forma de un microcontrolador o un microprocesador.

5 El sensor de concentración (es decir, el sensor de concentración 300) que está siendo calibrado por el aparato de calibración 210 está situado dentro de la caja 220, como se indica en la FIG. 2. El sensor de concentración 300 proporciona una señal al controlador 290 que es indicadora de la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de la caja 220. En la forma de realización ilustrada, el sensor de concentración 300 está situado en un soporte 226. Debe apreciarse que el soporte 226 puede estar configurado para sostener más de un sensor de concentración 300, lo que permite la calibración simultánea de muchos sensores de concentración.

10 La operación del aparato de calibración 210 se describirá a continuación con detalle. En primer lugar, la soplante 242 se activa hasta que se alcanza un nivel predeterminado de humedad absoluta (por ejemplo, 0,5 mg/litro) dentro de la caja 220. La humedad absoluta dentro de la caja 220 se controla por el controlador 290 utilizando la humedad relativa indicada por del sensor de humedad 248 y la temperatura indicada por el sensor de temperatura 246.

15 A continuación, el controlador 290 activa la bomba 274 para transferir esterilizante líquido desde el depósito 260 al densitómetro 280. En este sentido, la bomba 274 se activa hasta que el nivel de líquido dentro del tubo 282 ha alcanzado un nivel predeterminado (es decir, la altura h), tal como se indica por la activación del interruptor de flotador 286. El transductor de presión 284 proporciona una señal al controlador 290 indicadora del nivel de presión dentro del tubo 282, y el sensor de temperatura 288 proporciona una señal al controlador 290 indicadora de la temperatura del esterilizante líquido dentro del tubo 282. En consecuencia, el controlador 290 determina la densidad del esterilizante líquido dentro del tubo 282 utilizando la siguiente ecuación de hidrostática:

20 
$$P = \rho \cdot h \quad (1A)$$

en la que:

P = nivel de presión en el tubo 282 (determinada en el transductor de presión 284),

$\rho$  = densidad, y

h = altura de fluido (conocida).

25 La ecuación (1A) puede resolverse para la densidad, dando:

$$\rho = P/h \quad (2A)$$

Una vez determinada la densidad  $\rho$  por la ecuación (2A), se puede utilizar la siguiente ecuación para determinar la concentración de peróxido de hidrógeno líquido en el esterilizante líquido:

$$\rho = a + b \cdot \omega + c \cdot \omega^2 + d \cdot \omega^3 \quad (3A)$$

30 En la que:

a, b, c y d son coeficientes determinados en función de la temperatura a partir de la tabla siguiente, y

$\omega$  = concentración de peróxido de hidrógeno líquido en el agente esterilizante líquido, en comparación con el agua, por la masa (35% = 0,35).

<b>TABLA 3</b>				
Temperatura (°C)	a	b	c	d
0	0,9998	0,39939	0,01758	0,05470
10	0,9997	0,36790	0,06208	0,02954
25	0,9970	0,34672	0,06995	0,02885
50	0,9880	0,31382	0,09402	0,01910
96	0,9612	0,27652	0,11956	-

35 Puede utilizarse interpolación para determinar los coeficientes a otras temperaturas aparte de las identificadas en la Tabla 3 anterior.

Se apreciará que pueden utilizarse técnicas alternativas para determinar la densidad del esterilizante líquido.

Con la temperatura y la densidad del peróxido de hidrógeno líquido conocido, se puede utilizar la ecuación (3A) para determinar la concentración de peróxido de hidrógeno líquido por prueba y error. Como alternativa, se puede utilizar una rutina de resolución. La concentración del líquido de peróxido de hidrógeno se puede determinar también utilizando otros medios tales como un análisis químico.

5 Una vez se han determinado los valores de temperatura y densidad utilizando el densitómetro 280, el controlador 290 activa la bomba 274, a la inversa, para devolver el esterilizante líquido en el tubo 282 al depósito 260. Después, el controlador 290 activa la bomba 254 para transferir el esterilizante líquido desde el depósito 260 al recipiente 250 abierto situado dentro de la caja 220. A este respecto, la bomba 254 permanece activada hasta que se activa el interruptor de flotador 256, lo que indica al controlador 290 que se ha alcanzado un nivel de líquido predeterminado en el recipiente 250 abierto.

10 El peróxido de hidrógeno líquido en el recipiente abierto 250 se deja entonces difundirse en la caja 220. El controlador 290 controla la concentración (indicada por el sensor de concentración 300) frente al tiempo, y permite que la señal del sensor de concentración 300 se estabilice, lo que indica un equilibrio de fases. Después de ello, la concentración de líquido de peróxido de hidrógeno, determinada anteriormente, se utiliza junto con las ecuaciones 1 a 9 (descrita con detalle anteriormente en relación con la primera forma de realización de la presente invención) para determinar la concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado en la caja 220.

15 El controlador 290 determina la concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de la caja 220 según la señal generada por el sensor de concentración 300. La concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado se compara con la concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado, determinada utilizando las ecuaciones 1 a 9. El sensor de concentración 300 se calibra a continuación de la misma manera que se ha descrito anteriormente en relación con el sensor 132.

20 Una vez ha terminado la calibración del sensor de concentración 300, el controlador 290 activa la bomba 254, a la inversa, para devolver el esterilizante líquido desde el recipiente abierto 250 al depósito 260. Una vez se ha drenado completamente el esterilizante líquido del recipiente 250 abierto, el controlador 290 activa la soplante 242 durante un tiempo suficiente para agotar (es decir, airear) todo el peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de la caja 220. Tras la aireación, el controlador 290 indica al usuario que es seguro extraer el sensor de concentración 300 del soporte 226.

25 Las descripciones anteriores son formas de realización específicas de la presente invención. Debe apreciarse que estas formas de realización se describen a título de ilustración solamente, y que los expertos en la materia pueden poner en práctica numerosas alteraciones y modificaciones sin apartarse del alcance de la invención. Se pretende que todas estas modificaciones y alteraciones se incluyan en la medida en que estén comprendidas en el alcance de la invención según se reivindica o los equivalentes de las mismas.

30

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato para calibrar un sensor de concentración destinado a detectar la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado, comprendiendo dicho aparato:

una caja (20) que define una cámara (22);

5 un primer sensor (128) de temperatura para generar una primera señal indicadora de la temperatura dentro de la cámara (22);

un recipiente (70) que define una cavidad (72), incluyendo dicho recipiente (70) unos medios (74) de aislamiento móviles entre una posición cerrada para aislar la cavidad (72) de la cámara (22) y una posición abierta en el que la cavidad (72) está en comunicación fluídica con la cámara (22);

10 unos primeros medios de suministro (102, 112) para suministrar una solución acuosa de peróxido de hidrógeno líquido (104) a la cavidad (72);

un primer sensor (122) de concentración para generar una segunda señal indicadora de una concentración de peróxido de hidrógeno líquido dentro de la cavidad (72);

15 un controlador (150) que almacena datos para correlacionar una concentración de peróxido de hidrógeno líquido a una temperatura predeterminada con una concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado, derivando dicho peróxido de hidrógeno vaporizado de dicha solución acuosa de peróxido de hidrógeno líquido (104), en el que dicho controlador (150) incluye:

20 unos medios para recibir la primera señal generada por el primer sensor (128) de temperatura indicador de la temperatura dentro de la cámara (22) y la segunda señal generada por el primer sensor de concentración (122) indicador de la concentración de peróxido de hidrógeno líquido (104) dentro de la cavidad (72);

unos medios para mover dichos medios de aislamiento (74) desde la posición cerrada a la posición abierta, liberando así el peróxido de hidrógeno vaporizado en dicha cámara (22);

25 unos medios para recibir una tercera señal generada por un segundo sensor (132) de concentración situado dentro de dicha cámara (22), siendo dicha tercera señal indicadora de una concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado en el interior de dicha cámara (22);

unos medios para determinar una concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado en el interior de dicha cámara (22) utilizando dicha primera señal, dicha segunda señal y dichos datos almacenados;

unos medios para comparar dicha concentración medida con dicha concentración real para determinar un valor de error; y

30 unos medios para la calibración de dicho segundo sensor de concentración (132) según el valor de error determinado.

2. Aparato para calibrar un sensor de concentración según la reivindicación 1, en el que el aparato incluye además:

unos primeros medios de calefacción (88) para calentar el peróxido de hidrógeno líquido dentro de dicha cavidad (72); y

35 unos segundos medios de calefacción (24) para calentar el peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de dicha cámara (22).

3. Aparato para calibrar un sensor de concentración según la reivindicación 1, en el que dicho recipiente (70) está dispuesto dentro de dicha cámara (22).

40 4. Aparato para calibrar un sensor de concentración según la reivindicación 1, que comprende además: unos medios (46) para eliminar la humedad de dicha cámara (22).

5. Aparato para calibrar un sensor de concentración según la reivindicación 1, en el que dichos medios para calibrar determinan un factor de calibración que debe aplicarse a la concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado indicado por dicho segundo sensor (132) de concentración.

45 6. Aparato para calibrar un sensor de concentración según la reivindicación 1, en el que dichos medios para calibrar modifican la programación interna de dicho segundo sensor de concentración (132) de modo que la concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado es sustancialmente igual a la concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado.

7. Procedimiento de calibración de un sensor de concentración para detectar la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado, comprendiendo dicho procedimiento las etapas siguientes:

llenar una cavidad (72) definida por un recipiente cerrado (70) con una solución acuosa de peróxido de hidrógeno líquido (104), estando dicha cavidad (72) aislada por unos medios de aislamiento (74) de una cámara (22) definida por una caja (20);

5 almacenar los datos en un controlador (150), correlacionando dichos datos una concentración de peróxido de hidrógeno líquido a una temperatura predeterminada con una concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado;

localizar un sensor (132) de concentración que debe calibrarse dentro de dicha cámara (22), generando dicho sensor (132) de concentración una señal indicadora de una concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de dicha cámara (22);

10 desplazar dichos medios (74) de aislamiento para poner dicha cavidad (72) en comunicación fluidica con dicha cámara (22), liberando así el peróxido de hidrógeno vaporizado en dicha cámara (22);

determinar una concentración de peróxido de hidrógeno líquido dentro de dicha cavidad (72);

determinar una temperatura dentro de dicha cavidad (72);

15 determinar una concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado en el interior de dicha cámara (22) utilizando dichos datos almacenados, la temperatura dentro de dicha cavidad (72), y la concentración de peróxido de hidrógeno líquido dentro de dicha cavidad (72);

comparar la concentración medida con la concentración real para determinar un valor de error; y

calibrar dicho sensor (132) de concentración situado dentro de dicha cámara (22) según el valor de error determinado.

20 8. Procedimiento para calibrar un sensor de concentración según la reivindicación 7, que comprende además la etapa siguiente:

eliminar la humedad de dicha cámara antes de dicha etapa que consiste en desplazar dichos medios de aislamiento.

25 9. Procedimiento para calibrar un sensor de concentración según la reivindicación 7, en el que dicha etapa que consiste en calibrar incluye determinar un factor de calibración que debe ser aplicado a la concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado indicada por dicho sensor de concentración (132).

10. Procedimiento para calibrar un sensor de concentración según la reivindicación 7, en el que dicha etapa que consiste en calibrar incluye modificar la programación interna de dicho sensor (132) de concentración de manera que la concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado es sustancialmente igual a la concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado.

30 11. Procedimiento para calibrar un sensor de concentración según la reivindicación 7, en el que dicho procedimiento comprende además una etapa que consiste en confirmar dicha concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado en el interior de dicha cámara (22).

12. Procedimiento para calibrar un sensor de concentración según la reivindicación 11, en el que la etapa que consiste en confirmar dicha concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado incluye las etapas siguientes:

35 determinar un valor medido de humedad dentro de dicha cámara (22);

determinar un valor teórico de humedad dentro de dicha cámara (22) según dicha concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado;

40 comparar dicho valor de humedad teórico con dicho valor de humedad medido, en el que si dicho valor teórico de humedad es generalmente igual a dicho valor medido de humedad, se confirma dicha concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado.

13. Procedimiento para calibrar un sensor de concentración según la reivindicación 7, comprendiendo además dicho procedimiento la etapa siguiente:

45 permitir a una fase líquida de los componentes químicos dispuestos dentro de dicha cámara (22) y a una fase de vapor de dichos componentes químicos dispuestos dentro de dicha cámara obtener el equilibrio, en el que dichos componentes químicos incluyen peróxido de hidrógeno y agua.

14. Aparato para calibrar un sensor de concentración para detectar la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado, comprendiendo dicho aparato:

una caja (220);

## ES 2 391 335 T3

un recipiente abierto (250) situado dentro de la caja (220);

un primer sensor de temperatura (224) que proporciona una primera señal indicadora de la temperatura dentro de la caja (220);

un densitómetro (280), incluyendo dicho densitómetro (280):

- 5 un tubo (282) para contener una columna de fluido que presenta una altura  $h$ ,  
un transductor de presión (284) para proporcionar un valor de la presión para la columna de un fluido que presenta una altura  $h$ , y

un sensor de temperatura (288) para detectar la temperatura del fluido en el tubo (282);

- 10 un depósito (260) para proporcionar un suministro de una solución acuosa de peróxido de hidrógeno (260), estando dicho depósito en comunicación fluidica con el recipiente abierto (250) y el densitómetro (280) y

un controlador (290) para controlar el funcionamiento del aparato, comprendiendo dicho controlador (290):

unos medios para determinar la concentración de peróxido de hidrógeno líquido en la solución acuosa de peróxido de hidrógeno utilizando el densitómetro (280),

- 15 unos medios para almacenar datos para correlacionar una concentración de peróxido de hidrógeno líquido con una concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado a una temperatura dada, derivando dicho peróxido de hidrógeno vaporizado de dicha solución acuosa de peróxido de hidrógeno,

unos medios para activar una bomba (254) para transferir la solución acuosa de peróxido de hidrógeno desde el depósito (260) hasta el recipiente abierto (250),

- 20 unos medios para recibir una primera señal generada por el primer sensor de temperatura (224) indicadora de la temperatura dentro de la caja (220) y una segunda señal generada por el densitómetro (280) indicadora de la concentración de peróxido de hidrógeno líquido dentro del recipiente (250),

unos medios para determinar una concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado en el interior de dicha caja (220) utilizando la primera señal indicadora de la temperatura dentro de la caja (220) y los datos almacenados,

- 25 unos medios para determinar una concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de dicha caja (220) accediendo a dichos datos según la temperatura y la concentración de peróxido de hidrógeno líquido indicadas respectivamente por dichas primera y segunda señales,

- 30 unos medios para recibir una tercera señal generada por un sensor de concentración (300) situado dentro de la caja (220), siendo dicha tercera señal indicadora de una concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de la caja (220),

unos medios para comparar la concentración medida con la concentración real para determinar un valor de error, y

unos medios para calibrar el sensor de concentración (300) situado dentro de la caja (220) según el valor de error determinado.

- 35 15. Procedimiento para calibrar un sensor de concentración para detectar la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado, comprendiendo dicho procedimiento las etapas siguientes:

almacenar los datos en un controlador (290), correlacionando dichos datos una concentración de peróxido de hidrógeno líquido a una temperatura predeterminada con una concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado;

- 40 localizar un sensor de concentración (300) que debe calibrarse dentro de una caja (220), generando dicho sensor de concentración (300) una señal indicadora de una concentración medida de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de dicha caja (220);

determinar la densidad de una solución acuosa de peróxido de hidrógeno líquido;

determinar una concentración del peróxido de hidrógeno líquido utilizando la densidad determinada del peróxido de hidrógeno líquido;

- 45 llenar un recipiente abierto (250) dentro de la caja (220) con la solución acuosa de peróxido de hidrógeno líquido;

determinar una temperatura dentro de la caja (220);

## ES 2 391 335 T3

determinar una concentración real de peróxido de hidrógeno vaporizado en el interior de dicha caja (220) utilizando dichos datos almacenados, la temperatura dentro de la caja (220) y la concentración de peróxido de hidrógeno líquido;

comparar la concentración medida con la concentración real para determinar un valor de error, y

- 5 calibrar el sensor de concentración (300) situado dentro de la caja (220) según el valor de error determinado.

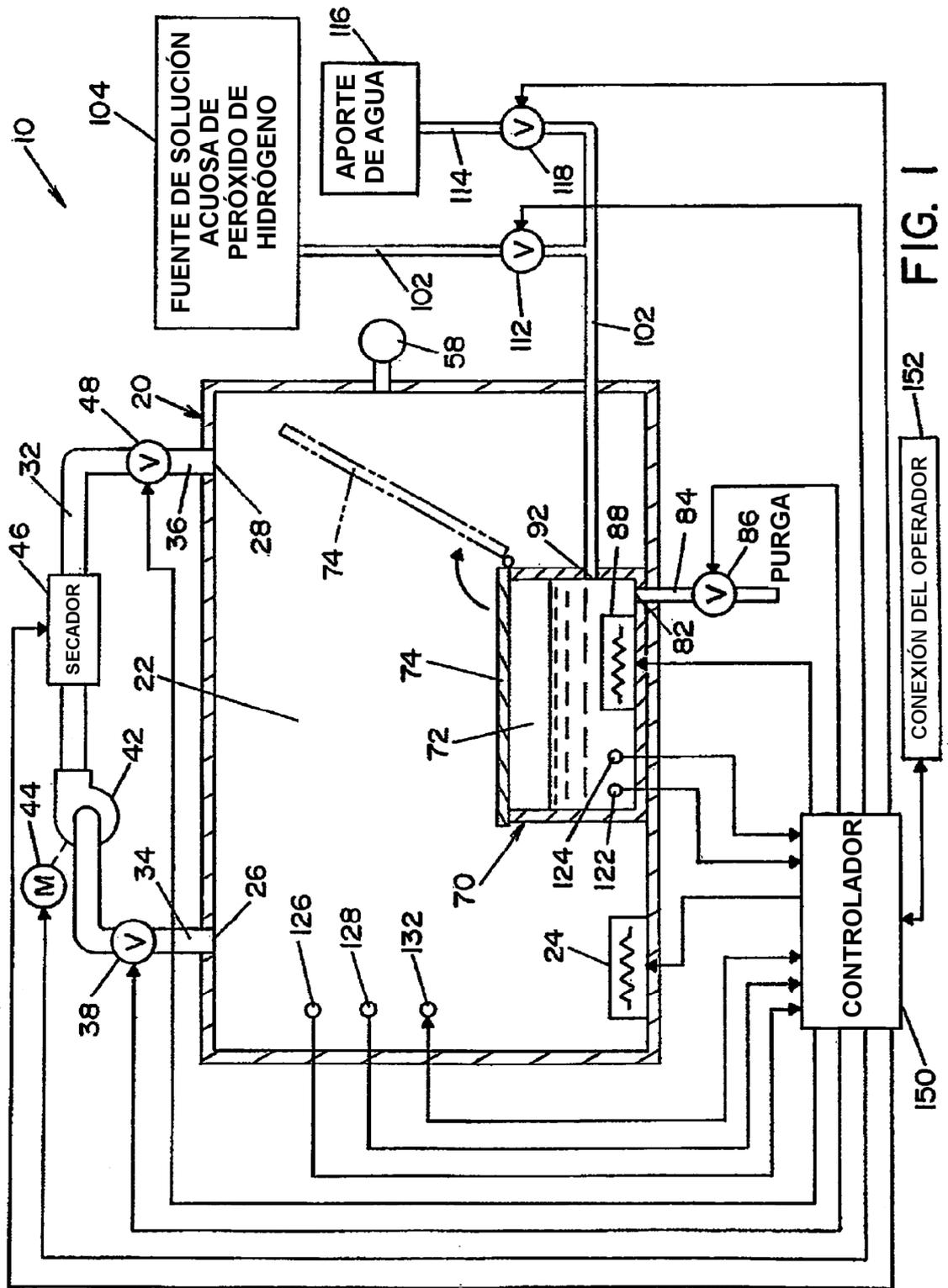


FIG. 1

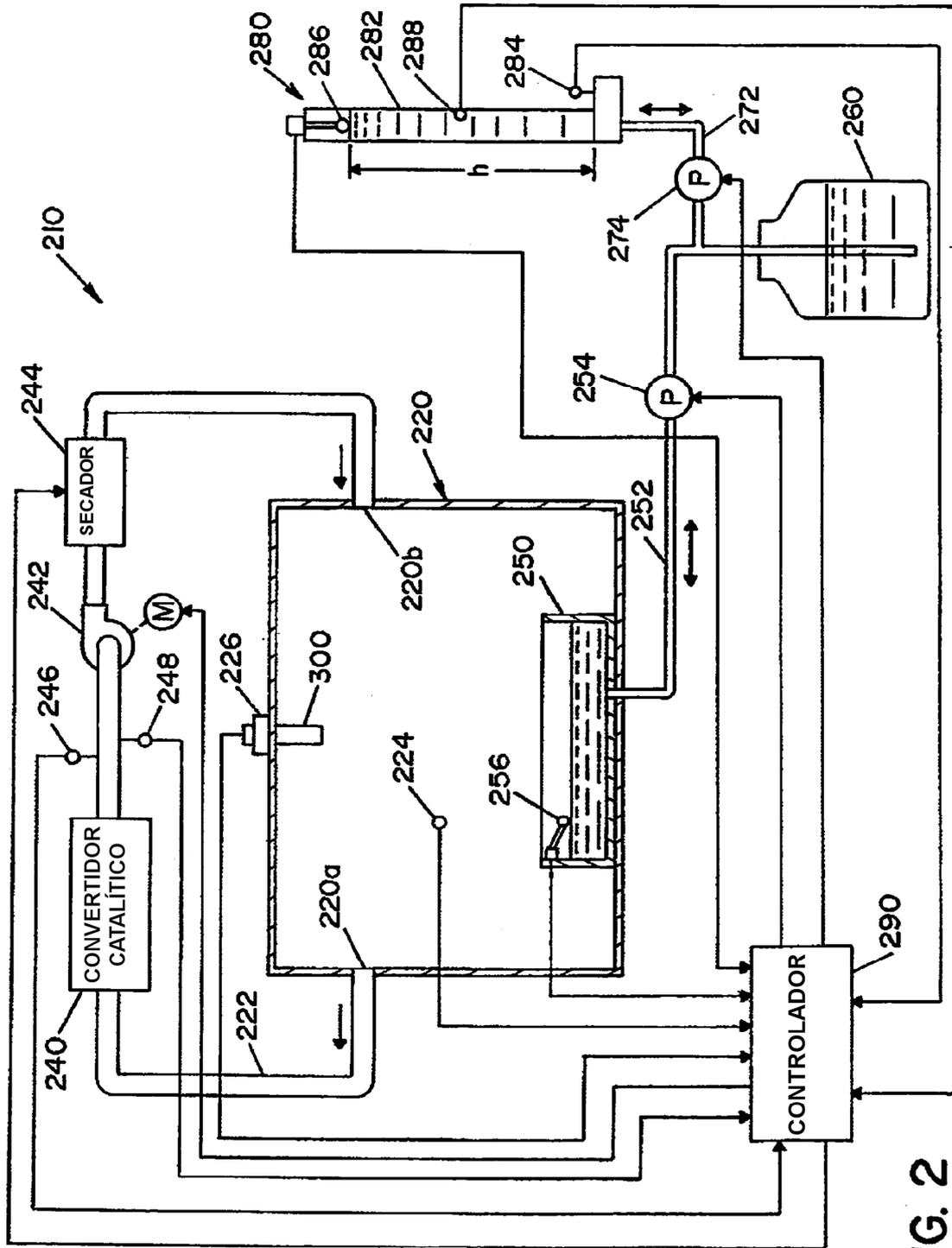


FIG. 2