



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 379 554**

51 Int. Cl.:  
**A61L 2/00** (2006.01)  
**A61L 2/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09007100 .2**  
96 Fecha de presentación : **27.04.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2108380**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.10.2009**

54 Título: **Vaporizador de peróxido de hidrógeno.**

30 Prioridad: **01.05.2006 US 796427 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.04.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.04.2012**

73 Titular/es: **American Sterilizer Company**  
**5960 Heisley Road**  
**Mentor, Ohio 44060-1834, US**

72 Inventor/es: **Hill, Aaron L.**

74 Agente/Representante:  
**Curell Aguilá, Mireia**

ES 2 379 554 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).

# ES 2 379 554 T3

## DESCRIPCIÓN

Vaporizador de peróxido de hidrógeno.

5 La presente invención se refiere a la generación de peróxido de hidrógeno vaporizado, y más particularmente, a un sistema para generar grandes cantidades de peróxido de hidrógeno vaporizado y a un procedimiento para hacer funcionar el mismo.

### 10 Antecedentes de la invención

Es conocido el hecho de usar peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) en la esterilización y en otros procedimientos. En un procedimiento de esterilización, se vaporiza peróxido de hidrógeno líquido para formar peróxido de hidrógeno vaporizado (VHP). El peróxido de hidrógeno vaporizado se produce normalmente a partir de una mezcla líquida de peróxido de hidrógeno y agua. Debe tenerse cuidado al vaporizar esta mezcla debido a la diferencia en los puntos de ebullición entre el agua y el peróxido de hidrógeno. Con respecto a esto, el agua hierve a  $100^\circ C$ , mientras que el peróxido de hidrógeno puro hierve a  $150^\circ C$ . Por consiguiente, cuando se vaporiza una mezcla de agua y peróxido de hidrógeno, el agua tiende a hervir antes que el peróxido de hidrógeno a menos que la mezcla se someta a vaporización súbita. En sistemas convencionales, la vaporización súbita se logra dejando gotear una pequeña cantidad de la mezcla de agua y de peróxido de hidrógeno sobre una superficie caliente. Se dirige aire sobre la superficie caliente para transportar lejos el peróxido de hidrógeno vaporizado.

La patente US nº 2.491.732 da a conocer un vaporizador convencional de peróxido de hidrógeno vaporizado (VHP). Un problema con el procedimiento de vaporización por goteo mencionado anteriormente es que debe mantenerse una superficie caliente para vaporizar la mezcla de peróxido de hidrógeno líquido y de agua. Las pruebas han mostrado que puede alcanzarse una velocidad de inyección de hasta 5 gramos por minuto por orificio de inyección con los vaporizadores con procedimiento de goteo actuales. A velocidades de inyección superiores, ya no pueden mantenerse gotitas individuales. En otras palabras, el vaporizador de tipo por goteo está limitado en cuanto a la cantidad de peróxido de hidrógeno vaporizado que puede producir dentro de límites de tamaño dados. Esta limitación evita que se usen los vaporizadores de tipo por goteo en determinados procedimientos de esterilización de alto volumen en los que se necesita esterilizar grandes números de artículos y dispositivos en un período de tiempo corto.

Otros dispositivos y procedimientos que utilizan peróxido de hidrógeno vaporizado son conocidos a partir de los documentos US 2002/0159915, US 4.742.667 y WO 2004/054882.

35 Otro problema con los sistemas de descontaminación con peróxido de hidrógeno vaporizado es evitar la condensación del peróxido de hidrógeno vaporizado sobre los artículos o las superficies que van a descontaminarse.

Por tanto es deseable tener un generador de peróxido de hidrógeno vaporizado de alta capacidad que pueda generar altos volúmenes de peróxido de hidrógeno vaporizado a niveles de concentración que no se condensarán sobre los artículos o las superficies que van a descontaminarse.

La presente invención proporciona un vaporizador de peróxido de hidrógeno que puede generar grandes volúmenes de peróxido de hidrógeno vaporizado a niveles de concentración que no se condensarán sobre los artículos o las superficies que van a descontaminarse.

### Sumario de la invención

50 Según una forma de realización preferida de la presente invención, se proporciona un aparato según se define en la reivindicación 1 para descontaminar artículos que comprende una cámara de descontaminación. Un transportador transporta artículos que van a descontaminarse a lo largo de una primera trayectoria a través de la cámara de descontaminación. Una unidad de vaporización se conecta a la cámara de descontaminación. La unidad de vaporización está dispuesta encima de la cámara de descontaminación. Un soplador transporta un gas portador a través de la unidad de vaporización y a través de la cámara de descontaminación. Unos medios de calentamiento calientan el gas portador que fluye a través de la unidad de vaporización. Una fuente de peróxido de hidrógeno líquido se conecta mediante fluido a la unidad de vaporización. Un dispositivo de inyección inyecta peróxido de hidrógeno líquido en la unidad de vaporización. El aparato comprende asimismo una unidad de aireación, un conducto de derivación y unos medios de válvula según la reivindicación 1.

60 Una ventaja de la presente invención es un generador de peróxido de hidrógeno vaporizado (VHP) de alta capacidad.

Otra ventaja de la presente invención es un sistema de descontaminación que puede producir grandes cantidades de peróxido de hidrógeno vaporizado.

65 Otra ventaja de la presente invención es un sistema de descontaminación tal como se describió anteriormente que presenta varios procedimientos para confirmar el flujo de peróxido de hidrógeno vaporizado a través del sistema.

## ES 2 379 554 T3

Otra ventaja de la presente invención es un sistema de descontaminación tal como se describió anteriormente que puede modificar el flujo de gas portador a través del mismo.

5 Otra ventaja de la presente invención es un sistema de descontaminación tal como se describió anteriormente que puede modificar la velocidad de inyección de agente esterilizante líquido en el sistema.

Otra ventaja de la presente invención es un sistema de descontaminación tal como se describió anteriormente que puede modificar la temperatura de un gas portador que fluye a través del mismo.

10 Otra ventaja de la presente invención es un sistema de descontaminación tal como se describió anteriormente que se hace funcionar para mantener la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado en un gas portador a un nivel en el que el peróxido de hidrógeno vaporizado presenta un punto de rocío inferior a la temperatura inicial de artículos que van a descontaminarse.

15 Todavía una ventaja adicional de la presente invención es un sistema de descontaminación tal como se describió anteriormente en el que los componentes del sistema están dispuestos, de tal manera que el peróxido de hidrógeno no vaporizado (si está presente) fluirá hacia abajo a través de un sistema para recogerse en un punto bajo en el sistema.

20 Otra ventaja de la presente invención es un sistema de descontaminación tal como se describió anteriormente que presenta un sistema de suministro de agente esterilizante con un tanque de sedimentación para eliminar gas arrastrado o atrapado en una tubería de suministro de agente esterilizante a un vaporizador.

Otra ventaja de la presente invención es un sistema de descontaminación tal como se describió anteriormente que presenta una unidad de procesamiento de aire para filtrar y secar aire usado dentro del sistema.

25 Otra ventaja de la presente invención es un procedimiento para hacer funcionar un sistema tal como se describió anteriormente para evitar la condensación sobre artículos o superficies que van a descontaminarse.

30 Otra ventaja de la presente invención es un procedimiento para hacer funcionar un sistema tal como se describió anteriormente para mantener una concentración deseada de peróxido de hidrógeno vaporizado en la ubicación en la que van a descontaminarse artículos o superficies.

Otra ventaja de la presente invención es un procedimiento para hacer funcionar un sistema tal como se describió anteriormente para mantener una velocidad de inyección fija de agente esterilizante líquido.

35 Estas y otras ventajas se pondrán de manifiesto a partir de la siguiente descripción de una forma de realización preferida tomada junto con los dibujos adjuntos y las reivindicaciones adjuntas.

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

La invención puede tomar forma física en determinadas partes y disposición de partes, una forma de realización preferida de lo cual se describirá con detalle en la memoria y se ilustrará en los dibujos adjuntos que forman parte de la misma, y en los que:

45 la figura 1 es un dibujo que ilustra esquemáticamente un sistema de descontaminación con peróxido de hidrógeno vaporizado de alta capacidad, que ilustra una forma de realización preferida de la presente invención;

50 la figura 2 es un dibujo que ilustra esquemáticamente una unidad de suministro de agente esterilizante del sistema de descontaminación mostrado en la figura 1;

la figura 3 es un dibujo que ilustra gráficamente una unidad de vaporizador del sistema de descontaminación mostrado en la figura 1;

55 la figura 4 es un dibujo que ilustra esquemáticamente una unidad de aireación del sistema de descontaminación mostrado en la figura 1;

60 la figura 5 es un dibujo que ilustra esquemáticamente una unidad de acondicionamiento de aire del sistema de descontaminación mostrado en la figura 1;

la figura 6 es un dibujo que ilustra esquemáticamente una unidad de destructor del sistema de descontaminación mostrado en la figura 1;

65 la figura 7 es una vista en sección de un vaporizador del sistema de descontaminación mostrado en la figura 1;

la figura 8 es una vista ampliada de un atomizador de la unidad de vaporizador mostrada en la figura 7;

la figura 9 es una vista en perspectiva de un colector y una cámara de descontaminación;

## ES 2 379 554 T3

la figura 10 es una gráfica de un calor de vaporización (calor latente) en función de una concentración de peróxido de hidrógeno en agua;

la figura 11 es una gráfica de la densidad de peróxido de hidrógeno en función de una concentración de peróxido de hidrógeno en agua; y

la figura 12 es una gráfica de una capacidad calorífica de peróxido de hidrógeno en función de una concentración de peróxido de hidrógeno en agua.

10

### **Descripción detallada de la forma de realización preferida**

Haciendo referencia a continuación a los dibujos que se muestran solamente con el fin de ilustrar una forma de realización preferida de la invención, y no con el fin de limitar la misma, la figura 1 muestra un sistema de descontaminación con peróxido de hidrógeno vaporizado 10 para descontaminar de manera continua artículos 12 que se mueven a lo largo de una cinta 14 transportadora, ilustrando una forma de realización preferida de la presente invención.

De manera general, un sistema de descontaminación 10, según la presente invención, está compuesto por una unidad de suministro de agente esterilizante, una unidad de acondicionamiento de aire, una unidad de vaporizador, una sala de descontaminación o aislador, una unidad de destructor y una unidad de aireación. En la realización mostrada, el sistema de descontaminación 10 incluye una única unidad de suministro de agente esterilizante 100, una única unidad de acondicionamiento de aire 200, dos unidades de vaporizador 300A, 300B, dos salas de descontaminación 500A, 500B, dos unidades de destructor 600A, 600B y dos unidades de aireación 700A, 700B.

25

#### *Unidad de suministro de agente esterilizante 100*

Haciendo referencia a continuación a la figura 2, se observa mejor la unidad de suministro de agente esterilizante 100. Una tubería de suministro 112 conecta la unidad de suministro de agente esterilizante 100 a un suministro externo 114 de agente esterilizante líquido. Un conjunto de bomba y drenaje 120 está conectado a la tubería de suministro 112. El conjunto de bomba y drenaje 120 incluye una bomba 122 accionada por un motor 124. La bomba 122 y el motor 124 están diseñados para transportar cantidades medidas de agente esterilizante líquido a un conjunto de depósito 130.

El conjunto de depósito 130 incluye preferentemente dos tanques de depósito 132A, 132B. Se proporcionan dos tanques de contención de agente esterilizante 132A, 132B para permitir un flujo de agente esterilizante continuo, ininterrumpido, a las unidades de vaporizador 300A, 300B. Con respecto a esto, un tanque de contención 132A puede llenarse con agente esterilizante, mientras que el otro tanque 132B se usa para proporcionar agente esterilizante a unidades de vaporizador 300A, 300B, tal como se describirá con más detalle a continuación. Los tanques 132A, 132B son esencialmente idénticos, y por tanto, sólo se describirá con detalle el tanque 132A. Se entiende que la descripción del tanque 132A se aplica al tanque 132B.

El tanque 132A presenta forma generalmente de columna, y está compuesto por una pared o vaina tubular 134 que presenta una base 136 y una cubierta 138 en los extremos de la misma. En una forma de realización preferida, la vaina tubular 134 presenta forma cilíndrica y está formada por un material translúcido. El tanque 132A define una cámara interna 142 para contener un agente esterilizante líquido S. La tubería de suministro 112 está conectada a tanques de depósito 132A, 132B mediante tuberías de suministro ramificadas 112a, 112b. Hay válvulas 144, 146 dispuestas respectivamente en las tuberías de suministro ramificadas 112a, 112b para controlar el flujo de agente esterilizante líquido S a los tanques de depósito 132A, 132B. Cada tanque 132A, 132B incluye un sensor de nivel 154. El sensor 154 se proporciona para indicar un "nivel de rebosado", tal como se describirá con más detalle a continuación. Se proporciona un sensor de presión 155 en el fondo de cada tanque 132A, 132B para proporcionar señales de presión que son indicativas del nivel de fluido en cada tanque 132A, 132B.

Los tanques 132A, 132B están conectados en sus extremos de fondo a un tanque de contención 170 mediante conductos de fluido 162, 164, respectivamente. Están previstas unas válvulas de control 166, 168 dispuestas respectivamente en los conductos de fluido 162, 164 para controlar el flujo de agente esterilizante desde los tanques de depósito 132A, 132B hasta el tanque de contención 170. Los extremos superiores de los tanques de depósito 132A, 132B están conectados a una tubería de aireación 158, tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 2.

El tanque de contención 170 define una cámara de contención cerrada de aire 172. Una tubería de aireación 174 se extiende hacia arriba desde la cámara de contención 172. Una válvula de control 176 está dispuesta dentro de la tubería de aireación 174 para controlar el flujo a través de la misma. Tal como se observa mejor en la figura 2, la tubería de aireación 174 presenta una longitud tal que el extremo superior de la tubería de aireación 174 está dispuesto en los extremos superiores de los tanques de depósito 132A, 132B. Un sensor de nivel 177 está dispuesto dentro de la cámara de contención 172 del tanque de contención 170 a un nivel predeterminado. Un sensor de nivel 177 está dispuesto dentro del tanque de contención 170. En la realización mostrada, el sensor de nivel 177 es un interruptor de flotador.

## ES 2 379 554 T3

Un conducto de fluido 184 que se extiende desde el fondo del tanque de contención 170 conecta la cámara de contención 172 a una válvula de control 186 que regula el flujo de agente esterilizante desde el tanque de contención 170 hasta o bien una tubería de alimentación de vaporizador 192 o bien una tubería de drenaje 194 que está conectada a la tubería de suministro 112. Tal como se ilustra en la figura 2, la tubería de drenaje 194 está en comunicación de fluido con la tubería de drenaje 126 del conjunto de bomba y drenaje 120. Una tubería de retorno 196 se extiende desde la tubería de alimentación de vaporizador 192 hasta la parte superior del tanque 132A. Una válvula de control 198 está dispuesta dentro de la tubería de retorno 196 para controlar el flujo de agente esterilizante a través de la misma.

La tubería de alimentación de vaporizador 192 está conectada a la unidad de vaporizador 300A y la unidad de vaporizador 300B, tal como se ilustra en los dibujos. El agente esterilizante del tanque de contención 170 se alimenta preferentemente por gravedad a las unidades de vaporizador 300A, 300B. Por consiguiente, en la forma de realización mostrada, el tanque de contención 170 y los tanques de depósito 132A, 132B están dispuestos por encima de las unidades de vaporizador 300A, 300B, es decir, a una elevación superior.

### *Unidad de acondicionamiento de aire 200*

Haciendo referencia a continuación a la figura 5, la unidad de acondicionamiento de aire 200 se ilustra mejor. La unidad de acondicionamiento de aire 200 se proporciona para acondicionar, es decir, para filtrar y secar aire usado en las unidades de vaporizador 300A, 300B, y para filtrar aire usado por las unidades de aireación 700A, 700B. La unidad de acondicionamiento de aire 200 está compuesta básicamente por un filtro 222, un conjunto de refrigeración 230 y una rueda 242 desecante dispuestos en serie.

Un conducto de entrada de aire 212 presenta un primer extremo 212a que se comunica con el entorno, concretamente aire ambiente. Otro extremo 212b del conducto de entrada de aire 212 está conectado a la cámara 262 dentro de la unidad de acondicionamiento de aire 200. El filtro 222 está dispuesto dentro del conducto de entrada de aire 212 para filtrar aire que fluye a través del mismo. El filtro 222 es preferentemente un filtro de HEPA. El conjunto de refrigeración 230 está dispuesto aguas abajo del filtro 222. El conjunto de refrigeración 230 está compuesto por un serpentín 232 de refrigeración y un enfriador 234 que está conectado al serpentín 232 de refrigeración. El serpentín 232 de refrigeración rodea el conducto de entrada de aire 212. El enfriador 234 está dimensionado para proporcionar una refrigeración suficiente al serpentín 232 que rodea el conducto de entrada de aire 212 de manera que el aire que fluye a través del conducto de entrada de aire 212 se enfría para precipitar la humedad dentro del aire. En otras palabras, el enfriador 234 presenta una capacidad suficiente para deshumidificar el aire que fluye a través del conducto de entrada de aire 212. Entre el filtro 222 y el serpentín 232 de refrigeración, una tubería de suministro de aire 214 está conectada al conducto de entrada de aire 212. La tubería de suministro de aire 214 proporciona aire filtrado a través del sistema 10 para refrigerar el sistema electrónico (no mostrado). Una segunda tubería de suministro de aire 216 está conectada al conducto de entrada de aire 212 entre el filtro 222 y el serpentín 232 de refrigeración. La segunda tubería de suministro de aire 216 proporciona aire filtrado a las unidades de aireación 700A, 700B, tal como se describirá con más detalle a continuación. La rueda 242 desecante, que puede girar alrededor de un primer eje "A", está dispuesta en el extremo 212b del conducto de entrada de aire 212, es decir, aguas abajo del filtro 222 y el serpentín 232 de refrigeración. La rueda 242 desecante está dispuesta de tal manera que la mitad de la rueda 242 gira al interior de la cámara 262. El extremo 212b del conducto de entrada de aire 212 dirige el flujo de aire a través de esa parte de la rueda 242 desecante que está colocada dentro de la cámara 262. El material desecante dentro de la rueda 242 desecante puede hacerse funcionar para absorber humedad en el aire que fluye a través del conducto de entrada de aire 212. Por tanto, el aire que entra en la cámara 262 se ha filtrado y secado por medio del filtro 222, el serpentín 232 de refrigeración y la rueda 242 desecante. Un sensor de humedad 272 y un sensor de temperatura 274 están dispuestos dentro de la cámara 262 para monitorizar respectivamente la humedad y la temperatura del aire dentro de la cámara 262. La cámara 262 está en comunicación de fluido con las unidades de vaporizador 300A, 300B mediante la tubería de aire 282, tal como se ilustra en la figura 5.

La unidad de acondicionamiento de aire 200 incluye un sistema de regeneración 290 para regenerar, es decir, eliminar humedad de, la rueda 242 desecante. Un conducto de regeneración 292 está conectado a la cámara 262. Un soplador 294, accionado por un motor 296, extrae aire secado y filtrado dentro de la cámara 262 y dirige el aire secado a través de un calentador 298 que calienta el aire seco. El conducto de regeneración 292 está dispuesto para dirigir el aire calentado, secado, filtrado, a través de esa parte de rueda 242 desecante que está fuera de la cámara 262. Tal como apreciarán los expertos en la materia, el aire calentado seca, es decir, elimina humedad de la rueda 242 desecante. El aire húmedo que fluye desde la rueda 242 desecante a través del conducto de regeneración 292 fluye saliendo de la unidad de acondicionamiento de aire 200 a través de un orificio 284. Un transductor 285 de presión está dispuesto en la salida, es decir, aguas abajo, del soplador 294. El transductor 285 de presión, junto con el orificio 284, se usa para establecer un flujo de aire deseado a través del conducto 292, para garantizar una eliminación de humedad apropiada. Un sensor de temperatura 286 monitoriza la temperatura del aire que sale del calentador 298. La temperatura en el conducto 292 se controla para garantizar una eliminación de humedad apropiada.

## ES 2 379 554 T3

### *Unidades de vaporizador 300A, 300B*

Haciendo referencia ahora a las figuras 3, 7, 8 y 9, se observan mejor las unidades de vaporizador 300A, 300B. Las unidades de vaporizador 300A, 300B son esencialmente idénticas, y por tanto, sólo se describirá con más detalle la unidad de vaporizador 300A, entendiéndose que tal descripción se aplica igualmente a la unidad de vaporizador 300B. Tal como se ilustra en la figura 3, la unidad de vaporizador 300A (y la unidad de vaporizador 300B) está conectada a la tubería de alimentación de vaporizador 192 desde la unidad de suministro de agente esterilizante 100, y está conectada a la tubería de aire 282 desde la unidad de acondicionamiento de aire 200.

La unidad de vaporizador 300A está compuesta por un soplador 322, un elemento de flujo 332 para medir el flujo de aire, un calentador 352 y un vaporizador 360, que se ilustran todos esquemáticamente en la figura 3, y se ilustran gráficamente en la figura 7.

En la forma de realización mostrada, la unidad de vaporizador 300A incluye un receptáculo o alojamiento 312 montado sobre un armazón 314 de soporte de acero estructural. El receptáculo 312 y el armazón 314 de soporte definen juntos una estructura columnar, vertical. Un soplador 322 está dispuesto en una ubicación de fondo del armazón 314 de soporte. El soplador 322 se acciona por un motor 324. El motor 324 es preferentemente un motor de velocidad variable, en el que la salida del soplador 322 puede controlarse para aumentar el flujo de aire a través del mismo. La entrada del soplador 322 está conectada a la tubería de aire 282 de la unidad de acondicionamiento de aire 200. Cuando se hace funcionar, el soplador 322 extrae aire a través de la unidad de acondicionamiento de aire 200 en la que entonces se seca y se filtra el aire. En la forma de realización mostrada, la salida del soplador 322 está conectada a un conducto vertical 328. Un elemento de flujo 332 está dispuesto dentro del conducto 328 para medir el flujo de aire a través del conducto 328. El elemento de flujo 332 es preferentemente un dispositivo de tipo Venturi. Un sensor 334 mide una diferencia de presión a través del dispositivo de tipo Venturi y proporciona una señal indicativa del flujo de aire a través del elemento de flujo 332. Es preferible un dispositivo de tipo Venturi debido a la alta resolución de flujo de aire que puede proporcionar y debido a la baja pérdida de energía para el aire que fluye a través del mismo. Se proporciona un sensor de presión 335 para medir la presión estática al elemento de flujo 332, para facilitar el cálculo de la velocidad del flujo másico de aire a través del conducto 328, tal como se describirá con más detalle a continuación. Un sensor de temperatura 336 está dispuesto aguas abajo del elemento de flujo 332.

En la forma de realización mostrada, una sección de conducto generalmente en forma de U 342 está conectada al elemento de flujo 332 para redirigir el flujo de aire. La sección de conducto 342 incluye una sección de calentador recta alargada 342a que está orientada verticalmente en la realización mostrada. Tal como se ilustra en la figura 7, el pasillo definido por la sección de conducto 342 aumenta en un área de sección transversal desde el extremo de la sección de conducto 342, que se conecta al medidor de flujo 332, a la sección de calentador recta alargada 342a. Un elemento de calentamiento 352 está colocado dentro de la sección de calentador recta 342a de la sección de conducto 342 y se proporciona para calentar el aire que fluye a través de la sección de conducto 342. En la realización mostrada, el elemento de calentamiento 352 es un dispositivo eléctrico. Una capa 354 aislante rodea y cierra el elemento de calentamiento 352. El elemento de calentamiento 352 está diseñado para que pueda calentar el aire que fluye a través de la sección de conducto 342 hasta una temperatura lo bastante alta como para vaporizar peróxido de hidrógeno y lo bastante alta como para mantener una temperatura deseada suficiente para evitar la condensación en el sistema de descontaminación 10. En una realización, el elemento de calentamiento 352 puede calentar el aire que fluye a través de la sección de conducto 342 hasta por lo menos aproximadamente 105°C. En otra forma de realización, el elemento de calentamiento 352 puede calentar el aire que fluye a través de la sección de conducto 342 hasta por lo menos 180°C. El aumento en el área de sección transversal de la sección de conducto 342 permite conectar tuberías más pequeñas del elemento de flujo 332 al diámetro mayor de la sección de calentador 342a.

Un vaporizador 360 está conectado al extremo de la sección de conducto 342 aguas abajo del calentador 352. El vaporizador 360 está compuesto por un alojamiento 362 que define un recinto 364 de vaporización interno alargado. En la realización mostrada, el alojamiento 362 está compuesto por una vaina 366 rectangular que presenta un primer extremo 366a que presenta una tapa 372 plana sobre el mismo, y un segundo extremo 366b que presenta una base 374 con forma de embudo. El área de sección transversal y la longitud del alojamiento 362 se dimensionan para permitir un tiempo suficiente para que se vaporice el agente esterilizante líquido en el mismo. El primer extremo 366a del vaporizador 360 define un extremo de entrada, y el segundo extremo 366b del vaporizador 360 define un extremo de salida. La vaina 366, la tapa 372 y la base 374 se forman preferentemente de metal, y más preferentemente, de aluminio. La tapa 372 está fijada a la vaina 366, preferentemente mediante soldadura. La sección de conducto 342 se comunica con el recinto 364 interno del vaporizador 360 a través de una abertura en la tapa 372. El extremo 366b de salida de la vaina 366 incluye una pestaña 376 anular para conectarse a una pestaña 378 anular en la base 374. La base 374 presenta forma de embudo y conecta el alojamiento de vaporizador 362 a una tubería de alimentación de peróxido de hidrógeno vaporizado 512A que a su vez se conecta a la cámara de descontaminación 500A.

Tal como se ilustra en la figura 7, el vaporizador 360 está orientado de tal manera que el recinto 364 de vaporizador alargado está orientado verticalmente. Con respecto a esto, el elemento de calentamiento 352 y la sección recta 342a de la sección de conducto 342 están alineados verticalmente con el recinto 364 de vaporizador de manera que se dirige aire calentado hacia abajo a través del recinto 364 de vaporizador.

## ES 2 379 554 T3

Un sistema de inyección del agente esterilizante 410 está dispuesto dentro del recinto 364 de vaporizador. El sistema de inyección 410 está dispuesto en el centro dentro del recinto 364, y está orientado para inyectar agente esterilizante en el recinto 364 en una dirección hacia abajo hacia el segundo extremo 366b del alojamiento de vaporizador 362.

5 El sistema de inyección 410, que se observa mejor en la figura 8, está compuesto por un cuerpo 412 tubular que define una cámara de mezclado interna 414. Una tubería de aire 422 y una tubería de agente esterilizante 424 están conectadas al cuerpo 412 y se comunican con la cámara de mezclado interna 414. La tubería de aire 422 está conectada a una fuente (no mostrada) de aire filtrado, seco, presurizado, dentro del sistema 10 mediante el conducto 423. La tubería de agente esterilizante 424 está conectada a la tubería de suministro de agente esterilizante 192 de la unidad de suministro de agente esterilizante 100. Una bomba 426, accionada por un motor 428, ilustrada esquemáticamente en la figura 3, está dispuesta en la tubería de suministro de agente esterilizante 192 para alimentar agente esterilizante a presión al interior del sistema de inyección 410. La bomba 426 es preferentemente una bomba peristáltica de velocidad variable. La bomba 426 se proporciona para bombear agente esterilizante al interior del sistema de inyección 410 a una velocidad seleccionada. (La velocidad de inyección en gramos por minuto se mide por un medidor de masa 15 427). El motor 428 es preferentemente un motor de velocidad variable en el que la velocidad de inyección del agente esterilizante al sistema de inyección 410 puede variarse mediante la velocidad del motor 428. Un sensor de presión 429 está dispuesto en la tubería de suministro de agente esterilizante 192, aguas abajo de la bomba 426. El sensor de presión 429 monitoriza (y garantiza) una velocidad de inyección del agente esterilizante apropiada y garantiza que el sistema de inyección 410 no se obstruye. 20

Una boquilla de atomización 432 está unida al cuerpo 412. Preferentemente, la boquilla 432 puede crear una pulverización fina de agente esterilizante, es decir, concretamente una neblina que es lo suficientemente pequeña como para garantizar una vaporización completa. Una boquilla de atomización comúnmente disponible encuentra aplicación ventajosa en la presente invención. 25

Para facilitar la colocación del sistema de inyección 410 dentro del recinto 364 de vaporizador, se forma una abertura 438 en el lado de la vaina 366. Un collar 442 está unido, preferentemente mediante soldadura, a la vaina 366 para rodear la abertura 438. Una placa 444 de cubierta está unida al collar 442 con pasadores 446 convencionales. Una junta 467 está dispuesta entre la placa 444 de cubierta y el collar 442 para proporcionar un sellado completo. Aberturas roscadas en la placa 444 de cubierta reciben accesorios 448 convencionales que conectan la tubería de aire 422 a un conducto de aire 423, y la tubería de agente esterilizante 424 a la tubería de suministro de agente esterilizante 192. 30

Según un aspecto de la presente invención, la boquilla 432 está dimensionada con respecto a la vaina 366 de manera que se minimiza o se evita el contacto de la pulverización procedente de la boquilla 432 con la vaina 366 durante el funcionamiento del vaporizador 360. 35

Un sensor de temperatura 452 está dispuesto dentro del recinto 364 de vaporizador entre el primer extremo 366a del vaporizador 360 y el sistema de inyección del agente esterilizante 410. Un segundo sensor de temperatura 454 está dispuesto dentro del recinto 364 de vaporizador aguas abajo del sistema de inyección del agente esterilizante 410 en la proximidad del segundo extremo 366b del alojamiento de vaporizador 362. El descenso de temperatura entre los sensores 452, 454 es proporcional al calor necesario para vaporizar el agente esterilizante, tal como se comentará con más detalle a continuación. 40

Un sensor de peróxido de hidrógeno vaporizado 462, que puede proporcionar una indicación de la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado y vapor de agua, está opcionalmente dispuesto dentro del recinto 364 de vaporizador aguas abajo del sistema de inyección del agente esterilizante 410. El sensor de peróxido de hidrógeno vaporizado 462 está dispuesto cerca del segundo extremo 366b (el extremo de salida) del vaporizador 360. El sensor 462 es preferentemente un sensor de infrarrojos (IR), y más preferentemente un sensor de infrarrojo (IR) próximo. El sensor 462 presenta generalmente forma cilíndrica, y está montado en el alojamiento 362 para atravesar el recinto 364. El sensor 462 está montado en el alojamiento 362 para poder retirarse fácilmente del mismo. 45 50

### *Cámaras de descontaminación 500A, 500B*

55 Tal como se ilustra en la figura 1, las unidades de vaporizador 300A, 300B están conectadas respectivamente a las cámaras de descontaminación 500A, 500B mediante conductos de peróxido de hidrógeno vaporizado 512A, 512B. Las cámaras de descontaminación 500A y 500B son esencialmente idénticas, y por tanto, sólo se describirá la cámara de descontaminación 500A, entendiéndose que tal descripción se aplica igualmente a la cámara de descontaminación 500B. 60

La cámara de descontaminación 500A, que se observa mejor en las figuras 6 y 9, está compuesta por un encerramiento o alojamiento 522 que define un espacio o una región 524 a través de la cual se transportan artículos 12 que van a esterilizarse/descontaminarse mediante el transportador 14. Un colector 542 está montado sobre el alojamiento 522, y presenta una pluralidad de aberturas o boquillas 544 separadas que se comunican con el espacio o la región 524 en el alojamiento 522. Tal como se observa mejor en la figura 9, las boquillas 544 están dispuestas por encima del transportador 14 para distribuir uniformemente peróxido de hidrógeno vaporizado sobre artículos 12 que se mueven a través de la cámara de descontaminación 500A. 65

## ES 2 379 554 T3

Tal como se observa mejor en la figura 9, un sensor de temperatura 546 y un sensor de peróxido de hidrógeno vaporizado 552 están dispuestos dentro del colector 542. El sensor de peróxido de hidrógeno vaporizado 552 puede proporcionar una indicación de la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado y vapor de agua. El sensor 552 es preferentemente un sensor de infrarrojo (IR) próximo. El sensor 552 presenta forma cilíndrica y presenta cables 552a de fibra óptica que se extienden a partir del mismo. Para facilitar una inserción y retirada sencillas del sensor 552 de infrarrojo próximo del colector 542, un par de raíles separados 562, 564 se extienden a través del colector 542. En la forma de realización mostrada, los raíles 562, 564 son varillas cilíndricas. El sensor 552 de infrarrojo próximo se inserta a través de la abertura en los lados del colector 542. Tapas o tapones 572 que permiten que los cables 552a se extiendan a través de los mismos sellan las aberturas.

10

### *Unidades de destructor 600A, 600B*

Haciendo referencia a continuación a la figura 6, se ilustran esquemáticamente las unidades de destructor 600A y 600B. La unidad de destructor 600A y la unidad de destructor 600B son esencialmente idénticas, y por tanto, sólo se describirá la unidad de destructor 600A, entendiéndose que tal descripción se aplica igualmente a la unidad de destructor 600B.

Un conducto 612 conecta el encerramiento 522 a la unidad de destructor 600A. Tal como se observa mejor en la figura 9, un conducto 612 se comunica con la región 524 en el encerramiento 522 a través de un lado del encerramiento 522. Un dispositivo de medición del flujo 622 está dispuesto dentro del conducto 612 para proporcionar datos con respecto al flujo a través del mismo. En la forma de realización mostrada, el dispositivo de medición del flujo 622 incluye un sensor de presión 624 que puede hacerse funcionar para detectar una diferencia de presión a través del dispositivo de medición del flujo 622 y para proporcionar una señal indicativa del flujo a través del dispositivo 622. En una realización preferida, el dispositivo de medición del flujo 622 es un dispositivo de tipo Venturi. Un sensor de presión adicional 625 se proporciona para medir la presión estática en el dispositivo de medición del flujo 622, para cálculos del flujo másico tal como se comentará a continuación. Un sensor de temperatura 626 está dispuesto dentro del conducto 612 aguas abajo del dispositivo de medición del flujo 622. El conducto 612 está conectado al extremo de entrada de un soplador 632 que se acciona por un motor 634. Un conducto 636 que se extiende desde el lado de salida del soplador 632 está conectado a un destructor 642. El destructor 642 es básicamente un dispositivo catalítico que puede hacerse funcionar para destruir peróxido de hidrógeno que fluye a través del mismo. Con respecto a esto, los destructores catalíticos convierten el peróxido de hidrógeno vaporizado en agua y oxígeno. Un sensor de temperatura 662 está dispuesto enfrente, es decir, aguas arriba, del destructor 642. Un segundo sensor 664 está dispuesto detrás, es decir, aguas abajo, del destructor 642.

35

### *Unidades de aireación 700A, 700B*

Haciendo referencia ahora a la figura 4, se ilustra esquemáticamente la unidad de aireación 700A. La unidad de aireación 700A y la unidad de aireación 700B son esencialmente idénticas, y por tanto, sólo se describirá la unidad de aireación 700A, entendiéndose que tal descripción se aplica igualmente a la unidad de aireación 700B. Tal como se ilustra en la figura 4, la unidad de aireación 700A está conectada a la tubería de suministro de aire 216 de la unidad de acondicionamiento de aire 200. La tubería de suministro de aire 216 de la unidad de acondicionamiento de aire 200 suministra aire filtrado a las unidades de aireación 700A, 700B. La tubería de suministro de aire 216 está conectada al lado de entrada de un soplador 712 que se acciona por un motor de velocidad variable 714. El soplador 712 está dispuesto dentro de la unidad de aireación 700A para extraer aire externo al sistema 10 a través del filtro 222 en la unidad de acondicionamiento de aire 200 y a través de la tubería de suministro 216. El lado de salida del soplador 712 está conectado a un conducto de aireación 722. El conducto de aireación 722 se extiende a través de la unidad de aireación 700A. Aguas abajo del soplador 712, está dispuesto un dispositivo de medición del flujo 732 dentro del conducto de aireación 722. En una realización preferida, el dispositivo de medición del flujo 732 es un dispositivo de tipo Venturi. Un sensor de presión 734 mide la diferencia de presión a través del dispositivo de medición del flujo 732 que proporciona señales indicativas del flujo a través del conducto de aireación 722. Se proporciona un sensor de presión 735 para medir la presión estática en el dispositivo de medición del flujo 732, para facilitar el cálculo de la velocidad de flujo másico a través del conducto de aireación 722. Un sensor de temperatura 736 está dispuesto antes (aguas arriba) del dispositivo de medición del flujo 732. El sensor de temperatura 736 está dispuesto entre el soplador 712 y el dispositivo de medición del flujo 732. Un elemento de válvula 738 está dispuesto en el conducto de aireación 722 aguas abajo del dispositivo de medición del flujo 732 para regular la cantidad de flujo a través del conducto de aireación 722. Un elemento de filtro 742 está dispuesto aguas abajo del elemento de válvula 738. El elemento de filtro 742, preferentemente un filtro de HEPA, proporciona una segunda filtración del aire que fluye a través del conducto de aireación 722, además del filtro 222 en la unidad de acondicionamiento de aire 200. Un elemento de calentamiento 752 está dispuesto en el conducto de aireación 722 aguas abajo del elemento de filtro 742. El colector 762 incluye una pluralidad de boquillas u orificios 764 para distribuir el aire filtrado y calentado al interior de la cámara 500A. El colector 762 está dispuesto por encima del transportador 14 en una ubicación en la que el transportador 14 sale de la cámara de descontaminación 500A. Un sensor de temperatura 766 está dispuesto dentro del colector 762.

65

La unidad de aireación 700A proporciona básicamente aire calentado, filtrado, a la cámara de descontaminación 500A para purgar vapor de peróxido de artículos 12 sobre el transportador 14 y evitar la condensación.

## ES 2 379 554 T3

Tal como se observa mejor en las figuras 1 y 4, un conducto 772 conecta el conducto de peróxido de hidrógeno vaporizado 512A al conducto de aireación 722. El conducto 772 está conectado al conducto de peróxido de hidrógeno vaporizado 512A entre el vaporizador 360 y el colector 542. El conducto 772 está conectado al conducto de aireación 722 entre la válvula 738 y el elemento de filtro 742. Una válvula 774 está dispuesta en el conducto 772 para controlar el flujo a través del mismo. Se proporciona el conducto 772 para descontaminar periódicamente el elemento de filtro 742 en la unidad de aireación 700A. Al cerrar la válvula 738 en el conducto de aireación 722 y al abrir la válvula 774 en el conducto 772, puede dirigirse peróxido de hidrógeno vaporizado del vaporizador 360 a través del elemento de filtro 742.

Tal como se prevé en la presente invención, controlando la temperatura del aire, la velocidad de flujo del aire, la temperatura del agente esterilizante y la velocidad de inyección del agente esterilizante en un sistema de descontaminación, puede mantenerse una concentración deseada de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de una cámara de descontaminación. Cuando se usa peróxido de hidrógeno vaporizado (VHP) en un sistema de descontaminación, es necesario evitar que el peróxido de hidrógeno vaporizado se condense sobre los productos o artículos que van a descontaminarse. En un estado estacionario, procedimiento de peróxido de hidrógeno vaporizado de flujo estacionario, debe controlarse la velocidad de inyección del agente esterilizante, la velocidad de flujo del aire y la temperatura del aire para evitar la condensación. Según la presente invención, el sistema de vaporizador de peróxido de hidrógeno se controla hasta una temperatura y concentración deseadas de peróxido de hidrógeno vaporizado, para evitar la condensación. Según un aspecto de la presente invención, el funcionamiento del sistema 10 se controla para mantener la concentración de peróxido de hidrógeno en una corriente de aire a una temperatura de punto de rocío que es inferior a la temperatura de los artículos que van a descontaminarse. El sistema 10 se controla basándose en un modelo matemático que se describirá ahora.

Es sabido que la concentración en el punto de rocío de un agente esterilizante de agua y de peróxido de hidrógeno depende de la temperatura del aire (en el que se inyecta el agente esterilizante) y la concentración del agua y del peróxido en el aire. En el caso de un estado estacionario, procedimiento de flujo estacionario, tal como se usa con el equipo de descontaminación con peróxido de hidrógeno vaporizado, la concentración en el punto de rocío depende de la velocidad de inyección del agente esterilizante y la temperatura y el flujo volumétrico del aire pasado el inyector.

La concentración de peróxido de hidrógeno  $C_p$  en la corriente de aire (mg/litro) puede determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$(1) \quad C_p = \frac{I * 1000}{F * 28.32} \left( \frac{P}{100} \right) E$$

en la que:

I = velocidad de inyección del agente esterilizante (gramos/min).

F = velocidad de flujo del aire (pies<sup>3</sup> reales/min).

P = porcentaje de peróxido en el agente esterilizante.

E = eficacia del vaporizador (0,90 = 90%) que es una función de la cantidad de peróxido de hidrógeno descompuesto en el procedimiento de vaporización.

En la ecuación, el 1000 es un factor de conversión para convertir gramos en miligramos. El 28,32 es un factor de conversión para convertir pies cúbicos en litros.

La concentración de vapor de agua  $C_w$  en la corriente de aire (mg/litro) puede determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$(2) \quad C_w = \frac{I * 1000}{F * 28.32} \left( \frac{100 - P}{100} \right) + \frac{I * 1000}{F * 28.32} \left( \frac{P}{100} \right) (1 - E) \frac{9}{17} + C_{w, \text{aire}}$$

El peróxido de hidrógeno se descompone en agua y oxígeno. Nueve diecisieteavos del peróxido de hidrógeno catalizado se convierten en agua convirtiéndose el resto en oxígeno. Esto se observa en la ecuación 2 que añade la parte de agua del peróxido de hidrógeno catalizado a la concentración de agua observada en la corriente de aire.

$C_{w, \text{aire}}$  = concentración de agua en la corriente de aire que fluye al interior del vaporizador (mg/litro).

## ES 2 379 554 T3

A partir de las ecuaciones (1) y (2), puede determinarse la concentración de agua y peróxido de hidrógeno en la corriente de aire. El punto de rocío del peróxido de hidrógeno se determina basándose en lo siguiente.

5 Es conocido que cuando se coloca líquido con una concentración dada de  $H_2O_2$  en un encerramiento sin humedad inicial, el peróxido de hidrógeno líquido y agua se evaporarán y alcanzarán el equilibrio en el encerramiento. La concentración del vapor de peróxido de hidrógeno será inferior a la concentración de peróxido de hidrógeno encontrada en el líquido. A partir de fuentes conocidas, tales como un libro titulado: "Hydrogen Peroxide" de Schumb, Satterfield, & Wentworth<sup>©1955</sup>, ecuaciones y una tabla proporcionan la relación entre las concentraciones en el líquido y en el gas para  $H_2O_2$  y agua. Dentro de un encerramiento, la concentración en el vapor alcanzará el punto de saturación.

10 Se usa información de fuente para determinar el punto de saturación de mezclas de agua y peróxido de hidrógeno en un volumen dado.

15 Con respecto a esto, la fracción molar de peróxido de hidrógeno en fase gaseosa ( $y_h$ ) con respecto a una disolución de peróxido de hidrógeno-agua (forma líquida) viene dada por la siguiente ecuación:

$$(3) \quad y_h = \frac{P_{hg} x_h \gamma_h}{P} = \frac{P_{hg} x_h \gamma_h}{(P_{wg} x_w \gamma_w) + (P_{hg} x_h \gamma_h)}$$

20

en la que:

25  $x_h$  = fracción molar de peróxido de hidrógeno en agente esterilizante líquido.

$P$  = presión de vapor total de la mezcla (mm Hg).

30 La presión de vapor total ( $P$ ) de la mezcla se determina mediante la siguiente ecuación:

30

$$(4) \quad P = p_{wg} x_w \gamma_w + p_{hg} (1-x_w) \gamma_h$$

35 en la que:

$p_{wg}$  = presión de vapor de agua (mm Hg) (véase la siguiente ecuación).

40  $x_w$  = fracción molar de agua.

$p_{hg}$  = presión de vapor de peróxido de hidrógeno (mm Hg) (véase la siguiente ecuación).

$\gamma_w$  = coeficiente de actividad para el agua.

45

El coeficiente de actividad para el agua se determina mediante la siguiente ecuación:

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

50

55 en la que:

$x_p$  = fracción molar de peróxido de hidrógeno.

$R$  = 1,987 cal/g·mol·K, constante de los gases ideales.

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

$B_1$  = coeficiente para el cálculo del coef. de actividad = 85.

$B_2$  = coeficiente para el cálculo del coef. de actividad = 13.

65

$T$  = temperatura del vapor de agua (K).

## ES 2 379 554 T3

El coeficiente de actividad para el peróxido de hidrógeno ( $\gamma_h$ ) se determina mediante la siguiente ecuación:

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

La fracción molar de peróxido de hidrógeno ( $x_p$ ) se determina mediante la siguiente ecuación (tomada de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.com):

$$(7) \quad x_p = (\text{porcentaje} \cdot PM_w) / (PM_p \cdot (100 - \text{porcentaje}) + \text{porcentaje} \cdot PM_w)$$

en la que:

Porcentaje = porcentaje de peróxido de hidrógeno en forma gaseosa o líquida.

PM<sub>w</sub> = peso molecular del agua = 18,016 gramos/mol.

PM<sub>p</sub> = peso molecular del peróxido de hidrógeno = 34,016 gramos/mol.

La presión de vapor de agua se determina usando las siguientes ecuaciones (del libro ASHRAE Fundamentals). Para temperaturas superiores a 32°F, se facilita la siguiente ecuación:

$$(8) \quad VP = \text{Exp}[(C_8/(TF+460)] + C_9 + C_{10} \cdot (TF+460) + C_{11} \cdot (TF+460)^2 + C_{12} \cdot (TF+460)^3 + C_{13} \cdot \text{Log}(TF+460)$$

en la que:

VP = presión de vapor en la saturación (psi).

TF = temperatura de vapor (°F).

C<sub>8</sub> = -10440,397.

C<sub>9</sub> = -11,29465.

C<sub>10</sub> = -0,027022355.

C<sub>11</sub> = 0,00001289036.

C<sub>12</sub> = -2,4780681E-09.

C<sub>13</sub> = 6,5459673.

La presión de vapor del peróxido de hidrógeno anhidro se determina mediante la siguiente ecuación:

$$(9) \quad p_{hg} = 10^{\left(44.5760 - \frac{4025.3}{T} - 12.996 \log T + 0.0046055T\right)}$$

en la que:

p<sub>hg</sub> = presión de vapor del peróxido de hidrógeno (mm Hg).

T = temperatura de vapor (K).

Puede usarse la ley de los gases ideales para calcular el nivel de saturación de los componentes de vapor de agua y de peróxido de hidrógeno a una temperatura dada, tal como se muestra en la referencia 2. La ley de los gases ideales se determina mediante la siguiente ecuación:

$$(10) \quad PV = nRT$$

## ES 2 379 554 T3

en la que:

P = presión de vapor de la mezcla de agua y peróxido (mm Hg).

5 V = volumen (m<sup>3</sup>).

n = número de moles.

R = constante de gases universal (0,082 litros-atm/mol-K).

10

T = temperatura de vapor (K).

15 La concentración saturada de vapor de agua o peróxido se facilita habitualmente en masa por unidad de volumen. La ecuación (10) puede ordenarse para determinar la concentración tal como se facilita en la ecuación (11) a continuación:

$$(11) \quad C = w/V = Mn/V = MxP/(RT)$$

20 en la que:

C = concentración saturada de vapor (mg/litro).

m = masa (mg).

25

V = volumen (litro).

M = peso molecular de agua o peróxido de hidrógeno (gramos/mol).

30

= 34,016 gramos/mol para el peróxido.

= 18,016 gramos/mol para el agua.

x = fracción molar de vapor.

35

P = presión de vapor de la mezcla de agua y peróxido (mm Hg) a partir de las ecuaciones (8) y (9).

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

40

T = temperatura de vapor (K).

45 La ecuación (11) puede resolverse para determinar la concentración saturada de agua ( $C_{w,sat}$ ) y peróxido de hidrógeno ( $C_{h,sat}$ ). Puede calcularse el porcentaje de vapor de peróxido de hidrógeno usando la siguiente ecuación:

$$(12) \quad P_c = [C_{p,c}/(C_{p,c} + C_{w,c})]100$$

en la que:

50  $P_c$  = porcentaje de peróxido de hidrógeno en forma de vapor.

$C_{p,c}$  = concentración de peróxido de hidrógeno a partir de la ecuación (11) (mg/litro).

$C_{w,c}$  = concentración de agua a partir de la ecuación (11) (mg/litro).

55

El porcentaje de peróxido de hidrógeno en forma de vapor calculado con la ecuación (12) puede compararse con el porcentaje de peróxido de hidrógeno calculado usando las ecuaciones (1) y (2).

60

$$(13) \quad P = [C_p/(C_p + C_w)]100$$

en la que:

P = porcentaje teórico de peróxido de hidrógeno en la corriente de aire.

65

$C_p$  y  $C_w$  se explican en las ecuaciones (1) y (2) anteriores.

## ES 2 379 554 T3

El porcentaje de peróxido calculado en la ecuación (12) debe corresponder con el calculado en la ecuación (13). Tal como se explicó anteriormente, si se usa el porcentaje de peróxido de hidrógeno en el agente esterilizante en la ecuación (7), el porcentaje encontrado usando la ecuación (12) será demasiado bajo. Pueden forzarse las ecuaciones para que produzcan la concentración de vapor saturado correcta a partir de la ecuación (12) aumentando la concentración (porcentaje) de peróxido de hidrógeno líquido usada en la ecuación (7) hasta que la concentración encontrada usando las ecuaciones (12) y (13) corresponda.

La temperatura del aire de entrada debe ser suficiente para vaporizar el agente esterilizante y proporcionar una temperatura de salida lo bastante alta para evitar la condensación aguas abajo. La temperatura requerida en la entrada para el tubo de vaporizador se determina tal como sigue.

El calor requerido para vaporizar el peróxido de hidrógeno se debe principalmente al calor latente de vaporización para el peróxido de hidrógeno. En menor medida, se necesita el calor sensible para calentar el agente esterilizante líquido desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de vaporización. El calor de vaporización (calor latente) como función de la concentración de peróxido de hidrógeno en agua se facilita en la figura 10, proporcionada por cortesía de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.com.

El calor latente,  $h_{fg}$ , se facilita en unidades de calorías por gramo. Las unidades para  $h_{fg}$  pueden convertirse en BTU por gramo para peróxido al 35% en agua tal como sigue:

$$h_{fg} = 525 \frac{\text{cal}}{\text{gm}} \left( \frac{1 \text{ BTU}}{251.9968 \text{ cal}} \right) = 2.083 \frac{\text{BTU}}{\text{gm}}$$

El calor de vaporización se determina mediante la siguiente ecuación:

$$(14) \quad Q_{\text{vap}} = h_{fg}(I)(\text{BTU/min})$$

en la que:

I = velocidad de inyección del agente esterilizante (gramos/min).

El calor sensible requerido para calentar el agente esterilizante desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de salida deseada se determina mediante la siguiente ecuación:

$$(15) \quad Q_{\text{sen}} = I \cdot \rho_{\text{ester}} \cdot C_{p,\text{ester}}(T_2 - T_{\text{amb}})$$

en la que:

$\rho_{\text{ester}}$  = densidad del agente esterilizante encontrada a partir de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.com (véase la figura 11) (gramo/ml).

$C_{p,\text{ester}}$  = calor específico del agente esterilizante encontrado a partir de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.com (véase la figura 12) (BTU/gramo-C).

$T_2$  = temperatura de salida del vaporizador definida por el usuario (C).

$T_{\text{amb}}$  = temperatura ambiente del agente esterilizante (C).

Las figuras 11 y 12 se proporcionan por cortesía de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.com.

Se usará aire caliente para vaporizar el agente esterilizante. El calor perdido por la corriente de aire,  $Q_{\text{aire}}$ , se determina mediante la siguiente ecuación:

$$(16) \quad Q_{\text{aire}} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_1 - T_2) (\text{BTU/min})$$

en la que:

$\dot{m}$  = velocidad de flujo másico del aire = (0,075 lbm/scf) x scfm (lbm/min).

$C_p$  = calor específico del aire a la temperatura de la masa (BTU/lbm-R).

$T_1$  = temperatura de entrada del aire (en el tubo del vaporizador) (°F).

$T_2$  = temperatura de salida del aire (fuera del tubo de vaporizador) (°F).

## ES 2 379 554 T3

La temperatura de salida se determina conociendo el punto de rocío del agente esterilizante en la corriente de aire usando las ecuaciones facilitadas anteriormente. El valor de  $Q_{\text{aire}}$  es igual a  $Q_{\text{vap}}$  más  $Q_{\text{sen}}$ . La única incógnita en la ecuación (16) es la temperatura de entrada. Resolviendo la ecuación (16) para  $T_1$  se obtiene:

$$(17) \quad T_1 = \frac{Q_{\text{vap}} + Q_{\text{sen}}}{\dot{m} \cdot C_p} + T_2$$

Haciendo referencia a continuación al funcionamiento del sistema 10, se programa un controlador (no mostrado) para permitir que el sistema 10 funcione en tres modos de funcionamiento diferentes, concretamente: (1) funcionamiento para mantener una temperatura de punto de rocío deseada dentro de las cámaras de descontaminación 500a, 500b, (2) funcionamiento a una velocidad fija de inyección del agente esterilizante, y (3) funcionamiento de modo que se mantiene una concentración de peróxido deseada. El controlador recibe señales de entrada a partir de los diversos sensores a través del sistema 10. Además, el controlador se programa, basándose en las ecuaciones anteriores, para controlar los elementos de calentamiento 298, 352, 752, los motores de soplador 294, 322, 632, 712, y los motores de bomba 124, 324, 428 según un modo de funcionamiento seleccionado.

Haciendo referencia en primer lugar al primer modo de funcionamiento que mantiene un punto de rocío específico en las cámaras de descontaminación, se requieren determinadas entradas de usuario para este modo de funcionamiento. Específicamente, el usuario introduce lo siguiente: (a) una temperatura de punto de rocío deseada ( $T_{dp}$ ), (b) una temperatura de salida de vaporizador deseada, y (c) el porcentaje de peróxido de hidrógeno en el agente esterilizante líquido.

Cuando se usa el sensor de peróxido de hidrógeno vaporizado 552, puede calcularse el punto de rocío. Cuando no hay ningún sensor disponible, puede estimarse usando las ecuaciones (1) y (2) para calcular las concentraciones de agua y peróxido (suponiendo que se conoce la eficacia).

Tal como conocen los expertos en la materia, una temperatura de punto de rocío es la temperatura a la que el vapor de agua y el vapor de peróxido de hidrógeno en el aire se saturan y comienza la condensación. En el contexto de la presente invención, el objetivo del sistema 10 cuando se hace funcionar en el primer modo de funcionamiento es controlar la temperatura del aire, el flujo de aire y la concentración de agua y peróxido de hidrógeno vaporizado (VHP) en la corriente de aire de modo que se previene la condensación sobre los artículos 12 que van a esterilizarse. Tal como apreciarán los expertos en la materia, la temperatura de los artículos 12 que van a esterilizarse es un factor para determinar una temperatura de punto de rocío real. En la realización mostrada, los artículos 12 deben transportarse a través de una cámara de descontaminación 500A o 500B. La temperatura inicial de los artículos 12 que entran en la cámara 500A o 500B es importante para determinar la temperatura de punto de rocío deseada ( $T_{dp}$ ). La temperatura de punto de rocío deseada se determina basándose en la temperatura inicial de los artículos 12 que entran en la cámara de descontaminación 500A o 500B. Para garantizar que no se forma condensación sobre los artículos 12, "la temperatura de punto de rocío deseada", que también se denomina "temperatura preseleccionada", introducida en el sistema es preferentemente un número de grados específico inferior a las temperaturas iniciales de los artículos 12 cuando entran en la cámara de descontaminación 500A o 500B. En una realización preferida, la temperatura de punto de rocío deseada se selecciona aproximadamente 30°C inferior a la temperatura inicial de los artículos 12 cuando entran en la cámara de descontaminación 500A o 500B. Evidentemente, se apreciará que el factor de temperatura añadida puede aumentarse o disminuirse, siempre que permanezca inferior a la temperatura inicial de los artículos 12.

Tal como apreciarán los expertos en la materia, cuanto menor es la temperatura de los artículos 12 que van a esterilizarse cuando entran en la cámara de descontaminación, menor es la temperatura de punto de rocío a la que se condensará el vapor de agua y peróxido de hidrógeno sobre los artículos 12.

El segundo dato introducido por el usuario es una temperatura de salida del vaporizador deseada. En cierta medida, este dato también depende de las propiedades físicas de los artículos 12 que van a descontaminarse. Con respecto a esto, puede ser necesario hacer funcionar el sistema 10 por debajo de una determinada temperatura para evitar dañar los artículos 12.

El tercer dato introducido por el usuario es el porcentaje de peróxido de hidrógeno en el agente esterilizante líquido. Esta información se proporciona por el proveedor del agente esterilizante líquido.

Basándose en la información introducida anterior, el sistema funciona en el primer modo de funcionamiento tal como sigue.

Inicialmente, ambos tanques de depósito 132A, 132B en la unidad de suministro de agente esterilizante 100 se llenan preferentemente con agente esterilizante líquido. Se proporciona agente esterilizante líquido a los respectivos tanques por la bomba 122. Los tanques 132A, 132B se llenan preferentemente hasta un nivel de llenado deseado, indicado por el sensor de nivel 154 en cada tanque 132A, 132B.

## ES 2 379 554 T3

Preferentemente, se usa un tanque 132A o 132B para proporcionar agente esterilizante líquido a las unidades de vaporizador 300A, 300B en cualquier momento. Una vez que se agota el agente esterilizante líquido en un tanque dado 132A o 132B, entonces se usa agente esterilizante líquido del otro tanque 132A o 132B para suministrar a las unidades de vaporizador 300A, 300B. Un tanque vacío 132A o 132B puede volver a llenarse abriendo las válvulas apropiadas 144, 146 para vaciar el tanque 132A o 132B y bombeando agente esterilizante líquido desde el suministro externo 114 al interior del tanque vacío. Mientras está llenándose un tanque vacío 132A o 132B, el otro tanque 132A o 132B se usa para suministrar unidades de vaporizador 300A, 300B. Los tanques 132A, 132B están dimensionados para permitir el funcionamiento continuado del sistema de descontaminación 10 mientras vuelve a llenarse un tanque 132A o 132B. Como resultado, puede proporcionarse un flujo de agente esterilizante generalmente continuo simultáneamente a los vaporizadores 300A, 300B para permitir procesar de manera continua los artículos 12.

Tal como se ilustra en la figura 2, el agente esterilizante líquido de los tanques 132A, 132B se dirige al tanque de contención 170. El tanque de contención 170 está dimensionado para permitir que todos los gases que se liberen del agente esterilizante líquido se ventilen de la unidad de suministro 100 antes de entrar en las unidades de vaporizador 300A, 300B. Con respecto a esto, se ha encontrado que las dimensiones exteriores del tanque de contención 170, que es significativamente superior al conducto y a las tuberías de alimentación en el sistema 10, permiten que se libere y se ventile gas en el agente esterilizante líquido, y evita que tales bolsas o burbujas de gas fluyan hacia las unidades de vaporizador 300A, 300B.

Tal como se indicó anteriormente, la unidad de suministro de agente esterilizante 100 es un sistema de alimentación por gravedad. Para evitar atrapar burbujas de gas en la tubería de alimentación de vaporizador 192, todos los conductos y tuberías que forman la tubería de alimentación de vaporizador 192 desde el tanque de contención 170 hasta las unidades de vaporizador 300A, 300B presentan una pendiente hacia abajo de tal manera que todos los gases liberados por el agente esterilizante líquido dentro de la tubería de alimentación de vaporizador 192 migran hacia el tanque de contención 170 en el que pueden liberarse a través de la tubería de aireación 174. La válvula 176 en la tubería de aireación 174 se controla por el interruptor de flotador 177.

Haciendo referencia a continuación al funcionamiento de las unidades de vaporizador 300A, 300B tal como se muestra en la figura 3, ahora se describirá el funcionamiento de la unidad de vaporizador 300A, entendiéndose que tal descripción también se aplica a la unidad de vaporizador 300B. El controlador de sistema 10 hace que el motor 324 accione el soplador 322, extrayendo así aire a través de la unidad de acondicionamiento de aire 200 y soplando el aire al interior del vaporizador 360 a través del conducto vertical 328. El flujo de aire creado por el soplador 322 se mide por el elemento de flujo 332. Tal como se indicó anteriormente, el motor 324 es preferentemente un motor de velocidad variable controlado eléctricamente en el que el flujo de aire creado a través del vaporizador 360 puede ajustarse automáticamente por el controlador. El elemento de calentamiento 352 se activa para calentar el aire que entra en el recinto 364 de vaporizador. La salida del elemento de calentamiento 352 puede ajustarse variando el ciclo de trabajo al elemento de calentamiento 352. En otras palabras, la temperatura del aire que fluye al interior del recinto 364 de vaporizador puede ajustarse ajustando la salida del elemento calentador 352.

Cuando se arranca inicialmente el sistema 10, se fuerza aire desde el soplador 322 a través del recinto 364 y a través de la cámara de descontaminación 500A. Se sopla aire calentado a través del sistema 10 para permitir que los componentes del mismo se calienten hasta que la temperatura del sistema 10 se estabiliza. Los sensores de temperatura 274, 286, 336, 452, 454, 546, 626, 662 y 664 a través del sistema 10 monitorizan la temperatura del aire dentro del sistema 10 y determinan cuando el sistema ha alcanzado una temperatura de equilibrio basándose en la temperatura de entrada del elemento de calentamiento 352 medida por el sensor de temperatura 336.

Una vez estabilizada la temperatura del sistema 10, se inyecta agente esterilizante líquido en la corriente de aire calentada por el sistema de inyector 410. La cantidad de agente esterilizante inyectado en el sistema se establece por el controlador basándose en cálculos usando las ecuaciones expuestas anteriormente. La inyección inicial del agente esterilizante líquido en la corriente calentada crea un aumento de presión dentro del recinto 364 de vaporizador como resultado de que el agente esterilizante líquido se vaporiza en la corriente de aire calentada. Este aumento de presión dentro del recinto 364 de vaporizador dará como resultado una reducción del flujo de aire al interior del vaporizador 360. Este descenso del flujo de aire se detectará por el elemento de flujo 332. Según un aspecto de la presente invención, el funcionamiento del motor de soplador 322 se controla mediante el flujo de aire detectado a través del elemento de flujo 332. Basándose en señales de salida del elemento de flujo 332 y el sensor 334, el controlador aumenta la velocidad del soplador 322 para mantener el flujo de aire deseado a través del recinto 364 de vaporizador y las unidades aguas abajo. Con respecto a esto, el sistema 10 se ajusta a sí mismo para mantener una velocidad de flujo del aire deseada a través del sistema 10 mientras se genera peróxido de hidrógeno vaporizado. El peróxido de hidrógeno vaporizado de la unidad de vaporizador 360 se transporta al interior de la cámara de descontaminación 500A a través de la tubería de alimentación de peróxido 512A. Según otra realización de la presente invención, por motivos de seguridad, la unidad de vaporizador 360 está ubicada encima de la cámara de descontaminación 500A, tal como se muestra en la figura 3. Con respecto a esto, todo el peróxido de hidrógeno no vaporizado en la unidad de vaporizador 360 permanecerá en estado líquido y goteará o fluirá hacia abajo al interior de la cámara de descontaminación 500A. El goteo o flujo de peróxido de hidrógeno líquido al interior de la cámara de descontaminación 500A puede determinarse mediante una inspección visual de la cámara de descontaminación 500A. Si se observa peróxido de hidrógeno líquido en la cámara de descontaminación 500A, se desactiva el sistema para evitar un estado peligroso.

## ES 2 379 554 T3

El peróxido de hidrógeno vaporizado entra en el colector 542 en el que se dispensa sobre los artículos 12 a través de las boquillas 544. Con respecto a esto, tal como se apreciará, los artículos 12 comienzan a moverse a través de la cámara de descontaminación 500A una vez establecido el funcionamiento en estado estacionario del vaporizador 360.

5 Tal como se ilustra esquemáticamente en los dibujos, el peróxido de hidrógeno vaporizado se dirige sobre los artículos 12 desde arriba. El soplador 632 en la unidad de destructor 600A se activa para extraer el peróxido de hidrógeno vaporizado de la cámara de descontaminación 500A a través de la tubería 612. El elemento de flujo 622 proporciona señales indicativas del flujo al soplador 632. El controlador controla el funcionamiento del soplador 632 de modo que se equilibra el flujo de aire fuera de la cámara de descontaminación 500A con el flujo de aire a través del recinto 364 de vaporizador. La corriente de aire extraída de la cámara de descontaminación 500A se fuerza a través del destructor 642 en el que se descompone el hidrógeno vaporizado para dar oxígeno y agua que se elimina del sistema 10, tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 6.

15 Tal como se indicó anteriormente, durante este modo de funcionamiento, es decir, en el que el sistema se controla para mantener la concentración de vapor de agua y peróxido de hidrógeno vaporizado en la cámara de descontaminación 500A a una temperatura de punto de rocío deseada, el controlador del sistema 10 monitoriza constantemente los diversos sensores por todo el sistema 10 para garantizar que está inyectándose la cantidad apropiada de agente esterilizante de peróxido de hidrógeno líquido en el sistema de inyección 410.

20 Según otro aspecto de la presente invención, el sistema 10 monitoriza y verifica la cantidad de peróxido de hidrógeno vaporizado producida dentro del sistema 10 de varias maneras. Según un primer procedimiento de medición del peróxido de hidrógeno vaporizado (VHP), el sistema 10 monitoriza el descenso de temperatura a través del destructor 642 usando sensores de temperatura 662 y 664. Con respecto a esto, la destrucción de peróxido de hidrógeno vaporizado produce calor. Monitorizando el cambio en la temperatura a través del destructor 642, puede determinarse una primera indicación de la cantidad de peróxido de hidrógeno vaporizado que fluye a través del sistema.

Un segundo procedimiento de medición y monitorización del peróxido de hidrógeno vaporizado dentro del sistema 10 es mediante mediciones del sensor de peróxido de hidrógeno vaporizado 462 ó 552.

30 Un tercer procedimiento de medición y monitorización de la cantidad de peróxido de hidrógeno vaporizado en el sistema 10 es monitorizando la velocidad de inyección del agente esterilizante líquido en el sistema de inyección 410. Con respecto a esto, puede monitorizarse la salida del medidor de masa 427 para proporcionar una indicación de las cantidades medidas de agente esterilizante líquido en el sistema de inyección 410. Las concentraciones de peróxido y de agua se calculan usando las ecuaciones 1 y 2.

35 Un cuarto procedimiento de medición y monitorización de la cantidad de peróxido de hidrógeno vaporizado en el sistema 10 es monitorizar el cambio de temperatura dentro del recinto 364 de vaporizador. Específicamente, se monitorizan los sensores de temperatura 452 y 454 dentro del recinto 364 de vaporizador. Al igual que la destrucción de peróxido de hidrógeno vaporizado produce una cantidad específica de calor por unidad de masa, también la vaporización de peróxido de hidrógeno líquido requiere una cantidad específica de calor que produce una disminución en la temperatura. Monitorizando el cambio en la temperatura en la corriente de aire dentro del recinto 364 de vaporizador, puede determinarse la cantidad de peróxido de hidrógeno vaporizado en el sistema 10.

45 Según un aspecto de la presente invención, el sistema 10 monitoriza las cuatro condiciones anteriores y compara los cálculos producidos entre sí. Si cualquiera de los cuatro parámetros monitorizados está fuera de un intervalo de error aceptable, el sistema 10 alerta al operario del sistema de posibles problemas.

50 Monitorizando continuamente los sensores por todo el sistema 10, puede mantenerse la concentración de vapor de agua y vapor de peróxido de hidrógeno dentro de la corriente de aire a una temperatura de punto de rocío deseada. Dado que, tal como se indicó anteriormente, preferentemente la temperatura de punto de rocío de funcionamiento deseada es aproximadamente 30°C inferior a las temperaturas de los artículos 12 que entran en la cámara de descontaminación, puede evitarse la condensación sobre tales artículos 12.

55 La presente invención proporciona por tanto un sistema 10 que puede funcionar para mantener una temperatura de punto de rocío específica, para evitar que vapor de agua o peróxido de hidrógeno vaporizado se condense sobre artículos 12 y, al mismo tiempo, mantener una temperatura de funcionamiento deseada de modo que no se dañan los artículos 12 que van a descontaminarse.

60 Haciendo referencia a continuación al segundo modo de funcionamiento, es decir, en el que el sistema 10 se mantiene a una velocidad de inyección predeterminada, se requiere una vez más que el usuario introduzca una temperatura de colector 542 deseada y el porcentaje de peróxido de hidrógeno en el agente esterilizante líquido. En este modo de funcionamiento, una vez establecido un flujo en el estado estacionario, se mantiene la velocidad de inyección del sistema de inyección 410 a una cantidad establecida. Puede aumentarse el flujo de aire a través del sistema para mantener una temperatura de funcionamiento deseada, sin embargo, la velocidad de inyección permanece constante durante todo el funcionamiento en este modo. Se proporciona el punto de rocío al usuario de modo que puede realizarse una determinación de si se producirá condensación.

## ES 2 379 554 T3

En el tercer modo de funcionamiento, es decir, en el que la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado se mantiene estable, el usuario introduce una temperatura de funcionamiento deseada del colector 542. Una vez establecido el flujo de aire en estado estacionario por todo el sistema, se inyecta peróxido de hidrógeno líquido en la corriente de aire. Tal como se indicó anteriormente, el sistema 10 monitoriza la cantidad de peróxido de hidrógeno vaporizado en el sistema 10 y mantiene la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado deseada aumentando o disminuyendo la velocidad de inyección de la bomba 426 del sistema de inyección 410.

La estrategia de control para el primer modo de funcionamiento se lleva a cabo tal como sigue:

- 1.) El usuario introduce lo siguiente:
  - a. La temperatura de punto de rocío deseada ( $T_{dp}$ ).
  - b. La temperatura del colector.
  - c. El porcentaje de peróxido de hidrógeno en el agente esterilizante líquido.
- 2.) Se conoce lo siguiente:
  - a. Eficacia del vaporizador (E) encontrada mediante pruebas. (Cuando se usa un sensor de IR cercano 462, no se requieren las ecuaciones 1 y 2 para determinar las concentraciones de peróxido de hidrógeno y agua. Cuando no se usa un sensor de IR próximo 462, se usan las ecuaciones 1 y 2 para calcular las concentraciones de peróxido de hidrógeno y agua. Este cálculo requiere que el usuario introduzca la eficacia del vaporizador en el controlador del sistema de descontaminación 10).
  - b. Concentración de agua en la corriente de aire fuera del secador, a partir de datos del proveedor o a partir de pruebas.
- 3.) Inicialmente se supone que el vapor fuera del vaporizador contendrá el mismo porcentaje de peróxido de hidrógeno que el agente esterilizante líquido.
- 4.) Se calcula la fracción molar de peróxido de hidrógeno ( $x_p$ ) en el agente esterilizante usando la ecuación 7.
- 5.) Se calcula la fracción molar de agua en el agente esterilizante,  $x_w = 1 - x_p$ .
- 6.) Se calculan los coeficientes de actividad usando las ecuaciones 5 y 6 a la temperatura de punto de rocío introducida por el usuario.
- 7.) Se calcula la presión de vapor de agua y peróxido de hidrógeno usando las ecuaciones 8 y 9 a la temperatura de punto de rocío introducida por el usuario.
- 8.) Se calcula la presión de vapor total usando la ecuación 4.
- 9.) Se determina la fracción molar de peróxido de hidrógeno en el gas con respecto al líquido usando la ecuación 3.
- 10.) Se determina si la fracción molar calculada usando la ecuación 7 es igual a la calculada usando la ecuación 3.
- 11.) Si las fracciones molares no corresponden dentro de un error aceptable, se itera la fracción molar de peróxido en el agente esterilizante (estado líquido) y se repiten las etapas 5 a 10 anteriores. Puede usarse una de las muchas técnicas de iteración para converger hacia la solución.
- 12.) Si las fracciones molares corresponden dentro del error aceptable, se calcula la concentración saturada del peróxido de hidrógeno ( $C_{h,sat}$ ) y el agua ( $C_{w,sat}$ ) usando la ecuación 11.
- 13.) Se calcula la velocidad de inyección del agente esterilizante a partir de la ecuación 1 usando  $C_{h,sat}$ .
- 14.) Se calcula la concentración de agua ( $C_w$ ) usando la ecuación 2.
- 15.) Se compara  $C_w$  con  $C_{w,sat}$ .
- 16.) Si  $C_w$  y  $C_{w,sat}$  no son iguales dentro de un error aceptable, vuelve a calcularse el porcentaje de peróxido (P) usando  $C_{h,sat}$  y  $C_w$ :  $P = C_{h,sat} / (C_{h,sat} + C_w) \cdot 100$  y se repiten las etapas 4 a 15.
- 17.) Si  $C_w$  y  $C_{w,sat}$  están dentro de un error aceptable, la velocidad de inyección inicial se fijará igual a la calculada en la etapa 15 anterior.

## ES 2 379 554 T3

- 18.) Se calcula el calor de vaporización ( $Q_{\text{vap}}$ ) usando la ecuación 14.
- 19.) Se determina la temperatura de entrada del aire del vaporizador ( $T_1$ ) usando la ecuación 16.
- 5 20.) Si la temperatura del aire calculada en la etapa 19 no es demasiado elevada para los componentes aguas abajo, puede establecerse el flujo de aire a  $T_1$  y puede inyectarse el peróxido en la corriente de aire después de que el sistema alcance el estado estacionario.
- 10 21.) Si la temperatura del aire,  $T_1$ , es demasiado elevada para los componentes aguas abajo, puede fijarse inicialmente la temperatura hasta la temperatura máxima permisible.
- 15 22.) De este modo, puede determinarse la velocidad de inyección mediante iteración hasta que la temperatura de salida del vaporizador es superior al punto de rocío por el mismo margen que el que hay entre la temperatura de punto de rocío deseada ( $T_{\text{dp}}$ ) y la temperatura de salida deseada ( $T_2$ ).
- 20 23.) Puede continuarse un procedimiento de aumento gradual hasta que se alcanzan las temperaturas requeridas de punto de rocío ( $T_{\text{dp}}$ ) y de salida ( $T_2$ ).
- 24.) Si se proporciona retroalimentación al control, puede alcanzarse el punto de rocío usando la concentración real de peróxido de hidrógeno y de agua en vez de las calculadas en las ecuaciones 1 y 2.

La estrategia de control para el segundo modo de funcionamiento se expone tal como sigue.

- 25 1.) El usuario introduce lo siguiente:
- a. La velocidad de inyección deseada.
  - b. La temperatura del colector.
  - 30 c. El porcentaje de peróxido de hidrógeno en el agente esterilizante líquido.
- 2.) Se conoce lo siguiente:
- 35 a. La eficacia del vaporizador (E) encontrada mediante pruebas (usada cuando no se usa un sensor de IR próximo).
  - b. La concentración del agua en la corriente de aire fuera del secador, a partir de datos del proveedor o a partir de pruebas.
- 40 3.) El controlador calcula y presenta visualmente un punto de rocío basándose en la velocidad de inyección fijada por el usuario.
- 45 4.) El usuario, conociendo el punto de rocío para la velocidad de inyección introducida, puede, si es necesario, ajustar, es decir, cambiar, las “introducciones del usuario” para evitar la condensación sobre los artículos que van a descontaminarse. Con respecto a esto, en el segundo modo de funcionamiento, no hay un control automático del punto de rocío.

50 La estrategia de control para el tercer modo de funcionamiento se expone tal como sigue.

- 1.) El usuario introduce lo siguiente:
- a. La concentración de peróxido de hidrógeno deseada.
  - 55 b. La temperatura del colector.
  - c. El porcentaje de peróxido de hidrógeno en el agente esterilizante líquido.
- 2.) Se conoce lo siguiente:
- 60 1) La eficacia del vaporizador (E) encontrada mediante pruebas (usada cuando no se usa un sensor de IR próximo).
  - 65 2) La concentración de agua en la corriente de aire fuera del secador, a partir de datos del proveedor o a partir de pruebas.

## ES 2 379 554 T3

- 3.) El controlador calcula y aumenta gradualmente la velocidad de inyección del peróxido de hidrógeno líquido hasta que se alcanza la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado deseada.
- 4.) El controlador calcula y presenta visualmente el punto de rocío a la concentración de peróxido de hidrógeno deseada.

5

La descripción anterior es una forma de realización específica de la presente invención. Debe apreciarse que esta forma de realización se describe únicamente a título ilustrativo, y que los expertos en la materia pueden poner en práctica numerosas alteraciones y modificaciones. Se pretende que todas las modificaciones y alteraciones de este tipo estén incluidas en la medida en que están comprendidas dentro del alcance de la invención tal como se reivindica.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

# ES 2 379 554 T3

## REIVINDICACIONES

1. Aparato de descontaminación de artículos, que comprende:

- 5 a) una cámara de descontaminación (500A, 500B);
- b) un transportador (14) para transportar unos artículos (12) que van a ser descontaminados a lo largo de una primera trayectoria a través de dicha cámara de descontaminación (500A, 500B);
- 10 c) una unidad de vaporización (300A, 300B) conectada a dicha cámara de descontaminación (500A, 500B) mediante un conducto de peróxido de hidrógeno vaporizado (512A, 512B), estando dicha unidad de vaporización (300A, 300B) dispuesta por encima de dicha cámara de descontaminación (500A, 500B);
- 15 d) un soplador (322) para transportar un gas portador a través de dicha unidad de vaporización (300A, 300B) y a través de dicha cámara de descontaminación (500A, 500B);
- e) unos medios de calentamiento (352) para calentar dicho gas portador que fluye a través de dicha unidad de vaporización (300A, 300B);
- 20 f) una fuente de peróxido de hidrógeno líquido (114) conectada fluídicamente a dicha unidad de vaporización (300A, 300B);
- g) un dispositivo de inyección (410) para inyectar peróxido de hidrógeno líquido en dicha unidad de vaporización (300A, 300B);
- 25 h) una unidad de aireación (700A, 700B) conectada a dicha cámara de descontaminación (500A, 500B), estando dicha unidad de aireación (700A, 700B) destinada a eliminar contaminantes de un gas que fluye a través de dicha unidad de aireación (700A, 700B) y de dicha cámara de descontaminación (500A, 500B), comprendiendo dicha unidad de aireación (700A, 700B):
- h1) un conducto (722), conectado al lado de salida de dicho soplador (712), y conectado por un extremo a dicha cámara de descontaminación (500A, 500B);
- h2) un soplador (712) para transportar dicho gas a través de dicho conducto (722) hasta dicha cámara de descontaminación (500A, 500B);
- h3) un filtro (742) para eliminar contaminantes de dicho gas que fluye a través de dicho conducto (722); y
- h4) unos medios de calentamiento (752) para calentar dicho gas que fluye a través de dicho conducto (722);
- i) un conducto de derivación (772) conectado por un extremo a dicha unidad de vaporización (300A, 300B) y por otro extremo a dicho conducto (722) en un punto situado aguas arriba de dicho filtro (742); y
- 45 j) unos medios de válvula (774) para conectar selectiva y fluídicamente dicha unidad de vaporización (300A, 300B) a dicho filtro (742) y a dicha cámara de descontaminación (500A, 500B).

50 2. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicha unidad de vaporización (300A, 300B) comprende:

una cámara alargada (364) que presenta un orificio de entrada (366A) y un orificio de salida (366B), estando dicho orificio de salida (366B) conectado fluídicamente a dicha cámara de descontaminación (300A, 300B), estando dicho orificio de salida (366B) situado debajo de dicho orificio de entrada (366A).

3. Aparato según la reivindicación 2, en el que dicho dispositivo de inyección (410) comprende:

60 una boquilla (432) situada en el centro de dicha cámara alargada (364), estando dicha boquilla (432) en comunicación fluidica con dicha fuente de peróxido de hidrógeno líquido (114) y pudiendo funcionar para inyectar un peróxido de hidrógeno líquido en dicha cámara alargada (364) a modo de neblina atomizada de peróxido de hidrógeno.

65 4. Aparato según la reivindicación 1, en el que dichos medios de calentamiento (352) consisten en un calentador conectado a dicha unidad de vaporización (300A, 300B).

## ES 2 379 554 T3

5. Aparato según la reivindicación 1, que comprende asimismo:

5 un destructor (642) conectado a dicha cámara de descontaminación (500A, 500B), estando dicho destructor (642) destinado a destruir el peróxido de hidrógeno en dicho gas portador que fluye a través de dicho destructor (642); y

10 un soplador (632) dispuesto entre dicha cámara de descontaminación (500A, 500B) y dicho destructor (642) para transportar dicho gas portador desde dicha cámara de descontaminación (500A, 500B) hasta dicho destructor (642).

6. Aparato según la reivindicación 1, que comprende además:

15 una unidad de acondicionamiento de aire (200) conectada a dicha unidad de vaporización (300A, 300B), comprendiendo dicha unidad de acondicionamiento de aire (200):

una cámara (262);

20 un filtro (222) conectado a dicha cámara (262) para eliminar los contaminantes de dicho gas portador que fluye a través de dicha cámara (262);

un dispositivo de refrigeración (230) conectado a dicha cámara (262) para refrigerar dicho gas portador que fluye a través de dicha cámara (262);

25 un conducto de regeneración (292) conectado a dicha cámara (262) por un extremo;

un soplador (294) para transportar una parte de dicho gas portador desde dicha cámara (262) a través de dicho conducto de regeneración (292);

30 unos medios de calentamiento (298) para calentar dicha parte de dicho gas portador que fluye a través de dicho conducto de regeneración (292); y

35 un elemento desecante (242) conectado a dicha cámara (262) y a dicho conducto de regeneración (292) para eliminar la humedad de dicho gas portador que fluye a través de dicha cámara (262).

7. Aparato según la reivindicación 6, en el que dicho elemento desecante (242) puede girar alrededor de un eje, de manera que partes de dicho elemento desecante (242) se puedan desplazar entre dicha cámara (262) y dicho conducto de regeneración (292).

8. Aparato según la reivindicación 1, que comprende además:

45 un conjunto de depósito (130) conectado a dicha fuente de peróxido de hidrógeno líquido (114) y a dicha unidad de vaporización (300A, 300B), comprendiendo dicho conjunto de depósito:

un primer tanque de almacenamiento (132A);

50 un segundo tanque de almacenamiento (132B), estando conectados dicho primer tanque de almacenamiento (132A) y dicho segundo tanque de almacenamiento (132B) a dicha fuente de peróxido de hidrógeno (114);

55 un tanque de recogida (170) conectado a dicho primer tanque de almacenamiento (132A) y a dicho segundo tanque de almacenamiento (132B), estando dicho tanque de almacenamiento (170) conectado además a dicha unidad de vaporización (300A, 300B);

60 unos medios de válvula (144, 146, 166, 168) para comunicar selectiva y fluídicamente dicho primer tanque de almacenamiento (132A) y dicho segundo tanque de almacenamiento (132B) con dicho tanque de recogida (170) y para comunicar selectiva y fluídicamente dicho primer tanque de almacenamiento (132A) y dicho segundo tanque de almacenamiento (132B) con dicha fuente de peróxido de hidrógeno líquido (114);

65 una tubería de aireación (174) conectada por un extremo a dicho tanque de recogida (170) y un segundo extremo de dicha tubería de aireación (174) dispuesto en un punto situado por encima de una parte superior de dicho primer tanque de almacenamiento (132A) y de dicho segundo tanque de almacenamiento (132B); y

una válvula de aireación (176) dispuesta en dicha tubería de aireación (174) para controlar el flujo pasante.

## ES 2 379 554 T3

9. Aparato según la reivindicación 8, que comprende asimismo:

5 unos medios de bombeo (122) para bombear dicho peróxido de hidrógeno líquido desde dicha fuente de peróxido de hidrógeno líquido (114) hasta dicho primer tanque de almacenamiento (132A) y dicho segundo tanque de almacenamiento (132B).

10 10. Aparato según la reivindicación 8, en el que dicho tanque de recogida (170) está situado por encima de dicha unidad de vaporización (300A, 300B).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

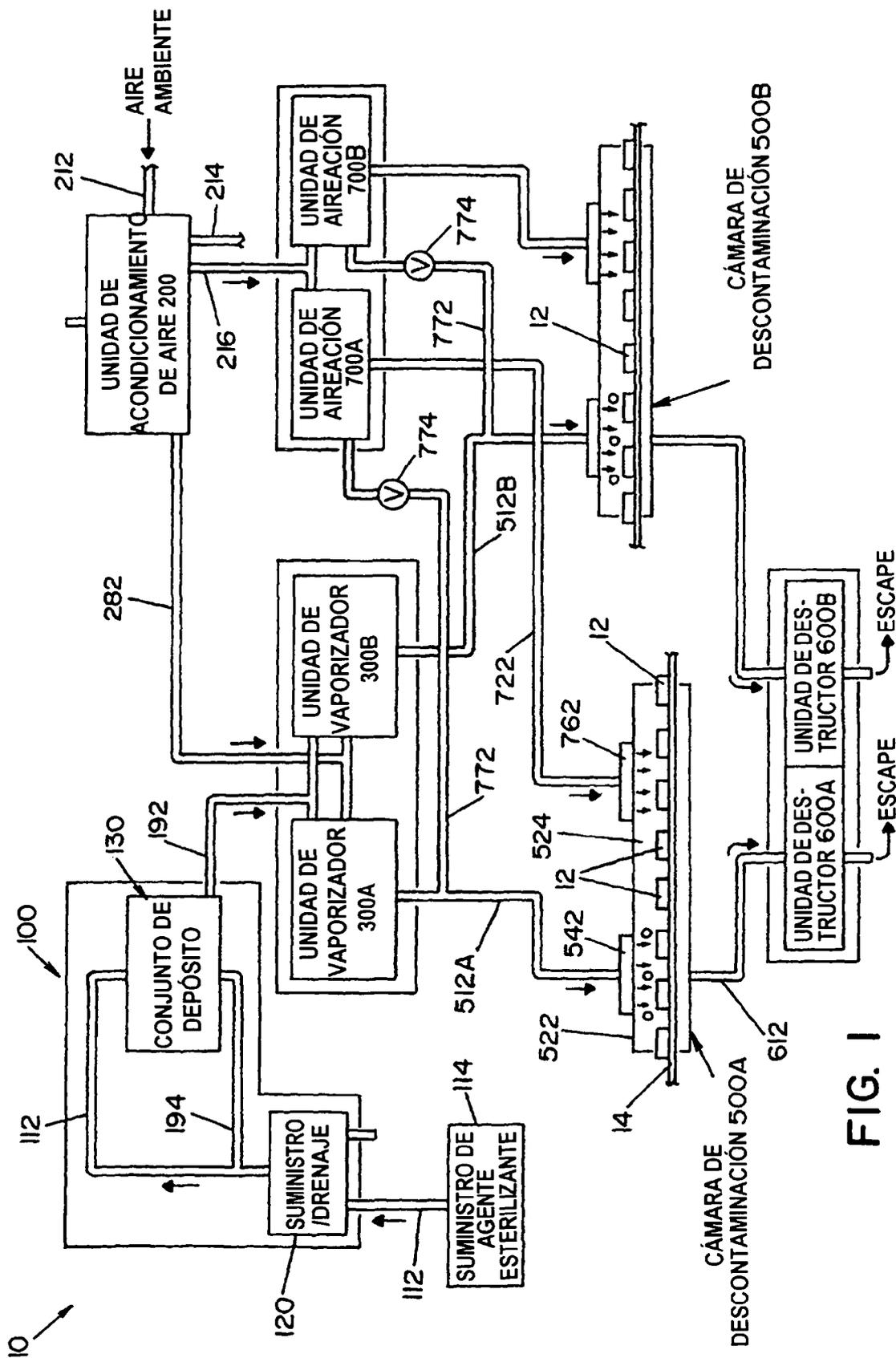


FIG. 1

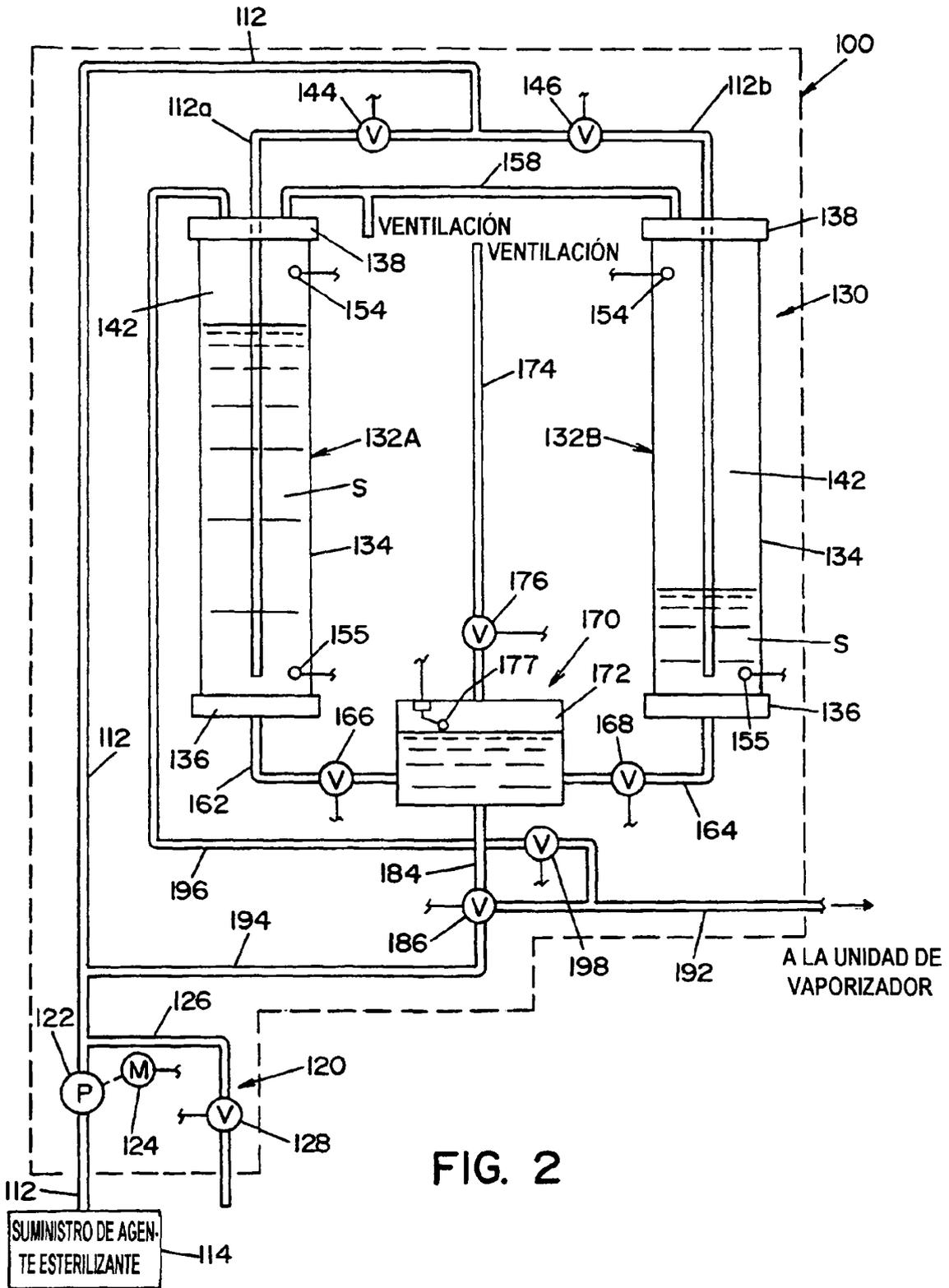


FIG. 2

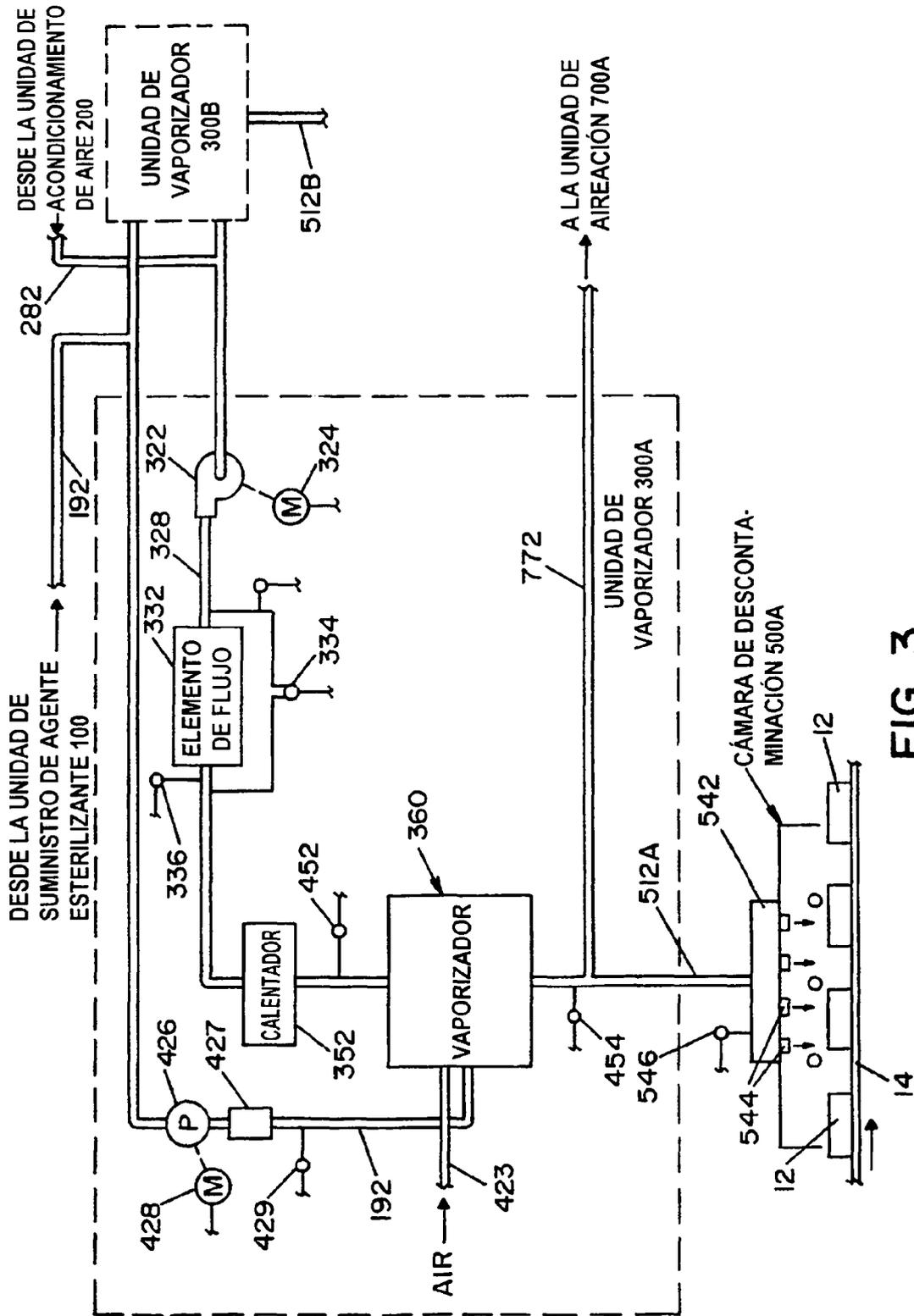


FIG. 3

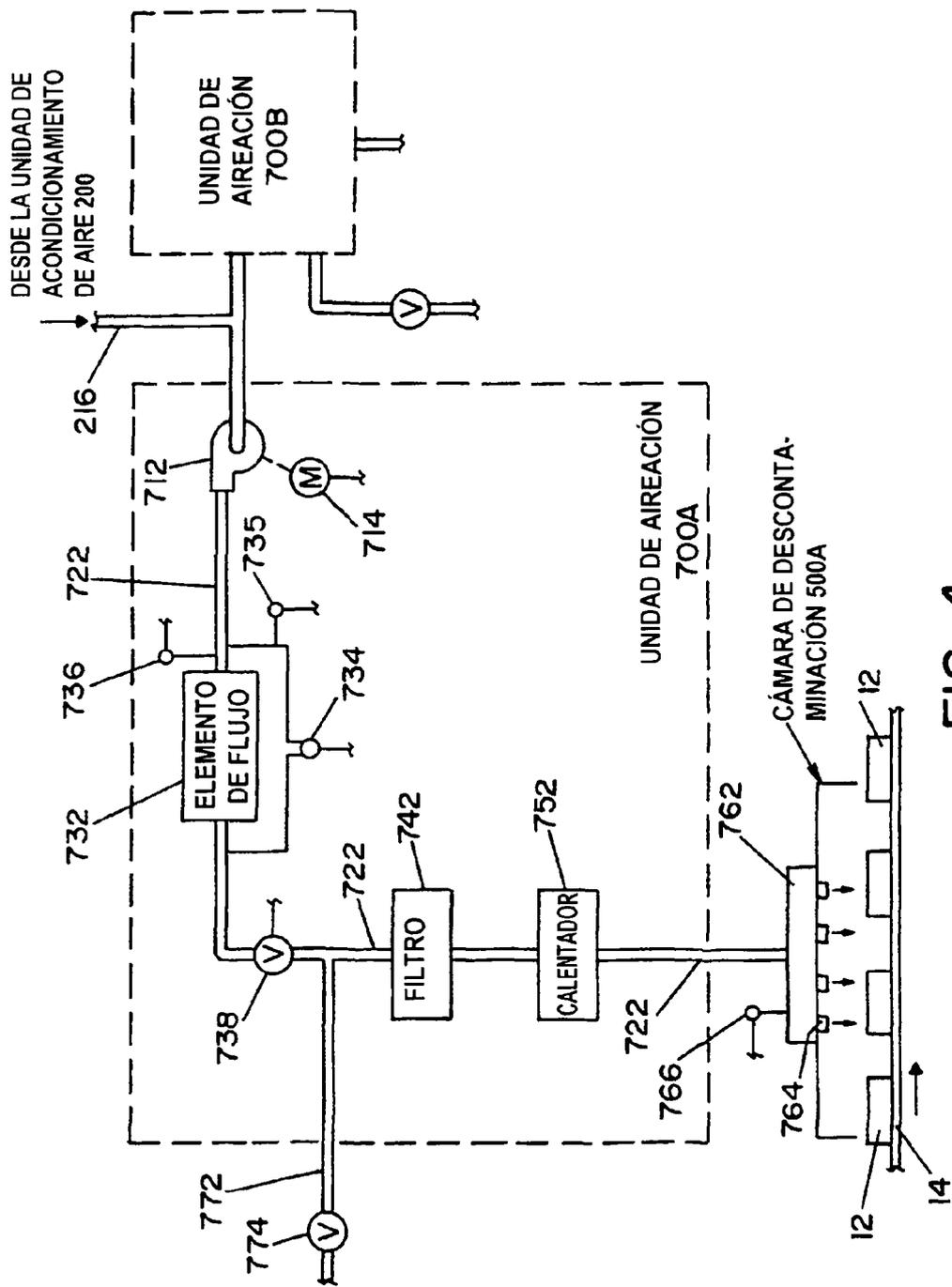


FIG. 4

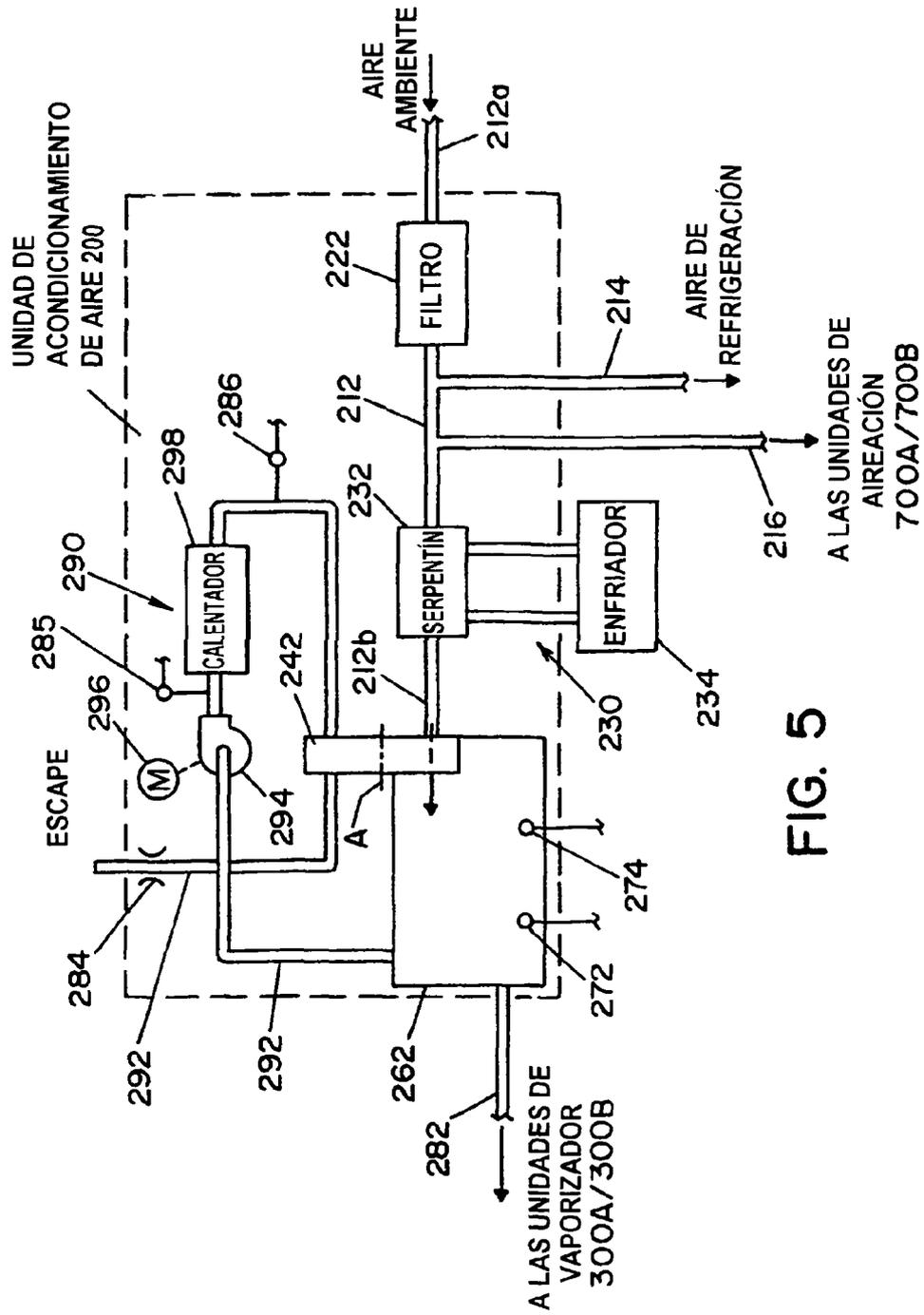


FIG. 5

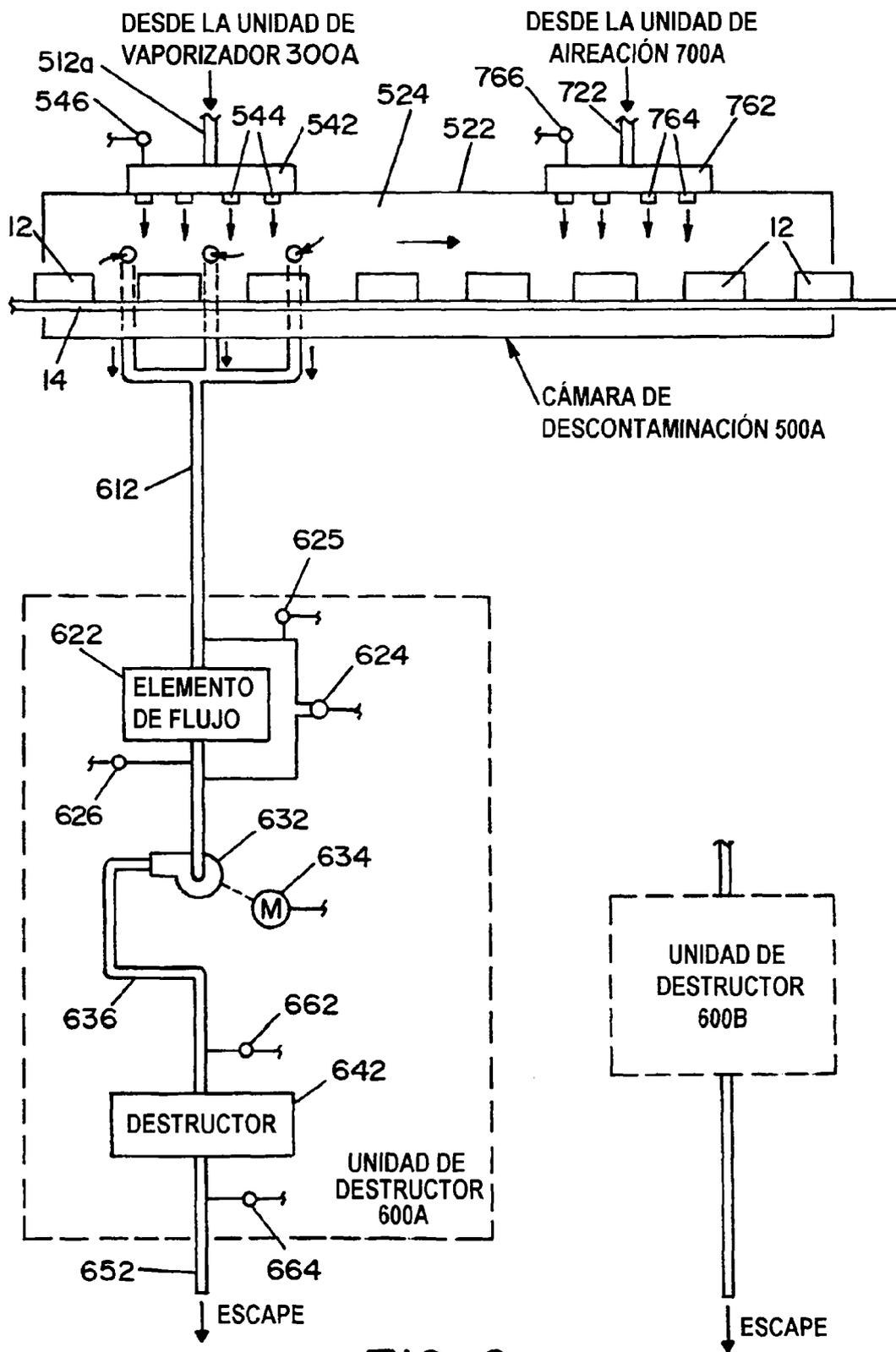
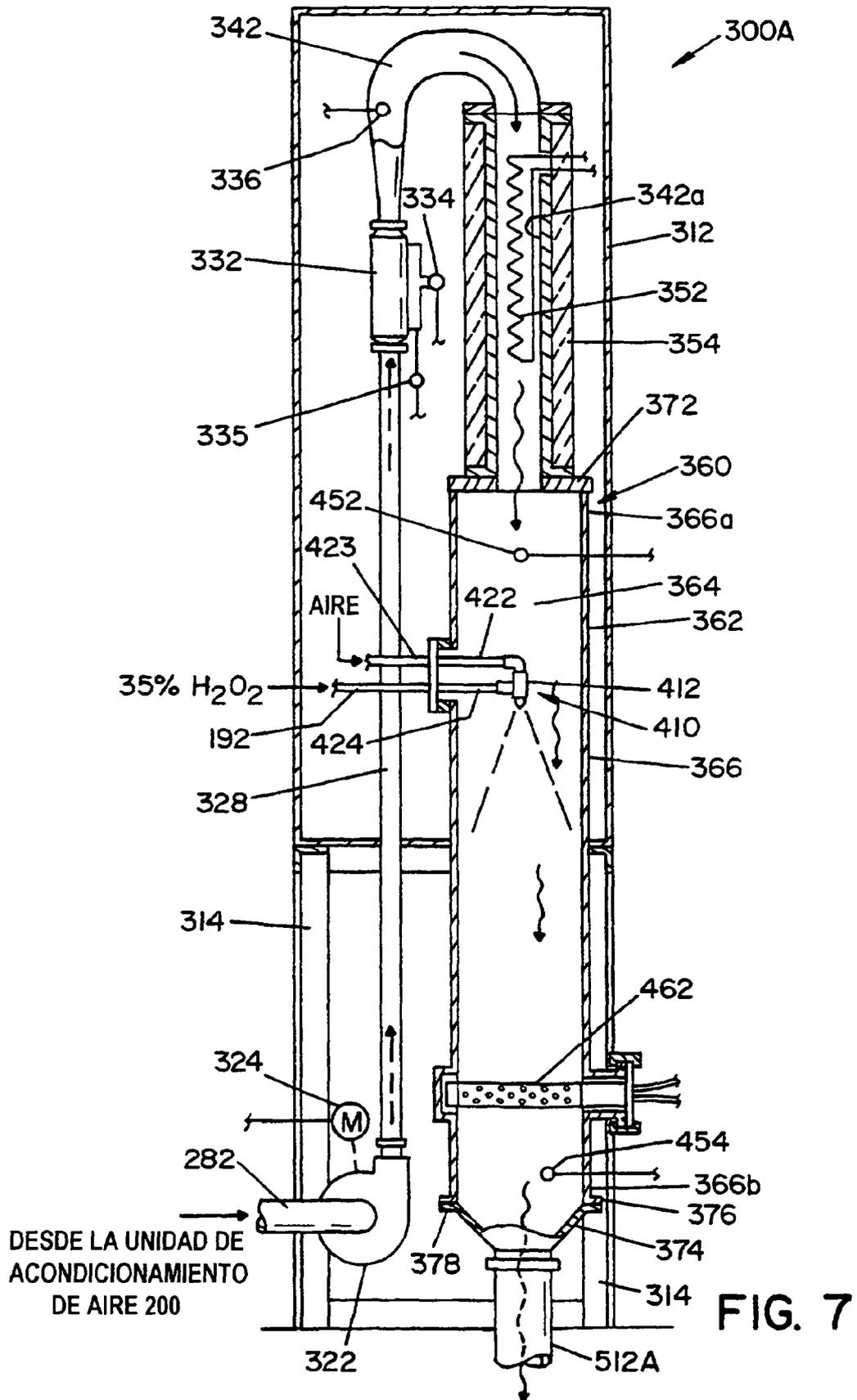


FIG. 6



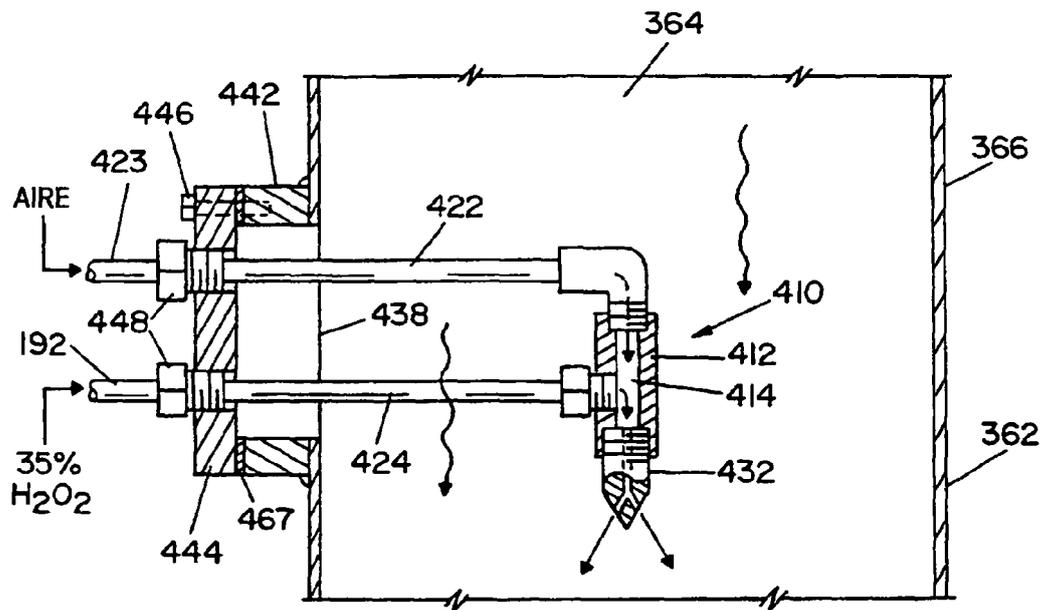


FIG. 8

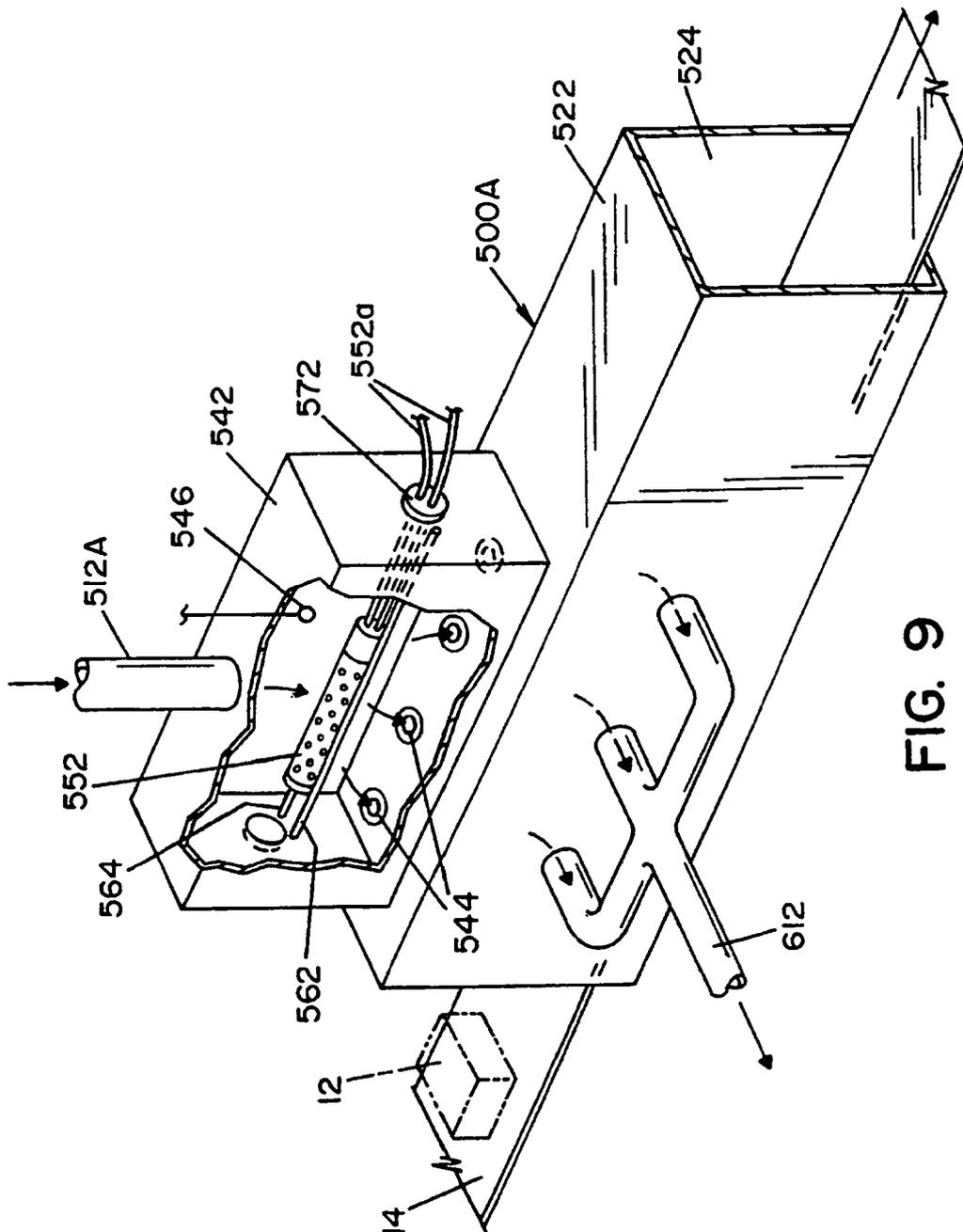
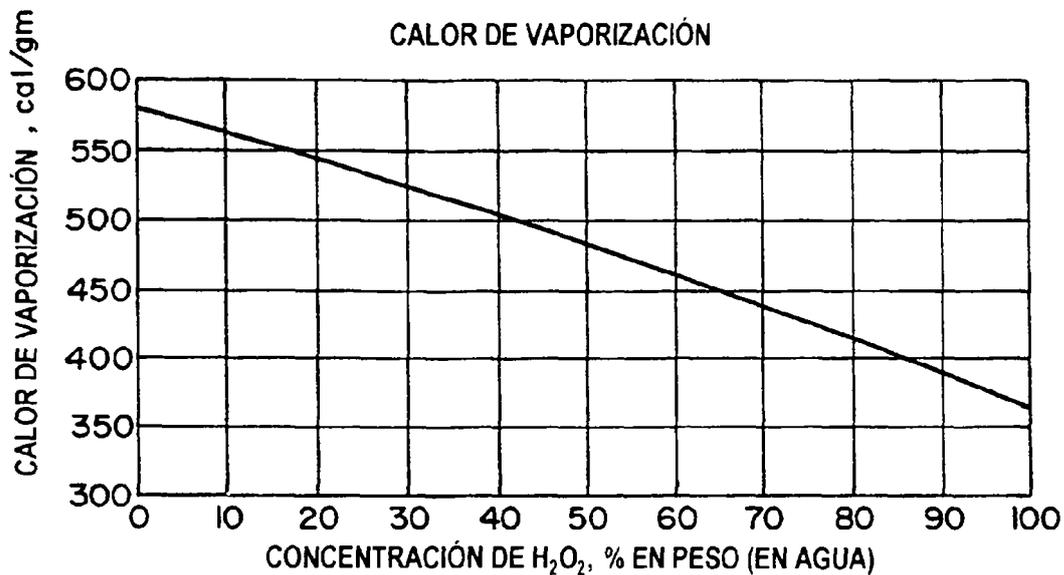
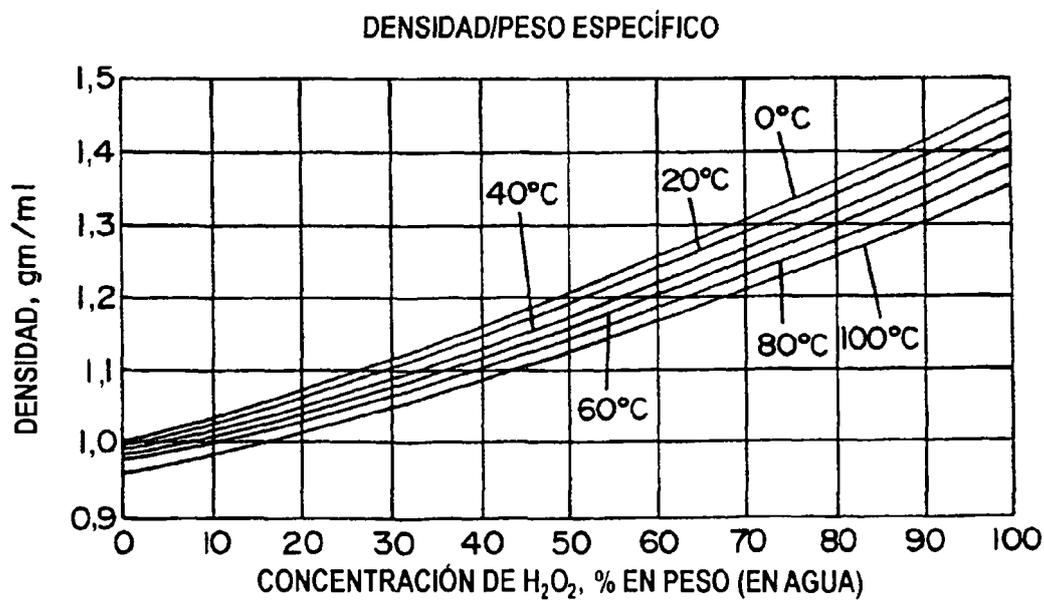


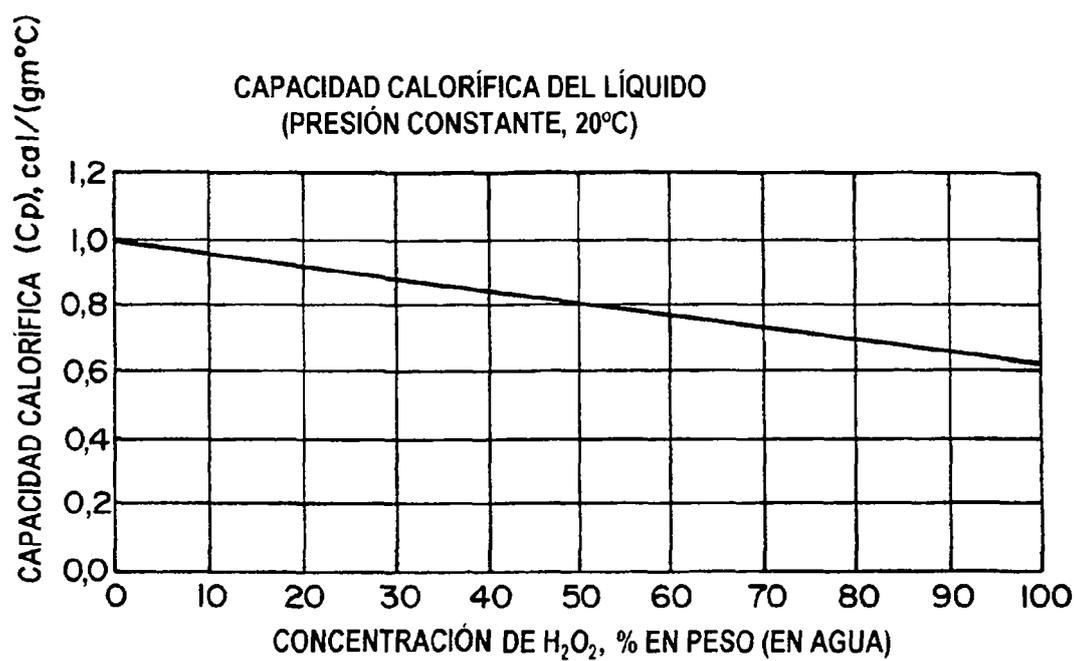
FIG. 9



**FIG. 10**



**FIG. II**



**FIG. 12**