

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 397 610**

51 Int. Cl.:

**G01M 3/28** (2006.01)

**G01M 3/32** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2006 E 10178966 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2012 EP 2270459**

54 Título: **Método y aparato para supervisar de forma continua regiones intersticiales en tuberías e instalaciones de almacenamiento de gasolina**

30 Prioridad:

**19.10.2005 US 253341**

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

**08.03.2013**

73 Titular/es:

**FRANKLIN FUELING SYSTEMS, INC. (100.0%)  
3760 Marsh Road  
Madison WI 53718, US**

72 Inventor/es:

**KENNEY, DONALD P. y  
SIMMONS, WALT**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 397 610 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

Método y aparato para supervisar de forma continua regiones intersticiales en tuberías e instalaciones de almacenamiento de gasolina

Ámbito técnico

- 5 En general, la presente patente se dirige a un aparato y a un modo de supervisión intersticial, y más concretamente en un sistema para controlar de forma continua los niveles de presión y de vacío dentro del espacio intersticial de un sistema de depósitos de almacenamiento subterráneo.

Antecedentes

10 Las normativas estatales y federales de los EE.UU., tanto actuales como propuestas, exigen que los depósitos subterráneos para el almacenamiento de sustancias peligrosas cumplan determinados requisitos de seguridad ambiental; en particular, estas normativas ambientales exigen que los sistemas de almacenamiento subterráneo comprendan una unidad de contención primaria y una unidad de contención secundaria (véase, por ejemplo, el documento DE 42 18 830 A1). Así mismo, se exige que las unidades de contención primaria y secundaria cumplan las normas ambientales según las cuales los sistemas de depósitos de almacenamiento subterráneo deben ser herméticos al producto. A los efectos de dichas normas ambientales, "hermético al producto" suele definirse como impermeable a la sustancia contenida, para impedir que se filtre a través de la unidad de contención primaria. Además, para que un depósito sea hermético al producto, a lo largo de su vida útil dicho depósito no puede sufrir deterioro físico o químico por efecto de la sustancia que contiene. Dichas normativas también exigen que los propietarios u operarios de un sistema de depósitos de almacenamiento subterráneo, con un componente de una sola pared y ubicados a no más de 0,3 km (1.000 pies) de un pozo público de agua potable, pongan en práctica un programa de detección o supervisión mejorada de las fugas.

25 Un método conocido de supervisión de fugas, descrito en la patente estadounidense con n.º 6.489.894 y titulado "Dispositivo de detección de fugas para sistemas de contenedores y sistemas de tuberías de doble pared" ("*Leak Detection Device for Double Wall Pipeline Systems and Container Systems*") utiliza un detector de fugas con una bomba de vacío que incluye un conmutador dependiente de la presión y un dispositivo de alarma para detectar fugas en un sistema de tuberías o de contenedores de doble pared. El detector de fugas que se da a conocer en dicha patente se ha adaptado para controlar de forma simultánea varios contenedores conectados a una tubería colectora y a una bomba de vacío mediante conductos de vacío. Cada recipiente supervisado incorpora un conector o una válvula de vacío para conectar por medio de fluido un espacio de control a un detector de fugas. Cada conducto de vacío tiene un primer bloqueo de líquido dispuesto en el conector de vacío para impedir que el líquido filtrado a los conductos de vacío desde un contenedor con fugas penetre en los espacios de control de los contenedores sin fugas. Un segundo bloqueo de líquido está dispuesto en la tubería colectora para impedir la entrada de líquido en la bomba de vacío. A pesar de que este método puede detectar las fugas producidas dentro del espacio de control de un contenedor, es un sistema mecánicamente complejo que exige gran cantidad de materiales y de tiempo de configuración.

40 Otros métodos de supervisión de espacios secundarios o intersticiales son muy conocidos en la técnica e incluyen la detección de fugas continua usando tanto técnicas de supervisión de presiones como de soluciones de salmuera, a fin de determinar la presencia o ausencia de fugas entre el sistema de almacenamiento y el entorno circundante. No obstante, para calibrar de forma efectiva la totalidad de estos métodos y sistemas conocidos para su funcionamiento se requiere una gran cantidad de tiempo de configuración y de conocimiento del sistema. Concretamente, para configurar estos sistemas de supervisión para su funcionamiento, el usuario debe introducir el volumen del espacio secundario o intersticial que se vaya a supervisar, lo cual exige un conocimiento detallado de la distribución y de la configuración de los contenedores y de las canalizaciones de doble pared que se usan en el sistema de almacenamiento subterráneo.

45 Sumario

50 Un sistema de almacenamiento subterráneo comprende una unidad de contención primaria y una unidad de contención secundaria dispuesta para abarcar herméticamente la unidad de contención primaria. Este sistema de almacenamiento subterráneo incluye también un sistema detector de fugas, conectado por medio de fluido al sistema de contención secundario y que está adaptado para detectar fugas de fluido en el sistema de contención primario y en el sistema de contención secundario.

Breve descripción de los dibujos

Para una comprensión más completa del dispositivo que se da a conocer, debería consultarse la siguiente descripción detallada y los dibujos que la acompañan, en los que:

la figura 1 ilustra los componentes básicos de un sistema de supervisión de vacío intersticial a modo de ejemplo;

la figura 2 ilustra un diagrama de flujo que detalla el funcionamiento de una rutina de autoaprendizaje a modo de ejemplo;

la figura 3 ilustra una curva de vacío intersticial a modo de ejemplo; y

5 la figura 4 ilustra un diagrama de flujo que detalla el funcionamiento de una rutina de supervisión a modo de ejemplo.

#### Descripción detallada

10 La figura 1 ilustra un sistema de almacenamiento subterráneo 10 a modo de ejemplo, que incluye un depósito de almacenamiento subterráneo (DAS) 12 construido para contener de manera segura un líquido 20, tal como gasolina, gasóleo u otro hidrocarburo. El DAS 12 es un depósito de almacenamiento de doble pared, construido con una pared exterior 14 y con una pared interior 16 separada para definir un espacio intersticial 18. De esta forma, el DAS 12 se divide en una unidad de contención primaria y una unidad de contención secundaria, para dotar al sistema de almacenamiento subterráneo 10 de una protección antifugas redundante.

15 Una turbobomba sumergible (TBS) 22 como, por ejemplo, la TBS con número de modelo STP-75-VL2-7 fabricada por FE PETRO, INC. ®, proporciona un medio para bombear el líquido 20 a un distribuidor 24. La TBS 22 puede montarse en el DAS 12 de forma fija o desmontable para situar una boquilla de entrada 22a por debajo de la superficie del líquido 20. A su vez, la boquilla de entrada 22a proporciona una vía de fluido para bombear el líquido 20 dentro de la unidad de contención primaria al distribuidor 24.

20 Un colector de bomba 26, que puede ser un componente en una sola pieza con la TBS 22 o un componente separado que puede acoplarse de forma fija a la misma, regula la distribución del líquido bombeado 20 al distribuidor 24. El colector de bomba 26 comprende una toma de sifón 28 adaptada para conectar por medio de fluido el espacio intersticial 18 (por ejemplo, la unidad de contención secundaria) con el vacío generado por la TBS 22. Por tanto, cuando la TBS 22 está activa (por ejemplo, produciendo un vacío), la toma de sifón 28 proporciona una vía de vacío al espacio intersticial 18 para evacuar el fluido contenido en su interior. Una válvula reguladora 30 puede aislar el espacio intersticial 18 con respecto a la toma de sifón 28, para impedir una caída del vacío cuando la TBS 22 está inactiva y expuesta a la presión atmosférica por medio de la unidad de contención primaria.

30 Un sensor de vacío 32 se comunica por medio de fluido con el espacio intersticial 18 y la toma de sifón 28 para muestrear y medir los niveles de vacío en su interior. El sensor de vacío 32 puede ser un sensor analógico continuo, un sensor digital discreto, un sensor basado en conmutador, o cualquier otro dispositivo configurado para muestrear el nivel de vacío dentro del espacio intersticial 18. El sensor de vacío 32 puede estar aislado por la válvula reguladora 30 para impedir mediciones de la presión atmosférica (es decir, mediciones de vacío cero) cuando la TBS 22 esté inactiva. No obstante, cuando la TBS 22 está activa y generando un vacío, la válvula reguladora 30 se abre para proporcionar una conexión de fluidos entre el sensor de vacío 32, el espacio intersticial 18 y la toma de sifón 28. De esta forma, el sensor de vacío 32 muestrea y mide el cambio en el nivel de vacío dentro del espacio intersticial 18 generado por la TBS 22.

35 Además, el sensor de vacío 32 puede conectarse comunicativamente con una unidad de control 34 que tiene un procesador 36 y una memoria 38. La unidad de control 34 y la memoria 38 reciben y almacenan datos de vacío, información de sistema, datos de alarma, etc., procedentes del sensor de vacío 32 o de cualquier otro componente controlado. Las comunicaciones entre la unidad de control 34 y, por ejemplo, el sensor de vacío 32 y la válvula reguladora 30, pueden implementarse usando cualquier enlace de comunicaciones que se desee, como una red de área local cableada, un enlace de comunicaciones inalámbrico, un enlace de comunicaciones directo o un enlace de comunicación cableado de punto a punto.

45 El procesador 36 puede ejecutar una rutina de supervisión para dirigir la configuración y el funcionamiento del sistema de almacenamiento subterráneo 10. En particular, la rutina de supervisión puede escribirse en cualquier lenguaje informático o lenguaje de programación de control de proceso, tal como C++, Visual C++, Visual Basic o lenguaje máquina y puede compilarse (si es necesario) y almacenarse en la memoria 38. En general, la rutina de supervisión garantiza la integridad del sistema de almacenamiento subterráneo 10 mediante la detección de fugas indeseadas. Concretamente, la rutina de supervisión puede ejecutarse en el procesador 36 para aprender de forma automática las características de vacío del espacio intersticial 18. Además, la rutina de supervisión puede incluir también unas subrutinas adicionales adaptadas para ejecutarse en el procesador 36, a fin de controlar de forma continua el nivel de vacío dentro del espacio intersticial 18 como una función del tiempo.

50 Una válvula de orificio de fuga 40 se conecta por medio de fluido a la válvula reguladora 30, el sensor de vacío 32 y un orificio de fuga 42, para proporcionar una vía de vacío entre el espacio intersticial 18. La válvula de orificio de fuga 40 y el orificio de fuga 42 pueden definir un conjunto desmontable adaptado para desconectarse del espacio

intersticial 18 cuando ya no se necesite para la configuración y utilización del sistema de almacenamiento subterráneo 10. La válvula de orificio de fuga 40 permite la creación automática o manual de una fuga calibrada o controlada entre el espacio intersticial 18 y la presión atmosférica más allá del orificio de fuga 42. Dicha fuga controlada produce un descenso del nivel de vacío dentro del espacio intersticial.

5 A su vez, el sensor de vacío 32 puede medir el nivel de vacío decreciente y comunicar los datos de nivel de vacío a la rutina de supervisión en ejecución en la unidad de control 34, mediante el enlace de comunicaciones. A su vez, la rutina de supervisión puede manipular los datos de nivel de vacío para establecer una o más características del espacio intersticial 18. En particular, la rutina de supervisión puede determinar una velocidad de cambio del nivel de vacío negativa basada en los datos de nivel de vacío decreciente, producto de la introducción de la fuga controlada  
10 en la unidad de contención secundaria. Se entenderá que pueden establecerse, adicional o alternativamente, otras características de vacío, por ejemplo, una velocidad de cambio del nivel de vacío positiva, o el tiempo para la evacuación total del espacio intersticial, en función de los datos de nivel del vacío.

15 El DAS 12 puede conectarse a otros componentes del sistema de almacenamiento subterráneo 10. En particular, el espacio intersticial 18 puede conectarse por medio de fluido a un segundo espacio intersticial 48 de un tubo de distribuidor 46 a través de una pluralidad de tomas de vacío 44-44b. Durante el funcionamiento, el tubo de distribuidor de doble pared 46 puede proporcionar la conexión de fluidos entre el líquido 20 almacenado en el DAS 22 y el distribuidor 24. De este modo, la totalidad del sistema de almacenamiento subterráneo 10 (incluyendo el DAS 12 y el tubo de distribuidor 46) es de doble pared y hermético al producto, frente a las penetraciones y a la corrosión que puedan producirse durante las operaciones normales.

20 La figura 2 presenta un diagrama de flujo generalizado de las operaciones de una subrutina de autocalibración o de autoaprendizaje 50, adaptada para aprender las características de vacío del espacio intersticial 18. La subrutina de autoaprendizaje 50 determina y almacena las características de vacío basándose, parcialmente, en cambios medidos del nivel de vacío como una función del tiempo. La subrutina de autoaprendizaje 50 aprende las características de vacío sin la necesidad de determinar o de calcular el volumen total del espacio intersticial 18, la capacidad de vacío de la TBS 22, la sensibilidad del sensor de vacío 32, etc. De esta forma, la rutina de autoaprendizaje 50 proporciona un medio rápido y eficiente de calibrar y controlar el espacio intersticial 18 de cualquier volumen o complejidad conocidos o desconocidos. Se entenderá que la rutina de autoaprendizaje 50 puede actuar como una rutina autónoma, independientemente de la rutina de supervisión o de otras subrutinas. No obstante, la rutina de autoaprendizaje 50 puede integrarse con la rutina de supervisión para satisfacer los requisitos  
25 de calibración del sistema de almacenamiento subterráneo 10.

30 La rutina de autoaprendizaje 50 puede ejecutarse siempre que se satisfaga un criterio predeterminado. En particular, la rutina de autoaprendizaje 50 puede ejecutarse de forma manual como parte de un procedimiento de mantenimiento programado con regularidad, o de forma automática como respuesta a un cambio en la configuración del sistema de almacenamiento subterráneo 10, como parte de la preparación y configuración iniciales del sistema de almacenamiento subterráneo 10, o para compensar un cambio del nivel de vacío con el paso del tiempo.  
35

Un bloque 52 carga las condiciones predeterminadas y los ajustes iniciales almacenados que se precisan para ejecutar la rutina de autoaprendizaje 50 a partir de la memoria 38 (véase la figura 1). Estas condiciones predeterminadas y estos ajustes iniciales pueden incluir, entre otras cosas, un nivel de vacío deseado máximo  $P_{\text{máx}}$ , un nivel de vacío admisible mínimo  $P_{\text{mín}}$ , el cierre de la válvula reguladora 30 y la calibración del sensor de vacío 32.

40 A pesar de que el nivel de vacío deseado máximo puede ajustarse a prácticamente cualquier valor, las pruebas empíricas indican que un nivel aproximado de vacío de 254 mm Hg, que representa un nivel de vacío obtenible y fácilmente distinguible de la presión atmosférica, puede ser deseable. Así mismo, el nivel de vacío aceptable mínimo puede ajustarse, por ejemplo, a 50,8 mm Hg. Típicamente, el nivel de vacío mínimo  $P_{\text{mín}}$  proporciona un límite o umbral inferior para identificar el momento en el que el nivel de vacío actual  $P_{\text{med}}$  dentro del espacio intersticial 18 disminuye hacia el nivel de la presión atmosférica (es decir, aproximadamente 0 mm Hg o vacío cero).  
45

Un bloque 54 da lugar a que el sensor de vacío 32 muestree y mida el nivel de vacío actual  $P_{\text{med}}$  dentro del espacio intersticial 18. Típicamente, el sensor de vacío 32 muestrea del nivel de vacío actual  $P_{\text{med}}$  a intervalos regulares  $\Delta t$  durante todo el funcionamiento de la rutina de autoaprendizaje 50. La memoria 38 puede almacenar los datos de nivel de vacío representativos del nivel de vacío actual  $P_{\text{máx}}$  en una base de datos históricos como el nivel de vacío almacenado  $P_{\text{alm}}$ . El nivel de vacío almacenado  $P_{\text{alm}}$  puede archivarse permanentemente en la base de datos históricos (es decir, guardarse en la base de datos) o almacenarse de manera temporal para utilizarlo en cálculos / análisis, etc., y para borrarlo o sobrescribirlo posteriormente a medida que se obtienen y almacenan nuevos datos.  
50

Un bloque 56 compara el nivel de vacío actual  $P_{\text{med}}$  con la presión atmosférica (es decir, el vacío cero) para establecer un valor referencia de vacío antes de la ejecución de los pasos restantes de la rutina de autoaprendizaje 50. Al detectar un vacío dentro del espacio intersticial 18, un bloque 58 da lugar a que la válvula reguladora 30 y la válvula de orificio de fuga 40 se abran y evacuen el vacío detectado a la atmósfera. Un bloque 60 da lugar a que el  
55

sensor de vacío 32 muestree del nivel de vacío actual  $P_{med}$  hasta que se detecta la presión atmosférica. Cuando el sensor de vacío 32 detecta la presión atmosférica, un bloque 62 cierra la válvula reguladora 30 y la válvula de orificio de fuga 40 para sellar y aislar el espacio intersticial 18, como paso previo para la ejecución de una porción del procedimiento de evacuación de la rutina de autoaprendizaje 50.

5 Un bloque 64 inicia el procedimiento de evacuación y la rutina de autoaprendizaje 50 empieza a aprender los datos de nivel de vacío necesarios para generar una “curva ascendente” (un ejemplo de esta curva es la línea 102 de la figura 3). En particular, el bloque 64 activa la TBS 22 y esta, a su vez, empieza a evacuar el espacio intersticial 18 a través de la toma de sifón 28. Un bloque 66 abre la válvula reguladora 30 para establecer comunicaciones de fluido entre la TBS 22, el espacio intersticial 18 y el sensor de vacío 32. Típicamente, la válvula reguladora 30 se abre tras un retardo igual al tiempo necesario para que el sensor de vacío 32 detecte el vacío generado por la TBS 22. Se entenderá que el retardo asociado al sensor de vacío 32 puede depender también de factores como la sensibilidad del sensor de vacío 32, la capacidad de vacío de la TBS 22 y el volumen total del espacio intersticial 18.

15 Un bloque 68 da lugar a que el sensor de vacío 32 muestree y mida el nivel de vacío actual  $P_{med}$  dentro del espacio intersticial 18 durante el intervalo  $\Delta t$ . Un bloque 70 da lugar a que el procesador 36 fije el nivel de vacío almacenado  $P_{alm}$  igual al nivel de vacío actual  $P_{med}$ , y que almacene el nivel de vacío almacenado  $P_{alm}$  resultante en la base de datos históricas establecida dentro de la memoria 38. Llegados a este punto, la velocidad de cambio del nivel de vacío de la curva ascendente o de evacuación, dentro del espacio intersticial 18, puede calcularse basándose en la diferencia entre el nivel de vacío actual y el nivel de vacío almacenado, durante un intervalo de tiempo fijo o conocido. Es posible describir matemáticamente una velocidad de cambio de la evacuación  $\Delta P_{evac}$  con la fórmula:

$$20 \quad \Delta P_{evac} = \frac{P_{med} - P_{alm}}{\Delta t}$$

La velocidad de cambio de la evacuación  $\Delta P_{evac}$  describe la pendiente positiva o creciente de la curva de evacuación representativa de un aumento del nivel de vacío dentro del espacio intersticial 18. Como alternativa, la curva de evacuación puede construirse representando los valores del nivel de vacío actual  $P_{med}$  y el nivel de vacío almacenado  $P_{alm}$  muestreado durante la ejecución de la subrutina de autoaprendizaje 50 como funciones del tiempo.

25 Un bloque 72 compara el nivel de vacío actual  $P_{med}$  con un nivel de vacío deseado máximo  $P_{m\acute{a}x}$ . Si el nivel de vacío actual es inferior al nivel de vacío deseado máximo, la rutina de autoaprendizaje 50 entra en un bucle 74 y sigue muestreando y almacenando el nivel de vacío actual  $P_{med}$  hasta que se alcanza el nivel de vacío deseado máximo. No obstante, cuando el bloque 72 detecta que el nivel de vacío actual supera el nivel de vacío deseado máximo, un bloque 76 cierra la válvula reguladora 30.

30 Posteriormente, un bloque 78 desactiva la TBS 22 y el procedimiento de evacuación llega a su fin. Llegados a este punto, la válvula reguladora 30 sella y aísla el espacio intersticial 18, y el nivel de vacío actual  $P_{med}$  permanece sustancialmente constante al nivel de vacío deseado máximo  $P_{m\acute{a}x}$ .

35 Un bloque 80 da lugar a que el sensor de vacío 32 muestree y mida el nivel de vacío actual  $P_{med}$  dentro del espacio intersticial sellado 18 en cada intervalo de tiempo  $\Delta t$ . Se prevé que el nivel de vacío actual  $P_{med}$  permanezca en el nivel de vacío deseado máximo  $P_{m\acute{a}x}$  durante un número fijo de intervalos de tiempo. Así mismo, la memoria 38 puede almacenar el nivel de vacío actual  $P_{med}$ , que es igual al vacío deseado máximo  $P_{m\acute{a}x}$ , en la memoria 38 como el nivel de vacío almacenado  $P_{alm}$ . Llegados a este punto, la velocidad de cambio del nivel de vacío dentro del espacio intersticial 18 es sustancialmente cero. Dicho de otro modo, el nivel de vacío dentro del espacio intersticial sellado es constante. Un cambio positivo o negativo del nivel de vacío durante este intervalo de tiempo representa una anomalía (por ejemplo, una fuga) que desencadena una alarma. Es posible describir matemáticamente una velocidad de cambio del vacío máximo  $\Delta P_{m\acute{a}x}$  con la fórmula:

$$40 \quad \Delta P_{m\acute{a}x} = \frac{P_{med} - P_{alm}}{\Delta t} = 0$$

45 La velocidad de cambio del vacío máximo  $\Delta P_{m\acute{a}x}$  representa la línea de pendiente cero correspondiente al nivel de vacío deseado máximo  $P_{m\acute{a}x}$ . Se entenderá que la determinación de la velocidad de cambio del vacío máximo  $\Delta P_{m\acute{a}x}$  es un cálculo opcional que puede llevarse a cabo mediante la unidad de control 34.

50 Un bloque 82 inicia el procedimiento de disminución y la rutina de autoaprendizaje 50 empieza a aprender los datos de nivel de vacío necesarios para generar la “curva descendente” o “curva de disminución” (un ejemplo de esta curva es la línea 106 de la figura 3). En particular, la válvula de orificio de fuga 40 se abre en respuesta a una instrucción emitida por la rutina de supervisión que se esté ejecutando en la unidad de control 34. Durante su funcionamiento, la válvula de orificio de fuga 40 (que puede ser una válvula manual y necesitar la intervención

humana para abrirse) proporciona una vía de fluido entre el nivel de vacío actual  $P_{med}$  en el espacio intersticial 18 y el nivel de vacío cero de la atmósfera. Dicho de otro modo, la válvula de orificio de fuga 40 proporciona una vía de igualación entre el alto nivel de vacío del espacio intersticial 18 y el nivel de vacío cero de la presión atmosférica. El descenso del nivel de vacío actual  $P_{med}$  en el espacio intersticial 18, ocasionado por la fuga controlada, proporciona un método para calificar el rendimiento de la unidad de contención secundaria en presencia de una fuga real descontrolada.

Un bloque 84 da lugar a que el sensor de vacío 32 muestree y mida el nivel de vacío actual decreciente  $P_{med}$  dentro del espacio intersticial 18 durante cada intervalo de tiempo  $\Delta t$ . Un bloque 86 indica al procesador 36 que almacene el nivel de vacío actual decreciente  $P_{med}$  en la memoria 38 como el nivel de vacío almacenado  $P_{alm}$ . Llegados a este punto, la velocidad de cambio del nivel de vacío de la curva descendente o de disminución dentro del espacio intersticial 18 puede calcularse basándose en la diferencia entre el nivel de vacío almacenado  $P_{alm}$  y el nivel de vacío actual  $P_{med}$  durante un intervalo fijo de tiempo  $\Delta t$ . Es posible describir matemáticamente una velocidad de cambio de la disminución  $\Delta P_{disminución}$  con la fórmula:

$$\Delta P_{disminución} = \frac{P_{alm} - P_{med}}{\Delta t}$$

La velocidad de cambio de la disminución  $\Delta P_{disminución}$  representa la pendiente negativa de la curva de disminución, que es la línea definida por los valores decrecientes del nivel de vacío actual  $P_{med}$  medidos con el sensor de vacío 32 durante el procedimiento de disminución de la rutina de autoaprendizaje 50.

Un bloque 88 compara el nivel de vacío actual  $P_{med}$  con un nivel de vacío deseado mínimo  $P_{min}$ . Se entenderá que el nivel de vacío deseado mínimo  $P_{min}$  podría ajustarse en vacío cero (es decir, la presión atmosférica), pero que normalmente se ajustará más alto para reducir el tiempo total de preparación del sistema. Dicho de otro modo, cuanto más próximo a la presión atmosférica sea el nivel de vacío deseado mínimo  $P_{min}$  ajustado, más tiempo requerirá la igualación del espacio intersticial 18. Si el nivel de vacío actual  $P_{med}$  es superior al nivel de vacío deseado mínimo  $P_{min}$ , la rutina de autoaprendizaje 50 entra en un bucle 90 y sigue muestreando y almacenando el nivel de vacío actual  $P_{med}$  hasta que el sensor de vacío 32 detecta el nivel de vacío deseado mínimo  $P_{min}$  dentro del espacio intersticial 18. No obstante, si el nivel de vacío actual  $P_{med}$  en el bloque 88 es inferior al nivel de vacío deseado mínimo  $P_{min}$ , un bloque 92 da lugar a que la válvula reguladora 30 se cierre. Llegados a este punto, el procedimiento de disminución de la rutina de autoaprendizaje 50 llega a su fin y las velocidades de cambio aprendidas  $\Delta P_{evac}$  y  $\Delta P_{disminución}$  pueden combinarse para producir la curva de características de vacío totales de la figura 3.

La figura 3 presenta una curva de características de vacío totales 100 a modo de ejemplo que incorpora las velocidades de cambio aprendidas  $\Delta P_{evac}$ ,  $\Delta P_{disminución}$ , y la  $\Delta P_{máx}$  (que se obtiene de forma opcional), medidas y que se obtienen mediante la ejecución de la rutina de autocalibración 50. Como ya se ha indicado, la línea 102 representa la velocidad de cambio de la evacuación aprendida  $\Delta P_{evac}$  que se obtiene durante la rutina de autoaprendizaje 50 y, en particular, muestra un aumento positivo del nivel de vacío interior del espacio intersticial 18 como una función del tiempo. En términos físicos, la línea 102 representa el espacio intersticial sellado 18, conectado por medio de fluido (a través de la válvula reguladora 30) a la TBS 22 activa. Un tiempo máximo  $T_{máx}$  representa el tiempo necesario para que la TBS 22 aumente el nivel de vacío actual dentro del espacio intersticial 18 hasta el nivel de vacío deseado máximo  $P_{máx}$ .

Un margen superior definido por la línea 102a, y un margen inferior definido por la línea 102b, establecen la variación admisible del nivel de vacío a partir de la línea aprendida 102 durante el procedimiento de evacuación. Puede activarse una subrutina de alarma, cuando el nivel de vacío actual  $P_{med}$  rebasa los límites aceptables establecidos por los márgenes superior e inferior que definen las líneas 102a y 102b. Por ejemplo, la subrutina de alarma puede determinar la existencia de una fuga en el espacio intersticial 18 si se determina que el nivel de vacío actual queda fuera de los márgenes superior e inferior definidos por las líneas 102a y 102b, o si el vacío deseado máximo  $P_{máx}$  no se alcanza antes de cumplirse el tiempo  $T_{máx}$ .

Una línea 104 representa el nivel de vacío deseado máximo  $P_{máx}$  y la velocidad de cambio del vacío máximo aprendido  $\Delta P_{máx}$  igual a cero (es decir, el vacío es constante). En términos físicos, la línea 104 representa el nivel de vacío actual constante medido cuando el interior del espacio intersticial 18 está sellado y aislado de la TBS 22 y de la válvula de orificio de fuga 40. El espacio intersticial aislado 18 asegura que el nivel de vacío actual  $P_{med}$  permanezca virtualmente constante en  $P_{máx}$  durante el número ajustado de intervalos de tiempo.

Como ya se ha indicado, la línea 106 representa la velocidad de cambio de la disminución aprendida  $\Delta P_{disminución}$  que se obtiene durante la rutina de autoaprendizaje 50. La línea 106 muestra un descenso del nivel de vacío medido en el espacio intersticial 18 como una función del tiempo. En particular, la línea 106 corresponde a una configuración del sistema en la que se ha introducido una fuga controlada en el sistema de almacenamiento subterráneo 10, y el

nivel de vacío actual  $P_{med}$  disminuye cuando el vacío dentro del espacio intersticial 18 es igual al de la presión atmosférica (es decir, un nivel de vacío cero).

Como se aprecia en la figura 3, el margen de permeabilidad 108 queda definido por una línea superior 108a y una línea inferior 108b que desciende desde la línea 106. El margen de permeabilidad 108 representa el perfil de vacío a modo de ejemplo para el espacio intersticial sellado 18 como una función del tiempo. Dicho de otro modo, durante las operaciones normales (por ejemplo, operaciones de régimen permanente, sin fugas ni otras variaciones) se prevé que el nivel de vacío actual  $P_{med}$  se mida dentro del margen de permeabilidad 108 definido por las líneas 108a y 108b. La disminución de vacío permanente representada por el margen de permeabilidad 108 es atribuible a las propiedades de permeabilidad natural del sistema de almacenamiento subterráneo 10, más que a una fuga u otra anomalía. No obstante, si el nivel de vacío actual  $P_{med}$  o la velocidad de cambio del nivel de vacío actual  $\Delta P_{actual}$  se desvía del margen definido por las líneas 108a y 108b (es decir, si queda fuera del margen de permeabilidad 108), se supone la existencia de una fuga u otra anomalía en el espacio intersticial 18 y puede activarse la subrutina de alarma.

La figura 4 presenta un diagrama de flujo con detalle del funcionamiento de una rutina de supervisión 120 a modo de ejemplo que utiliza la curva de características de vacío totales 100. Un bloque 122 da lugar a que el sensor de vacío 32 muestree y mida el nivel de vacío actual  $P_{med}$  dentro del espacio intersticial 18. Un bloque 124 compara el nivel de vacío actual  $P_{med}$  con el nivel de vacío admisible mínimo  $P_{min}$  (por ejemplo, 51 mm Hg o vacío cero). Si el nivel de vacío actual  $P_{med}$  es inferior al nivel de vacío admisible mínimo  $P_{min}$ , un bloque 126 activa la TBS 22 que, a su vez, empieza a evacuar el espacio intersticial 18 como se indica en general mediante la curva de evacuación 102 en la figura 3.

Un bloque 128 da lugar a que se abra la válvula reguladora 30 para establecer comunicación de fluido entre la TBS 22, el espacio intersticial 18 y el sensor de vacío 32. Típicamente, la válvula reguladora 30 se abre tras un retardo igual al tiempo necesario para que el sensor de vacío 32 detecte el vacío generado por la TBS 22. Un bloque 130 indica al sensor de vacío 32 que muestree y mida el nivel de vacío actual creciente  $P_{med}$  dentro del espacio intersticial 18 en cada uno de los intervalos de tiempo  $\Delta t$ .

Un bloque 132 compara una velocidad de cambio del nivel de vacío actual  $P_{actual}$  con la velocidad de cambio de la evacuación aprendida  $\Delta P_{evac}$ , determinada durante la rutina de autoaprendizaje 50. Se entenderá que la velocidad de cambio del nivel de vacío actual  $\Delta P_{actual}$  puede determinarse basándose en la diferencia entre el nivel de vacío actual  $P_{med}$  y los niveles de vacío almacenados  $P_{alm}$  como una función del tiempo. Es posible describir una velocidad de cambio del nivel de vacío actual  $\Delta P_{actual}$  mediante la fórmula:

$$\Delta P_{actual} = \frac{P_{med} - P_{alm}}{\Delta t}$$

Si se determina que la velocidad de cambio del nivel de vacío actual  $\Delta P_{actual}$  es inferior a la velocidad de cambio de la evacuación aprendida  $\Delta P_{evac}$ , un bloque 134 puede activar la rutina de alarma. No obstante, si la velocidad de cambio del nivel de vacío actual  $\Delta P_{actual}$  supera la velocidad de cambio de la evacuación aprendida  $\Delta P_{evac}$ , un bloque 136 indica al procesador 36 que almacene el nivel de vacío actual creciente  $P_{med}$  en la memoria 38 como el nivel de vacío almacenado  $P_{alm}$ .

Un bloque 138 compara el nivel de vacío actual  $P_{med}$  con un nivel de vacío deseado máximo  $P_{máx}$ . Si el nivel de vacío actual  $P_{med}$  es inferior al nivel de vacío deseado máximo  $P_{máx}$ , la rutina de supervisión 120 entra en un bucle 140 y sigue muestreando y almacenando el nivel de vacío actual  $P_{med}$  hasta que se detecta el nivel de vacío deseado máximo  $P_{máx}$ . No obstante, si el nivel de vacío actual  $P_{med}$  es superior al nivel de vacío deseado máximo  $P_{máx}$ , un bloque 142 da lugar a que la válvula reguladora 30 se cierre.

Un bloque 144 desactiva la TBS 22 al completarse la evacuación del ahora sellado espacio intersticial 18. De este modo, la rutina de supervisión 120 ha recargado el nivel de vacío dentro del espacio intersticial 18. Durante el funcionamiento, la evacuación o el aumento del nivel de vacío del espacio intersticial 18 avanza a lo largo de la curva de evacuación aprendida 102, y la rutina de supervisión 120 comprueba continuamente que el nivel de vacío actual  $P_{med}$  permanezca dentro del margen predefinido que definen las líneas 102a y 102b. De forma simultánea, el tiempo necesario para recargar el espacio intersticial 18 hasta el nivel de vacío deseado máximo  $P_{máx}$  puede compararse con el tiempo máximo  $T_{máx}$ . Si el tiempo de recarga actual supera el tiempo máximo  $T_{máx}$ , se supone la existencia de una fuga u otra anomalía y se activa la rutina de alarma 134.

Un bloque 146 reinicia la rutina de supervisión 120 para que el sensor de vacío 32 muestree y mida el nivel de vacío actual  $P_{med}$  en el bloque 122. En el bloque 124, se compara el nivel de vacío actual  $P_{med}$  que acaba de recargarse con el nivel de vacío admisible mínimo  $P_{min}$  (por ejemplo, 51 mm Hg o vacío cero). Debido a que el nivel de vacío

actual  $P_{med}$  que acaba de recargarse es superior al nivel de vacío admisible mínimo  $P_{min}$ , un bloque 148 compara la velocidad de cambio del nivel de vacío actual  $P_{actual}$  con la velocidad de cambio de la disminución aprendida  $\Delta P_{disminución}$ , que se determinó durante la rutina de autoaprendizaje 50.

- 5 Como ya se ha analizado, el espacio intersticial 18 está sellado y la rutina de supervisión 120 mide el nivel de vacío actual  $P_{med}$  para determinar si el descenso del nivel de vacío actual  $P_{med}$  es atribuible a las propiedades de permeabilidad natural del sistema de almacenamiento subterráneo 10 o a una fuga. Así mismo, la comparación de la curva de vacío aprendida con el nivel de vacío actual  $P_{med}$  puede basarse en la diferencia entre la velocidad de cambio de la disminución  $\Delta P_{disminución}$  y la velocidad de cambio actual  $\Delta P_{actual}$ , o simplemente en la diferencia entre el nivel de vacío actual  $P_{med}$  y la propia curva de vacío aprendida.
- 10 Un bloque 150 indica al procesador 36 que almacene el nivel de vacío actual  $P_{med}$  en la memoria 38 como el nivel de vacío almacenado  $P_{alm}$ . En este punto, la rutina de supervisión 120 entra en un bucle 152 y sigue muestreando y almacenando el nivel de vacío actual  $P_{med}$  hasta que se detecta el nivel de vacío admisible mínimo  $P_{min}$ , momento en el que la TBS 22 se activa para evacuar el espacio intersticial 18.
- 15 Una supervisión similar del nivel de vacío existente durante la evacuación puede utilizarse también para comprobar la presencia de fallos. El sistema utiliza la velocidad de cambio de la evacuación aprendida  $\Delta P_{evac}$ , o curva ascendente, como se aprecia en la línea 102 de la figura 3, para determinar si ha entrado líquido en la unidad de contención secundaria. Esto se logra comparando la curva ascendente aprendida de la memoria con la curva ascendente actualmente medida. Si la pendiente de la curva ascendente actualmente medida es superior a la pendiente de la curva ascendente aprendida en un factor umbral superior al definido por la línea 102a (figura 3) (es decir, para evacuar el espacio de contención se necesitó un tiempo lo bastante inferior al aprendido originalmente), se sospecha entonces que ha entrado líquido en la unidad de contención secundaria. Esto se debe al hecho de que la entrada de líquido ha reducido de forma efectiva el área de contención disponible para el vacío. Adicionalmente, si la pendiente de la curva ascendente actualmente medida es inferior a la pendiente de la curva ascendente aprendida en un factor umbral superior al definido por la línea 102b (figura 3) (es decir, para evacuar el espacio de contención se necesitó un tiempo lo bastante superior al aprendido originalmente), es posible entonces que esté entrando fluido por una fuga en el conducto de aspiración de vacío. En cualquiera de estos dos casos (una pendiente medida actualmente que sea lo bastante superior o lo bastante inferior a la pendiente aprendida) se desencadenará una alarma. De esta forma, no se necesita una cámara de recogida física del líquido ni un sensor de líquidos, lo que reduce el coste y la complejidad del sistema.
- 20
- 25
- 30 A pesar de que las formas de realización descritas en el presente documento se han centrado en el análisis y las mediciones de los niveles de vacío, se entenderá que puede utilizarse una sobrepresión en el espacio intersticial 18 para proporcionar un gradiente de presiones adecuado para una medición mediante la rutina de autoaprendizaje 50 y una supervisión mediante la rutina de supervisión 120. También se entenderá que el nivel de vacío actual  $P_{med}$  y las velocidades de cambio calculadas pueden determinarse de una forma manual. Por ejemplo, pueden darse instrucciones manuales a la unidad de control 34 para que muestree y almacene el nivel de vacío actual  $P_{med}$  dentro del espacio intersticial 18. Además, un operario puede utilizar los conceptos y las fórmulas de velocidades de cambio que se han analizado anteriormente, en conjunción con los niveles de vacío almacenados  $P_{alm}$ , para calcular de forma manual las velocidades de cambio deseadas.
- 35



**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de almacenamiento subterráneo (10) que comprende:

una unidad de contención primaria (16);  
una unidad de contención secundaria (14) dispuesta para contener de manera sellada la unidad de contención primaria (16);  
un sistema de vacío (22) para aplicar de forma periódica un vacío a la unidad de contención secundaria (14);  
un sistema de detección de fugas que incluye una circuitería de sensores (32) para determinar una velocidad de cambio de la presión de vacío en la unidad de contención secundaria (14), en el que el sistema de detección de fugas está conectado por medio de fluido a la unidad de contención secundaria (14) y adaptado para aprender una velocidad de cambio de vacío de la unidad de contención secundaria (14) cuando la unidad de contención secundaria (14) está vacía de líquido, a medida que el sistema de vacío (22) aplica el vacío; y  
en el que el sistema de detección de fugas está adaptado para detectar la presencia de líquido en la unidad de contención secundaria (14) si la velocidad de cambio de la presión de vacío determinada en la unidad de contención secundaria (14) supera la velocidad de cambio de vacío aprendida de la unidad de contención secundaria (14) en una cantidad umbral.

2. Un método de supervisión para líquido en una unidad de contención secundaria (14) dispuesta para contener de manera sellada una unidad de contención primaria (16), comprendiendo el método:

generar una velocidad de cambio de nivel de vacío aprendida en respuesta a una primera evacuación de la unidad de contención secundaria (14) cuando la unidad de contención secundaria (14) está vacía de líquido;  
determinar una segunda velocidad de cambio de nivel de vacío dentro de la unidad de contención secundaria (14) en respuesta a una segunda evacuación de la unidad de contención secundaria (14);  
comparar la velocidad de cambio de nivel de vacío aprendida con la segunda velocidad de cambio de nivel de vacío; y  
activar una alarma si la segunda velocidad de cambio de nivel de vacío supera la velocidad de cambio de nivel de vacío aprendida más allá de una cantidad umbral.

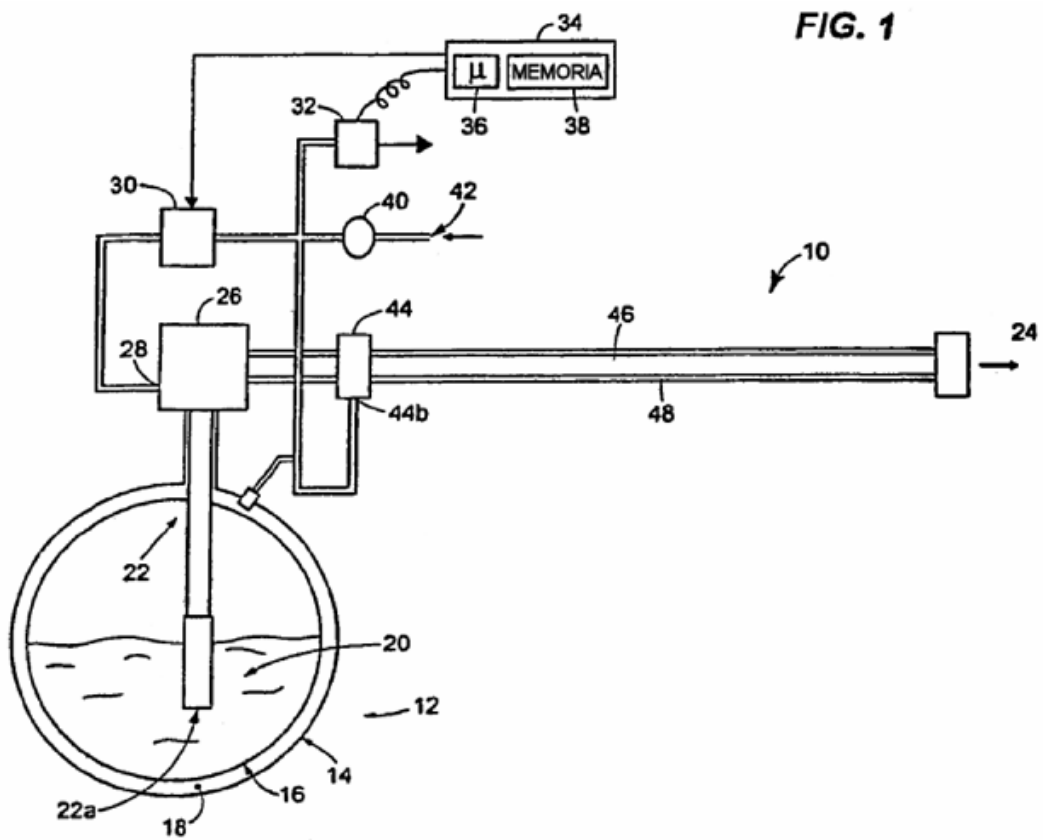


FIG. 2

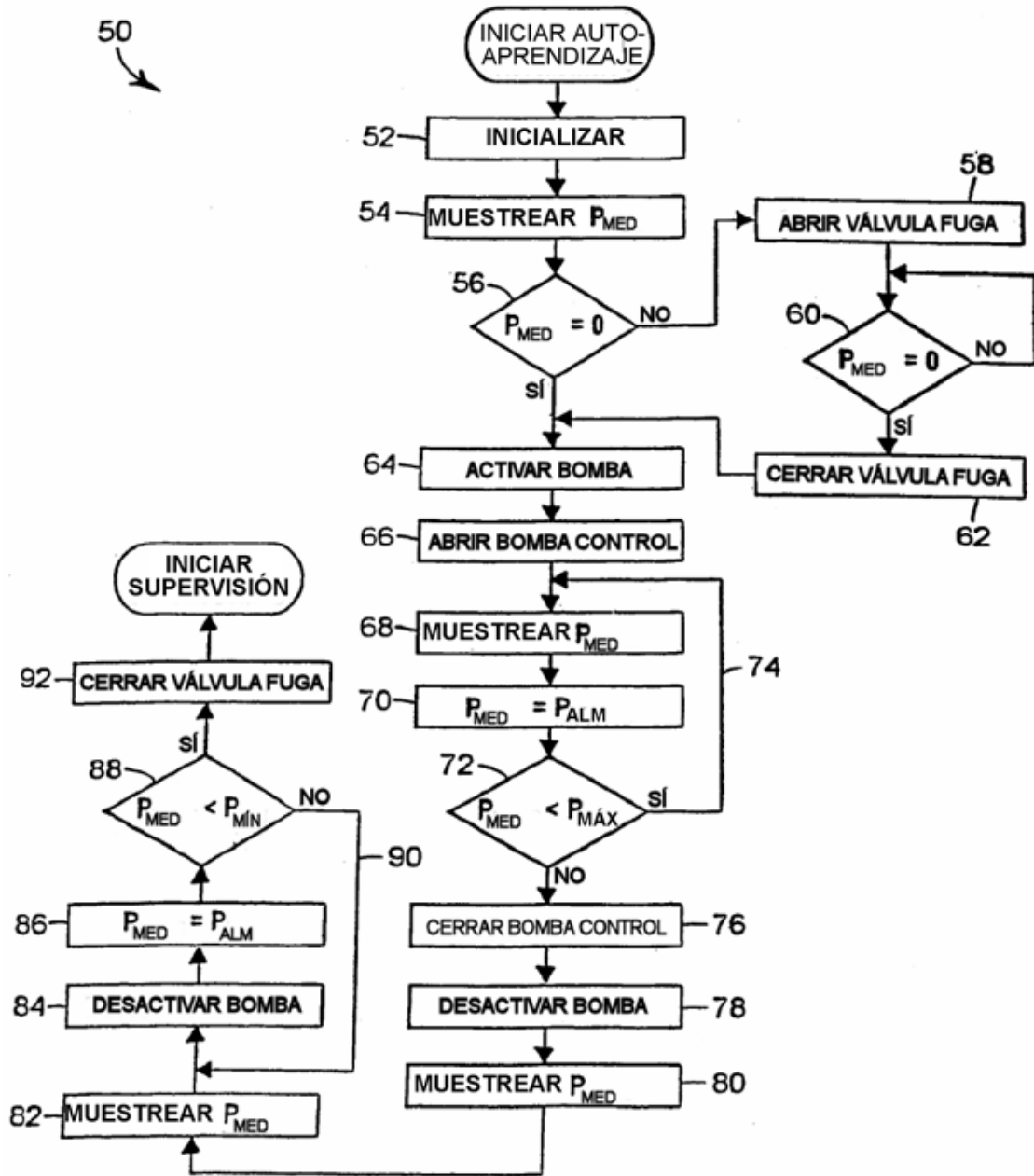


FIG. 3

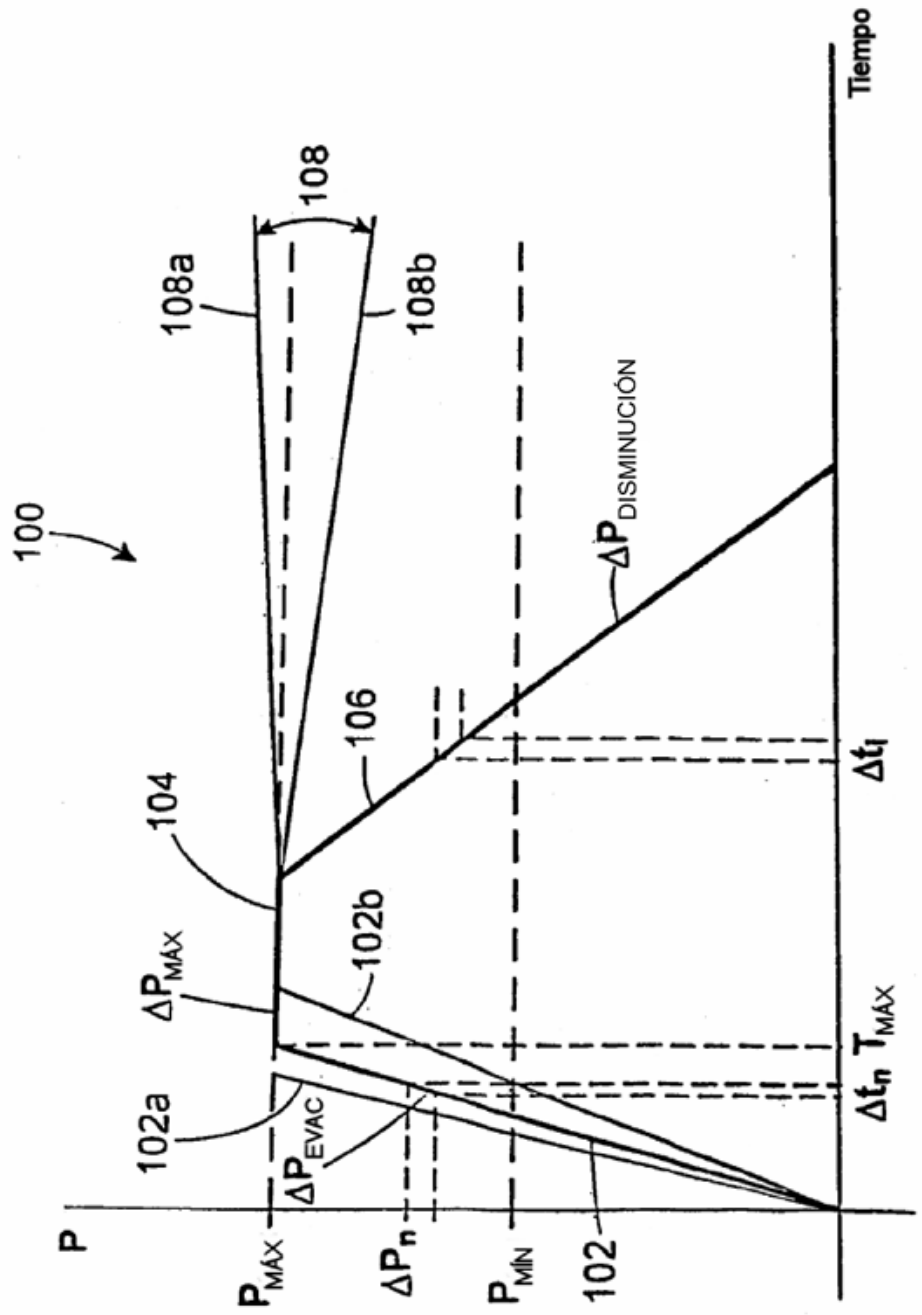


FIG. 4

