



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 364 427**

(51) Int. Cl.:
G01M 3/32 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **06815134 .9**

(96) Fecha de presentación : **21.09.2006**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1938073**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **02.07.2008**

(54) Título: **Método y aparato para monitorizar en continuo regiones intersticiales en instalaciones de almacenamiento de gasolina y tuberías.**

(30) Prioridad: **19.10.2005 US 253341**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.09.2011

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.09.2011

(73) Titular/es: **FRANKLIN FUELING SYSTEMS, Inc.**
3760 Marsh Road
Madison, Wisconsin 53718, US

(72) Inventor/es: **Kenney, Donald, P. y**
Simmons, Walt

(74) Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

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 monitorizar en continuo regiones intersticiales en instalaciones de almacenamiento de gasolina y tuberías.

ÁMBITO TÉCNICO

- 5 En general, la presente patente se centra en un aparato y en un modo de control intersticial, y más concretamente en un sistema para controlar continuamente los niveles de presión y de vacío registrados dentro del espacio intersticial de un sistema de depósitos de almacenamiento subterráneos.

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, la patente DE 42 18 830 A1). Asimismo, se exige que las unidades de contención primaria y secundaria cumplan las normas medioambientales según las cuales los sistemas de depósitos de almacenamiento subterráneos deben ser herméticos al producto. A los efectos de dichas normas medioambientales, "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, durante 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 o usuarios de un sistema de depósitos de almacenamiento subterráneos, con un componente de una sola pared y sitios a no más de 0,3 Km de un pozo público de agua potable, pongan en práctica un programa de detección o control mejorado de las fugas.

- 25 Un método conocido de control de fugas, descrito en la patente estadounidense 6,489,894 y titulado "Dispositivo detector de fugas para sistemas de tuberías y sistemas de contenedores de doble pared", utiliza un detector de fugas con una bomba de vacío que comprende un conmutador de presión y un dispositivo de alarma para detectar fugas en un sistema de tuberías o de contenedores de doble pared. El detector de fugas descrito en dicha patente se ha adaptado para controlar simultáneamente varios contenedores conectados a una tubería colectora y a una bomba de vacío mediante conductos de vacío. Cada recipiente controlado cuenta con un conector o una válvula de vacío para conectar mediante 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, dispuesto en la tubería colectora, impide la entrada de líquido en la bomba de vacío. Aunque 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.

- 35 Entre otros métodos muy conocidos en la técnica para controlar espacios secundarios o intersticiales figura la detección continua de fugas mediante técnicas de control de presiones y de soluciones de salmuera, a fin de determinar la presencia o ausencia de fugas entre el sistema de almacenamiento y el medio ambiente circundante. No obstante, la calibración eficaz de todos estos métodos y sistemas conocidos para su uso exige un largo tiempo de configuración y un amplio conocimiento de los mismos. Concretamente, para la configuración de estos sistemas de control previa a su uso, el usuario debe introducir los datos correspondientes al volumen del espacio secundario o intersticial que se vaya a controlar, lo cual exige un conocimiento detallado de la distribución y configuración de los contenedores y los tubos de doble pared utilizados en el sistema de almacenamiento subterráneo.

RESUMEN

- 45 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 también comprende un sistema detector de fugas, conectado mediante fluido al sistema de contención secundario, y adaptado para detectar fugas de fluido en el sistema de contención primario y en el sistema de contención secundario.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- 50 Para facilitar la comprensión del dispositivo que se describe deberán consultarse la siguiente descripción detallada y los dibujos que la acompañan, donde:

La Figura 1 muestra los componentes básicos de un ejemplo de sistema de control de vacíos intersticiales;

La Figura 2 presenta un organigrama que detalla el funcionamiento de un ejemplo de rutina de averiguación automática;

La Figura 3 muestra un ejemplo de curva de vacío intersticial; y

- 5 La Figura 4 presenta un organigrama que detalla el funcionamiento de un ejemplo de rutina de control.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

10 En la Figura 1 se aprecia un ejemplo de sistema de almacenamiento subterráneo 10, constituido por un depósito de almacenamiento subterráneo (DAS) 12 construido para contener de manera segura un líquido 20, que puede ser 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 manera, 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 adicional.

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

20 Un colector de bomba 26, que puede ser un componente integral de 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 aporta una vía de vacío al espacio intersticial 18 para evacuar el fluido contenido en el mismo. Una válvula reguladora 30 puede aislar de la toma de sifón 28 el espacio intersticial 18, 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.

25 Un sensor de vacío 32 se comunica por medio de fluido con el espacio intersticial 18 y la toma de sifón 28 para tomar muestras y medir sus niveles de vacío. 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 tomar muestras del nivel de vacío registrado en el 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. En cambio, cuando la TBS 22 se halla activa y generando un vacío, la válvula reguladora 30 se abre para aportar una conexión de fluido entre el sensor de vacío 32, el espacio intersticial 18 y la toma de sifón 28. De esta manera, el sensor de vacío 32 toma muestras y mediciones del cambio registrado en el nivel de vacío del espacio intersticial 18 generado por la TBS 22.

35 Además, el sensor de vacío 32 puede comunicarse con una unidad de control 34 provista de un procesador 36 y una memoria 38. La unidad de control 34 y la memoria 38 reciben y almacenan datos del vacío, información del 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 efectuarse mediante 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.

40 El procesador 36 puede ejecutar una rutina de control para dirigir la configuración y el funcionamiento del sistema de almacenamiento subterráneo 10. En particular, la rutina de control puede escribirse en cualquier lenguaje informático o de programación de controles de procesos (como los lenguajes de máquina C++, Visual C++ o Visual Basic) y compilarse (si es necesario) y almacenarse en la memoria 38. En general, la rutina de control garantiza la integridad del sistema de almacenamiento subterráneo 10 mediante la detección de fugas indeseadas. Concretamente, la rutina de control puede ejecutarse en el procesador 36 para averiguar automáticamente las características de vacío del espacio intersticial 18. La rutina de control también puede incluir otras subrutinas adaptadas adicionales para ejecutarse en el procesador 36, a fin de controlar continuamente el nivel de vacío en el espacio intersticial 18 como una función de 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 aportar 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 en el espacio intersticial.

A su vez, el sensor de vacío 32 puede medir el nivel de vacío decreciente y comunicar los datos del nivel de vacío a la rutina de control que se ejecute en la unidad de control 34, mediante un enlace de comunicaciones. Seguidamente, la rutina de control puede manipular los datos del nivel de vacío para establecer una o más características del espacio intersticial 18. En particular, la rutina de control puede determinar una velocidad de cambio del nivel de vacío negativo basada en los datos del nivel de vacío decreciente, producto de la introducción de la fuga controlada en la unidad de contención secundaria. Se comprenderá que, partiendo de los datos del nivel del vacío, pueden establecerse adicional o alternativamente otras características de vacío; por ejemplo, una velocidad de cambio del nivel de vacío positivo, o el tiempo para la evacuación total del espacio intersticial.

El DAS 12 puede conectarse a otros componentes del sistema de almacenamiento subterráneo 10. En particular, el espacio intersticial 18 puede conectarse mediante fluido a un segundo espacio intersticial 48 de un tubo de distribuidor 46 a través de diversas tomas de vacío 44-44b. Durante el funcionamiento, el tubo de distribuidor de doble pared 46 puede aportar la conexión de fluido entre el líquido 20 almacenado en el DAS 22 y el distribuidor 24. De este modo, todo el sistema de almacenamiento subterráneo 10 (incluidos 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 pueden producirse durante las operaciones normales.

La Figura 2 presenta un organigrama generalizado de las operaciones de una subrutina de calibración automática o de averiguación automática 50, adaptada para averiguar las características de vacío del espacio intersticial 18. La subrutina de averiguación automática 50 determina y almacena las características de vacío basándose, parcialmente, en cambios medidos del nivel de vacío como función del tiempo. La subrutina de averiguación automática 50 averigua las características de vacío sin necesidad de determinar o 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 manera, la rutina de averiguación automática 50 aporta un medio rápido y eficaz de calibrar y controlar el espacio intersticial 18 de cualquier volumen o complejidad conocidos o desconocidos. Se comprenderá que la rutina de averiguación automática 50 puede actuar como rutina autónoma, con independencia de la rutina de control o de otras subrutinas. No obstante, la rutina de averiguación automática 50 puede integrarse con la rutina de control para satisfacer los requisitos de calibración del sistema de almacenamiento subterráneo 10.

La rutina de averiguación automática 50 puede ejecutarse siempre que se satisfaga un criterio predeterminado. En particular, la rutina de averiguación automática 50 puede ejecutarse manualmente como parte de un procedimiento de mantenimiento programado con regularidad, o automáticamente como reacción a un cambio de 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.

Un bloque 52 recibe de la memoria 38 las condiciones predeterminadas y los ajustes iniciales almacenados que se precisan para ejecutar la rutina de averiguación automática 50 (véase la Figura 1). Estas condiciones predeterminadas y estos ajustes iniciales pueden comprender, entre otras cosas, un nivel de vacío deseado máximo $P_{\max}$, un nivel de vacío admisible mínimo $P_{\min}$, el cierre de la válvula reguladora 30 y la calibración del sensor de vacío 32.

Aunque el nivel de vacío deseado máximo puede fijarse a prácticamente cualquier valor, las pruebas empíricas indican la posible conveniencia de un nivel aproximado de vacío de 254 mm Hg, que representa un nivel de vacío obtenible y fácilmente distinguible de la presión atmosférica. Asimismo, el nivel de vacío aceptable mínimo puede fijarse, por ejemplo, a 50,8 mm Hg. Típicamente, el nivel de vacío mínimo $P_{\min}$ aporta un límite o umbral inferior para identificar el momento en que el nivel de vacío actual P_{med} registrado en el espacio intersticial 18 disminuye hacia el nivel de la presión atmosférica (es decir, aproximadamente 0 mm Hg o vacío cero).

Un bloque 54 hace que el sensor de vacío 32 obtenga una muestra y mida el nivel de vacío actual P_{med} registrado en el espacio intersticial 18. Típicamente, el sensor de vacío 32 obtiene una muestra del nivel de vacío actual P_{med} a intervalos regulares Δt durante todo el funcionamiento de la rutina de averiguación automática 50. La memoria 38 puede almacenar los datos del nivel de vacío representativos del nivel de vacío actual $P_{\max}$ en una base de datos históricos como nivel de vacío almacenado P_{alm} . El nivel de vacío almacenado P_{alm} puede archivar 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.

Un bloque 56 compara el nivel de vacío actual P_{med} con la presión atmosférica (es decir, el vacío cero) para establecer un valor inicial del vacío antes de ejecutar los pasos restantes de la rutina de averiguación automática 50. Al detectar un vacío en el espacio intersticial 18, un bloque 58 hace 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 hace que el sensor de vacío 32 obtenga una muestra del nivel de vacío actual P_{med} hasta que se detecta presión atmosférica. Cuando el sensor de vacío 32 detecta 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 a la ejecución de una porción del procedimiento de evacuación de la rutina de averiguación automática 50.

Un bloque 64 inicia el procedimiento de evacuación y la rutina de averiguación automática 50 empieza a averiguar los datos del 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 una demora igual al tiempo necesario para que el sensor de vacío 32 detecte el vacío generado por la TBS 22. Se comprenderá que la demora asociada al sensor de vacío 32 también puede depender 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.

Un bloque 68 hace que el sensor de vacío 32 obtenga una muestra y mida el nivel de vacío actual P_{med} registrado en el espacio intersticial 18 durante el intervalo Δt . Un bloque 70 hace 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 ΔP_{evac} con la fórmula:

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

La velocidad de cambio de la evacuación ΔP_{evac} describe la pendiente positiva o creciente de la curva de evacuación representativa de un aumento del nivel de vacío registrado en el espacio intersticial 18. Otra forma de trazar esta curva de evacuación consiste en efectuar un seguimiento de los valores del nivel de vacío actual P_{med} y del nivel de vacío almacenado P_{alm} obtenidos durante la ejecución de la subrutina de averiguación automática 50 como funciones de tiempo.

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 averiguación automática 50 entra en un bucle 74 y sigue tomando muestras y almacenando el nivel de vacío actual P_{med} hasta que se alcanza el nivel de vacío deseado máximo. Sin embargo, 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.

Seguidamente, 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 $P_{m\acute{a}x}$.

Un bloque 80 hace que el sensor de vacío 32 obtenga una muestra y mida el nivel de vacío actual P_{med} registrado en el espacio intersticial sellado 18 en cada intervalo de tiempo Δt . 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. Asimismo, 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 nivel de vacío almacenado P_{alm} . Llegados a este punto, la velocidad de cambio del nivel de vacío en el espacio intersticial 18 es sustancialmente cero. Dicho de otro modo, el nivel de vacío en el 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 dispara una alarma. Es posible describir matemáticamente una velocidad de cambio del vacío máximo $\Delta P_{m\acute{a}x}$ con la fórmula:

$$P_{med} - P_{alm}$$

$$\Delta P_{m\acute{a}x} = \frac{\quad}{\Delta t} = 0$$

$$\Delta t$$

5 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 comprenderá que la determinación de la velocidad de cambio del vacío máximo $\Delta P_{m\acute{a}x}$ es un cálculo opcional que puede efectuar la unidad de control 34.

10 Un bloque 82 inicia el procedimiento de desintegración y la rutina de averiguación automática 50 empieza a averiguar los datos del nivel de vacío necesarios para generar la “curva descendente” o “curva de desintegración” (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 orden expedida por la rutina de control 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) aporta 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 aporta 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, aporta un método para calificar el rendimiento de la unidad de contención secundaria en presencia de una fuga real descontrolada.

15 Un bloque 84 hace que el sensor de vacío 32 obtenga una muestra y mida el nivel de vacío actual decreciente P_{med} registrado en el espacio intersticial 18 durante cada intervalo de tiempo Δt . Un bloque 86 ordena al procesador 36 que almacene el nivel de vacío actual decreciente P_{med} en la memoria 38 como nivel de vacío almacenado P_{alm} . Llegados a este punto, la velocidad de cambio del nivel de vacío de la curva descendente o de desintegración 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 Δt . Es posible describir matemáticamente una velocidad de cambio de la desintegración ΔP_{desin} con la fórmula:

$$P_{alm} - P_{med}$$

$$25 \quad \Delta P_{desin} = \frac{\quad}{\Delta t}$$

$$\Delta t$$

La velocidad de cambio de la desintegración ΔP_{desin} representa la pendiente negativa de la curva de desintegración, 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 desintegración de la rutina de averiguación automática 50.

30 Un bloque 88 compara el nivel de vacío actual P_{med} con un nivel de vacío deseado mínimo $P_{m\acute{in}}$. Se comprenderá que el nivel de vacío deseado mínimo $P_{m\acute{in}}$ podría fijarse en vacío cero (es decir, la presión atmosférica), pero que normalmente se fijará 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 $P_{m\acute{in}}$ fijado, 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 $P_{m\acute{in}}$, la rutina de averiguación automática 50 entra en un bucle 90 y sigue tomando muestras y almacenando el nivel de vacío actual P_{med} hasta que el sensor de vacío 32 detecta el nivel de vacío deseado mínimo $P_{m\acute{in}}$ en el espacio intersticial 18. No obstante, si en el bloque 88 el nivel de vacío actual P_{med} es inferior al nivel de vacío deseado mínimo $P_{m\acute{in}}$, un bloque 92 hace que la válvula reguladora 30 se cierre. Llegados a este punto, el procedimiento de desintegración de la rutina de averiguación automática 50 llega a su fin y las velocidades de cambio averiguadas ΔP_{evac} y ΔP_{desin} pueden combinarse para producir la curva de características de vacío totales de la Figura 3.

45 La Figura 3 presenta un ejemplo de curva de características de vacío totales 100 que incorpora las velocidades de cambio averiguadas ΔP_{evac} , ΔP_{desin} , y la $\Delta P_{m\acute{a}x}$ (de derivación opcional), medidas y derivadas mediante la ejecución de la rutina de calibración automática 50. Como ya se ha indicado, la línea 102 representa la velocidad de cambio de la evacuación averiguada ΔP_{evac} derivada durante la rutina de averiguación automática 50 y, en particular, muestra un aumento positivo del nivel de vacío interior del espacio intersticial 18 como función del tiempo. En el plano físico, 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 $T_{m\acute{a}x}$ representa el tiempo necesario para que la TBS 22 aumente el nivel de vacío actual registrado en el espacio intersticial 18 hasta el nivel de vacío deseado máximo $P_{m\acute{a}x}$.

50 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 procedente de la línea averiguada 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 $P_{\text{máx}}$ no se alcanza antes de cumplirse el tiempo $T_{\text{máx}}$.

5 Una línea 104 representa el nivel de vacío deseado máximo $P_{\text{máx}}$ y la velocidad de cambio del vacío máximo averiguado $\Delta P_{\text{máx}}$ igual a cero (es decir, el vacío es constante). En el plano físico, 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 $P_{\text{máx}}$ durante el número fijado de intervalos de tiempo.

10 Como ya se ha indicado, la línea 106 representa la velocidad de cambio de la desintegración averiguada ΔP_{desin} derivada durante la rutina de averiguación automática 50. La línea 106 muestra un descenso del nivel de vacío medido en el espacio intersticial 18 como función del tiempo. En particular, la línea 106 corresponde a una configuración del sistema donde 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 registrado en el espacio intersticial 18 es igual al de la presión atmosférica (es decir, un nivel de vacío cero).

15 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 ejemplo de perfil de vacío 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 desintegración 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 ΔP_{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.

20 La Figura 4 presenta un organigrama con detalle del funcionamiento de un ejemplo de rutina de control 120 que utiliza la curva de características de vacío totales 100. Un bloque 122 hace que el sensor de vacío 32 obtenga una muestra y mida el nivel de vacío actual P_{med} registrado en el espacio intersticial 18. Un bloque 124 compara el nivel de vacío actual P_{med} con el nivel de vacío admisible mínimo $P_{\text{mín}}$ (por ejemplo, 51 mm Hg o vacío cero). Si el nivel de vacío actual P_{med} es inferior al nivel de vacío admisible mínimo $P_{\text{mín}}$, un bloque 126 activa la TBS 22 que, a su vez, empieza a evacuar el espacio intersticial 18 como indica generalmente la curva de evacuación 102 de la Figura 3.

35 Un bloque 128 hace 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 una demora 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 obtenga una muestra y mida el nivel de vacío actual creciente P_{med} registrado en el espacio intersticial 18 durante cada intervalo de tiempo Δt .

40 Un bloque 132 compara una velocidad de cambio del nivel de vacío actual P_{actual} con la velocidad de cambio de la evacuación averiguada ΔP_{evac} , determinada durante la rutina de averiguación automática 50. Se comprenderá que la velocidad de cambio del nivel de vacío actual ΔP_{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 ΔP_{actual} con la fórmula:

$$P_{\text{med}} - P_{\text{alm}}$$

$$\Delta P_{\text{actual}} = \frac{\quad}{\quad}$$

45 Δt

50 Si se determina que la velocidad de cambio del nivel de vacío actual ΔP_{actual} es inferior a la velocidad de cambio de la evacuación averiguada ΔP_{evac} , un bloque 134 puede activar la rutina de alarma. Sin embargo, si la velocidad de cambio del nivel de vacío actual ΔP_{actual} supera la velocidad de cambio de la evacuación averiguada ΔP_{evac} , un bloque 136 ordena al procesador 36 que almacene el nivel de vacío actual creciente P_{med} en la memoria 38 como nivel de vacío almacenado P_{alm} .

Un bloque 138 compara el nivel de vacío actual P_{med} con un nivel de vacío deseado máximo $P_{\text{máx}}$. Si el nivel de vacío actual P_{med} es inferior al nivel de vacío deseado máximo $P_{\text{máx}}$, la rutina de control 120 entra en un bucle 140 y sigue

tomando muestras y almacenando el nivel de vacío actual P_{med} hasta que se detecta el nivel de vacío deseado máximo $P_{m\acute{a}x}$. No obstante, si el nivel de vacío actual P_{med} es superior al nivel de vacío deseado máximo $P_{m\acute{a}x}$, un bloque 142 hace que la válvula reguladora 30 se cierre.

5 Un bloque 144 desactiva la TBS 22 al completarse la evacuación del ahora sellado espacio intersticial 18. De este modo, la rutina de control 120 ha recargado el nivel de vacío registrado en el espacio intersticial 18. Durante el funcionamiento, la evacuación o el aumento del nivel de vacío del espacio intersticial 18 sigue la curva de evacuación averiguada 102, y la rutina de control 120 comprueba constantemente que el nivel de vacío actual P_{med} permanece dentro del margen predefinido que marcan las líneas 102a y 102b. Simultáneamente, el tiempo necesario para recargar el espacio intersticial 18 hasta el nivel de vacío deseado máximo $P_{m\acute{a}x}$ puede compararse con el tiempo máximo $T_{m\acute{a}x}$. Si el tiempo de recarga actual supera el tiempo máximo $T_{m\acute{a}x}$, se supone la existencia de una fuga u otra anomalía y se activa la rutina de alarma 134.

15 Un bloque 146 reinicia la rutina de control 120 para que el sensor de vacío 32 obtenga una muestra 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 $P_{m\acute{i}n}$ (por ejemplo, 51 mm Hg o vacío cero). Como el nivel de vacío actual P_{med} que acaba de recargarse es superior al nivel de vacío admisible mínimo $P_{m\acute{i}n}$, un bloque 148 compara la velocidad de cambio del nivel de vacío actual P_{actual} con la velocidad de cambio de la desintegración averiguada ΔP_{desin} , que se determinó durante la rutina de averiguación automática 50.

20 Como ya se ha explicado, el espacio intersticial 18 está sellado y la rutina de control 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. Asimismo, la comparación de la curva de vacío averiguada con el nivel de vacío actual P_{med} puede basarse en la diferencia entre la velocidad de cambio de la desintegración ΔP_{desin} y la velocidad de cambio actual ΔP_{actual} , o simplemente en la diferencia entre el nivel de vacío actual P_{med} y la propia curva de vacío averiguada.

25 Un bloque 150 ordena al procesador 36 que almacene el nivel de vacío actual P_{med} en la memoria 38 como nivel de vacío almacenado P_{alm} . Llegados a este punto, la rutina de control 120 entra en un bucle 152 y sigue tomando muestras y almacenando el nivel de vacío actual P_{med} hasta que se detecta el nivel de vacío admisible mínimo $P_{m\acute{i}n}$, momento en que la TBS 22 se activa para evacuar el espacio intersticial 18.

30 Del mismo modo, el control del nivel de vacío existente durante la evacuación también puede utilizarse para comprobar la presencia de fallos. El sistema utiliza la velocidad de cambio de la evacuación averiguada ΔP_{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 averiguada de la memoria con la curva ascendente que se está midiendo actualmente. Si la pendiente de la curva ascendente que se está midiendo es superior a la pendiente de la curva ascendente averiguada en un factor liminar superior al definido por la línea 102a (Figura 3) (es decir, para evacuar el espacio de contención se necesitó un tiempo suficientemente inferior al averiguado originalmente), se sospecha la entrada de líquido en la unidad de contención secundaria. Esto se debe a que la entrada de líquido ha reducido realmente el área de contención disponible para el vacío. Asimismo, si la pendiente de la curva ascendente que se está midiendo es inferior a la pendiente de la curva ascendente averiguada en un factor liminar superior al definido por la línea 102b (Figura 3) (es decir, para evacuar el espacio de contención se necesitó un tiempo suficientemente superior al averiguado originalmente), es posible 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 suficientemente superior o suficientemente inferior a la pendiente averiguada) se disparará una alarma. Esta particularidad reduce el coste y la complejidad del sistema, porque no se necesita una cámara de recogida física del líquido ni un sensor de líquidos.

45 Aunque las formas de realización descritas se han centrado en el análisis y las mediciones de niveles de vacío, se comprenderá que puede utilizarse una sobrepresión en el espacio intersticial 18 para aportar una pendiente de presión que permita mediciones con la rutina de averiguación automática 50 y controles con la rutina de control 120. También se comprenderá que el nivel de vacío actual P_{med} y las velocidades de cambio calculadas pueden determinarse manualmente. Por ejemplo, pueden darse instrucciones manuales a la unidad de control 34 para que obtenga una muestra y almacene el nivel de vacío actual P_{med} registrado en el espacio intersticial 18. Asimismo, una persona puede utilizar los conceptos y las fórmulas de velocidades del cambio que se han explicado, en conjunción con los niveles de vacío almacenados P_{alm} , para calcular manualmente las velocidades de cambio deseadas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de almacenamiento subterráneo (10) que comprende:
 - una unidad de contención primaria (16);
 - una unidad de contención secundaria (14), dispuesta para abarcar herméticamente la unidad de contención primaria (14);
 - un sistema de vacío (22) para aplicar periódicamente un vacío a la unidad de contención secundaria (14);
 - un sistema detector de fugas que comprende circuitos de sensores (32) para determinar una velocidad de cambio de la presión de vacío en la unidad de contención secundaria (14), donde el sistema detector de fugas está conectado mediante fluido a la unidad de contención secundaria (14) y adaptado para averiguar una velocidad de cambio del vacío de la unidad de contención secundaria (14) cuando el sistema de vacío (22) aplica el vacío; y
 - donde el sistema detector de fugas está adaptado para establecer una velocidad de cambio liminar del vacío definida por una velocidad de cambio del vacío superior e inferior a la velocidad de cambio del vacío averiguada y para activar una alarma si la velocidad de cambio determinada para la presión del vacío en la unidad de contención secundaria (14) queda fuera de la velocidad de cambio liminar del vacío.
2. Un método para controlar una unidad de contención secundaria (14) dispuesta para abarcar herméticamente una unidad de contención primaria, comprendiendo dicho método:
 - la generación de una velocidad de cambio del nivel de vacío averiguado en respuesta a una primera evacuación de la unidad de contención secundaria (14) cuando la unidad de contención secundaria (14) está desprovista de líquido;
 - el establecimiento de una velocidad de cambio liminar del vacío, definida por una velocidad de cambio del vacío superior e inferior a la velocidad de cambio del vacío averiguada;
 - la determinación de una segunda velocidad de cambio del nivel de vacío dentro de la unidad de contención secundaria (14) en respuesta a una segunda evacuación de la unidad de contención secundaria (14);
 - la comparación de la velocidad de cambio del nivel de vacío averiguado con la segunda velocidad de cambio del nivel de vacío; y
 - la activación de una alarma, si la segunda velocidad de cambio del nivel de vacío queda fuera de la velocidad de cambio liminar del vacío.
3. El sistema de almacenamiento subterráneo (10) de la reivindicación 1:
 - donde la detección de fugas se adapta para averiguar una velocidad de cambio del vacío de la unidad de contención secundaria (14) cuando la unidad de contención secundaria (14) está desprovista de líquido, al tiempo que el sistema de vacío (32) aplica el vacío; y
 - donde el sistema detector de fugas se adapta para detectar una presencia de líquido en la unidad de contención secundaria (14), si la velocidad de cambio determinada de la presión de vacío en la unidad de contención secundaria (14) supera en un valor liminar la velocidad de cambio del vacío averiguada de la unidad de contención secundaria (14).
4. El método de la reivindicación 2, que comprende:
 - la activación de una alarma indicativa de la presencia de líquido en la unidad de contención secundaria (14), si la segunda velocidad de cambio del vacío supera el valor liminar establecido para la velocidad de cambio del nivel de vacío averiguado.
5. El sistema de almacenamiento subterráneo (10) de la reivindicación 1,
 - donde el sistema de vacío (22) comprende un conducto de vacío; y

donde el sistema detector de fugas se adapta para detectar una presencia de líquido en el conducto de vacío, si la velocidad de cambio determinada de la presión de vacío en la unidad de contención secundaria (14) es inferior en un valor liminar a la velocidad de cambio del vacío averiguada de la unidad de contención secundaria (14).

- 5 6. El método de la reivindicación 2, donde la unidad de contención secundaria (14) incluye un sistema de vacío (22) provisto de un conducto de vacío, el sistema de vacío (22) para evacuar la unidad de contención secundaria (14), comprendiendo dicho método:

la activación de una alarma indicativa de la presencia de fluido en el conducto de vacío, si la segunda velocidad de cambio del nivel de vacío es inferior en un valor liminar a la velocidad de cambio del nivel de vacío averiguado.

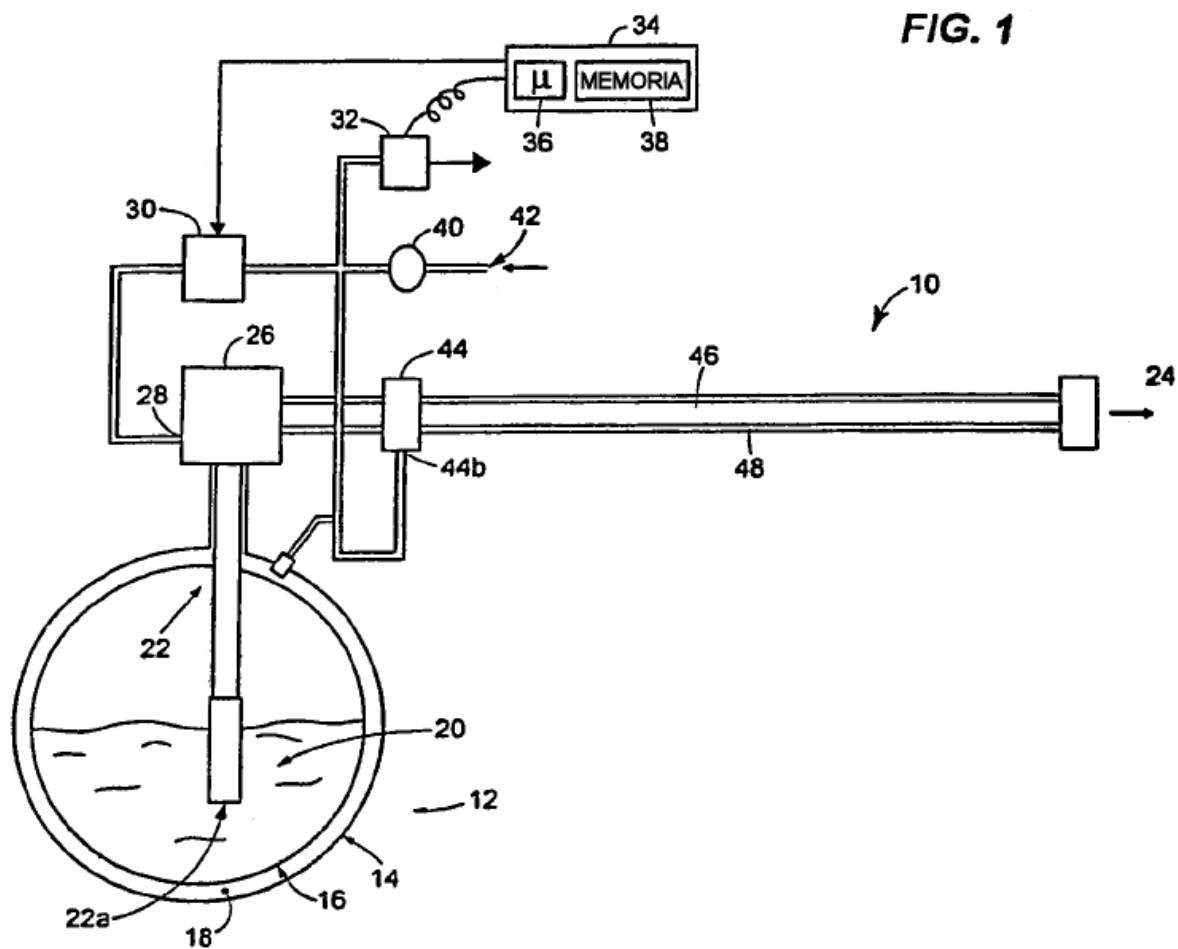


FIG. 2

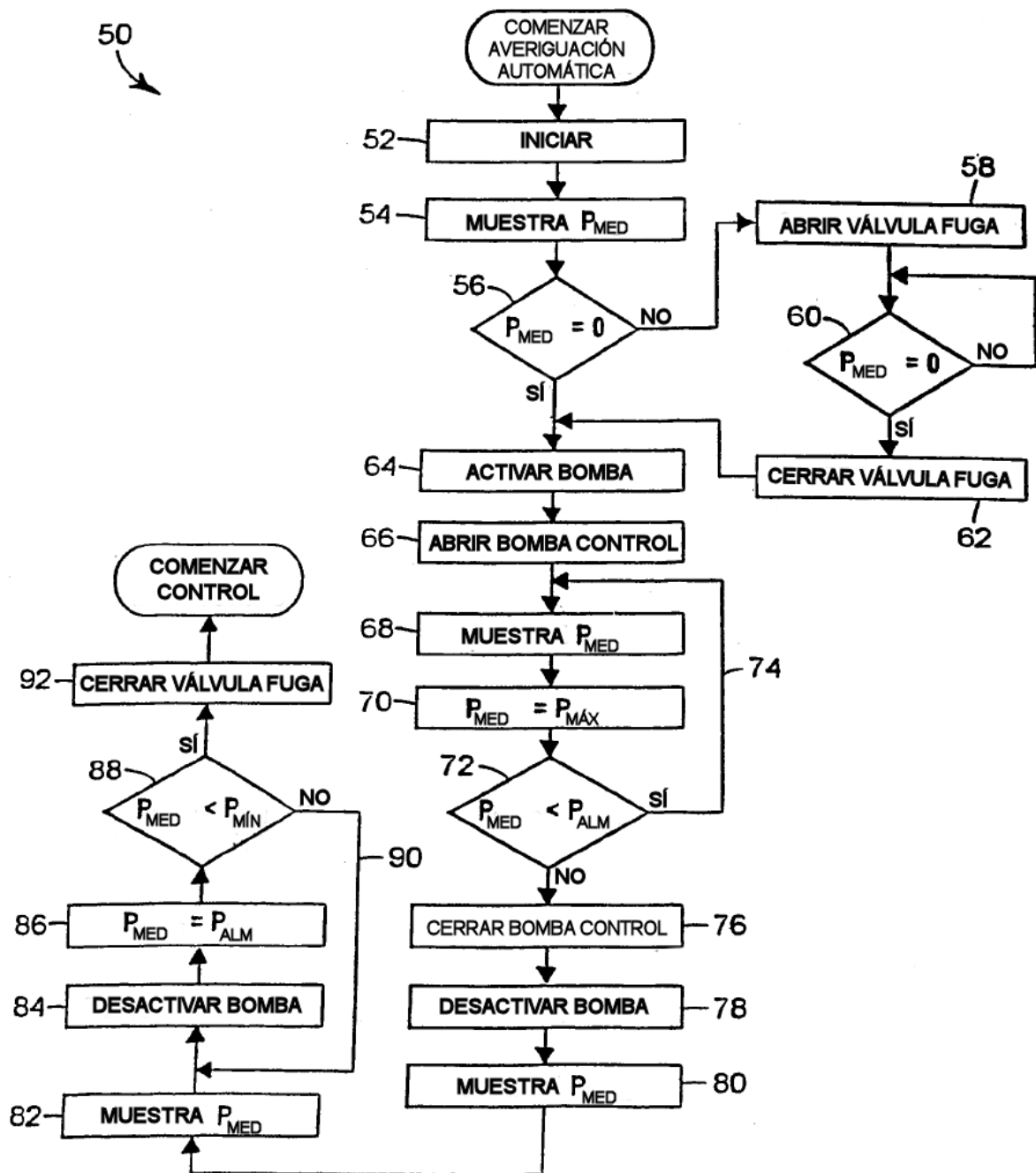


FIG. 3

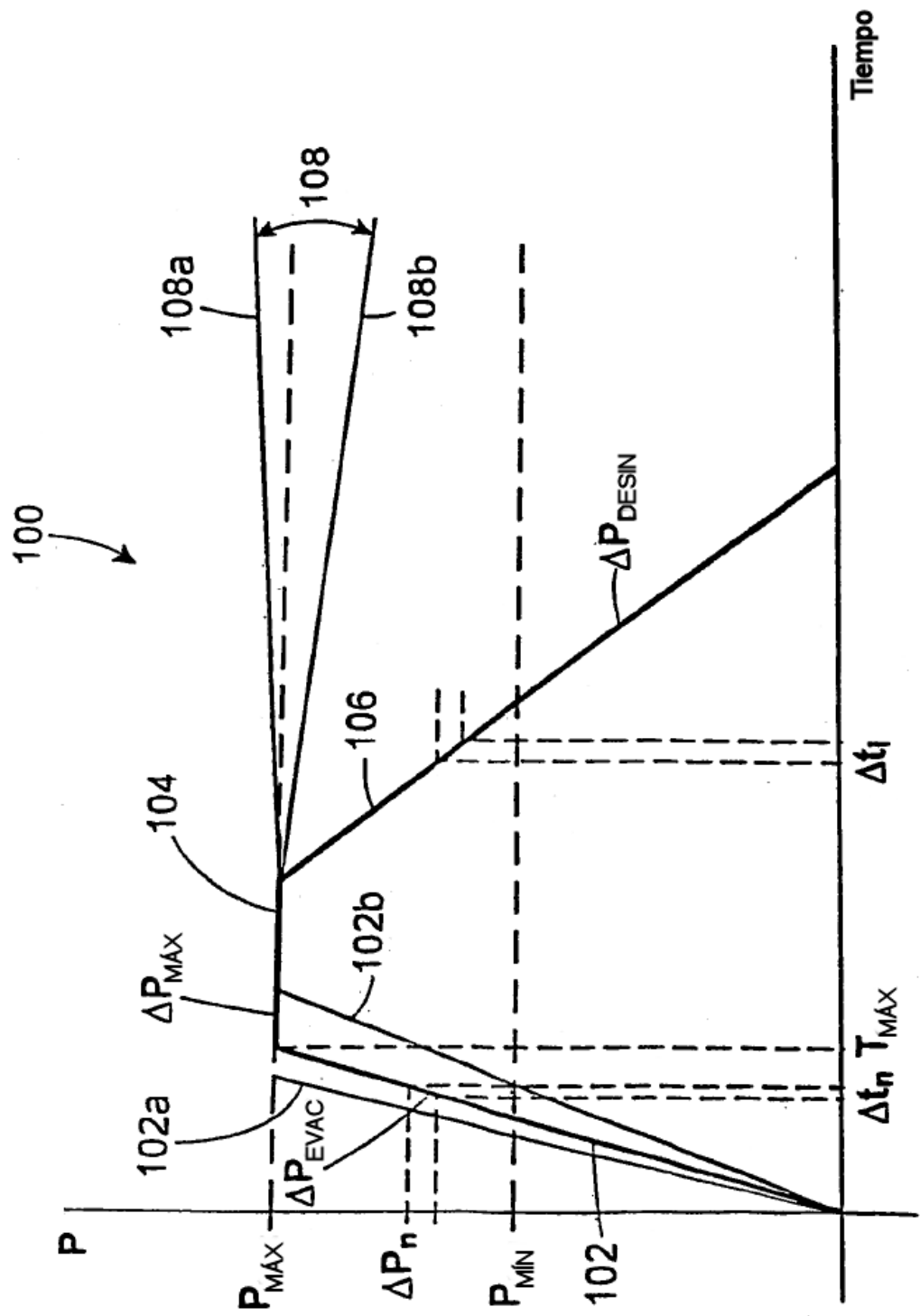


FIG. 4

