

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 730 199**

51 Int. Cl.:

**F04D 15/00** (2006.01)

**E03F 5/22** (2006.01)

**G05B 13/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.05.2012 PCT/SE2012/050581**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.12.2012 WO12173552**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.05.2012 E 12800352 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019 EP 2721303**

54 Título: **Método para controlar al menos una parte de una estación de bombeo**

30 Prioridad:

**16.06.2011 SE 1150548**

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

**08.11.2019**

73 Titular/es:

**XYLEM IP HOLDINGS LLC (100.0%)  
1 International Drive  
Rye Brook, NY 10573, US**

72 Inventor/es:

**LARSSON, MARTIN;  
FULLEMANN, ALEXANDER y  
MÖKANDER, JÜRGEN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 730 199 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 para controlar al menos una parte de una estación de bombeo

**Campo técnico de la invención**

5 La presente invención se relaciona, generalmente, con un método para controlar al menos una parte de una estación de bombeo. En particular, la presente invención se relaciona con un método para controlar al menos una parte de una estación de bombeo que comprende un número de bombas de velocidad controlada, donde el método se dispone para minimizar el consumo de energía específico  $E_{\text{específico}}$  de al menos una parte de una estación de bombeo.

**Antecedentes de la invención y técnica anterior**

10 El costo de manipular las bombas de una estación de bombeo destinada a aguas residuales, alcantarillado, aguas superficiales, etc., es muy alto. Hace mucho tiempo atrás, la bomba de la estación de bombeo se iniciaba a la velocidad más alta cuando el nivel de líquido de la estación de bombeo había sido elevado a un nivel de líquido de inicio de bomba predeterminado, y la bomba podía funcionar hasta haber alcanzado un nivel de líquido de detención de bomba predeterminado, pero se consideró que esta forma de control era muy costosa. Como solución, se introdujeron las bombas de velocidad controlada, por ejemplo, las bombas de frecuencia controlada donde la frecuencia de alimentación actual hacia la bomba se seleccionaba a un valor más óptimo determinado, por ejemplo, mediante cálculos y/o ensayos, según una perspectiva de consumo de energía. Estos cálculos y/o ensayos derivaron en gráficos de curva dependientes del sistema y/o de la bomba a partir de los cuales se podía derivar el consumo de energía por volumen bombeado en relación con, por ejemplo, la frecuencia de alimentación actual o la velocidad de bombeo de la bomba. Dicho valor óptimo era un punto mínimo derivado. La introducción de bombas de velocidad controlada y el uso de una velocidad de bombeo/frecuencia de alimentación actual óptimas sobre la base de un gráfico de curva nominal de la bomba implicó el ahorro significativo de gastos, así como un ahorro en bombas ya que rara vez funcionaban o nunca funcionaban a máxima velocidad.

25 Sin embargo, el control de velocidad basado en el gráfico de curva nominal de una bomba se ve afectado por algunas desventajas. Una desventaja es que el gráfico de curva de un modelo de bomba no es ni necesariamente ni exactamente igual para cada entidad de bomba dentro del modelo de bomba; además, el gráfico de curva nominal del modelo de bomba se vuelve estático con el tiempo, lo cual no es cierto en un gráfico de curva real de la bomba específica. Más precisamente, el gráfico de curva real de la bomba cambiará concurrentemente con las partes de la bomba que se desgasten. Esto implica que la frecuencia de alimentación actual / velocidad de bombeo óptimas de la bomba no coinciden con la frecuencia de alimentación actual/velocidad de bombeo óptimas del modelo de bomba. Asimismo, el diseño de la estación de bombeo y el sistema de tuberías circundante tendrán efecto en el gráfico de curva real de la bomba. Es difícil o imposible anticipar y/o calcular dicho efecto.

35 Hoy en día, existen dispositivos que miden el volumen de líquido bombeado y el consumo de energía a frecuencias de alimentación actual/velocidades de bombeo específicas. Véase por ejemplo, WO2009/053923. Sin embargo, es costoso y complicado medir el volumen de líquido bombeado y se necesita equipo adicional solo a los efectos de medir el volumen de líquido bombeado.

El documento US5742500A divulga un método para optimizar la velocidad de una bomba en una estación de bombeo para disminuir su consumo de energía por rendimiento de unidad.

EL documento US2011/081255A divulga el uso de un método de descenso del gradiente para optimizar la velocidad de una bomba con el objeto de disminuir un consumo de energía específico de la bomba.

**Breve descripción de los objetos y características de la invención**

45 La presente invención tiene por objeto omitir las desventajas mencionadas anteriormente y las fallas de métodos previamente conocidos para controlar al menos una parte de una estación de bombeo y tiene por objeto proporcionar un método mejorado. Un objeto principal de la invención es proporcionar un método mejorado para controlar al menos una parte de una estación de bombeo del tipo definido al inicio, que no exige la medición del volumen de líquido bombeado.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método para controlar al menos una parte de una estación de bombeo, que es auto reguladora junto con las partes de la bomba que se desgastan y reemplazan, así como también es auto reguladora sobre la base del diseño de la estación de bombeo y los tubos circundantes.

50 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método que en una realización preferida toma en consideración, indirectamente, el tamaño del volumen bombeado sin medirlo.

**Breve descripción de las características de la invención**

De conformidad con la invención, al menos el objeto principal es alcanzado a través del método definido por la reivindicación 1.

5 Por lo tanto, la presente invención se base en el entendimiento de que la suma del volumen de líquido bombeado durante un período de tiempo determinado, por ejemplo 24 horas o un múltiplo de 24 horas, es más o menos constante como se ve durante un período de tiempo más largo.

Las realizaciones preferidas de la presente invención se definen en las reivindicaciones.

10 Preferentemente, el conjunto de parámetros comprende dicho primer valor A1 de dicha cantidad y el consumo de energía específico asociado  $E_{\text{especifico}1}$ , así como el segundo valor A2 de dicha cantidad y el segundo consumo de energía específico asociado  $E_{\text{especifico}2}$ .

Preferentemente, el primer valor A1 de dicha cantidad consiste de la velocidad de bombeo V1 o una primera frecuencia de alimentación actual F1 y el segundo valor A2 de dicha cantidad consiste de la velocidad de bombeo V2 o una segunda frecuencia de alimentación actual F2, y el tercer valor A3 de dicha cantidad consiste de la velocidad de bombeo V3 o una tercera frecuencia de alimentación actual F3.

15 En otras reivindicaciones dependientes, así como en la siguiente descripción detallada de realizaciones preferidas, se ven ventajas y características adicionales de la invención.

**Breve descripción de las figuras**

20 Se tendrá un entendimiento más completo de las características y ventajas mencionadas y otras características y ventajas de la presente invención a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones preferidas. Se hace referencia a los dibujos que acompañan, donde:

La Figura 1 es una ilustración esquemática de una estación de bombeo,

La Figura 2 es un organigrama que muestra una realización preferida del método de conformidad con la invención,

La figura 3 es un organigrama que muestra una realización alternativa del método de conformidad con la invención,

La Figura 4 es un organigrama que muestra el submétodo «Encontrar V3»,

25 La Figura 5 es un diagrama que muestra, en forma esquemática, la relación entre el consumo de energía específico  $E_{\text{especifico}}$  y la velocidad de bombeo  $V_{\text{bombeo}}$ , y

La Figura 6 es un diagrama que muestra, en forma esquemática, cómo el nivel de líquido de la estación de bombeo h cambia con el paso del tiempo T.

**Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

30 Inicialmente, debería señalarse que el término "consumo de energía específico  $E_{\text{especifico}}$ " como se utiliza en las reivindicaciones, así como también en la descripción se relaciona con y es una medición del consumo de energía por unidad de tiempo de una o más bombas, o de una o más estaciones de bombeo, etc. En la presente, el consumo de energía específico se calcula de conformidad con  $E_{\text{especifico}} = k * E$ , donde E es el consumo de energía real durante un período de tiempo determinado y k es un parámetro de tiempo que es una medición de dicho período de tiempo transcurrido. Las realizaciones preferidas de la determinación del parámetro de tiempo k se describen más adelante en el contexto de diferentes realizaciones. En la realización más simple, k es igual a 1.

40 En la Figura 1, se muestra una estación de bombeo, generalmente designada con el número 1 que comprende un número de bombas de velocidad controlada 2, es decir, una o más, generalmente dos, dispuestas para bombear líquido desde un depósito 3 incluido en la estación de bombeo 1 hacia un tubo de salida 4 y lejos de la estación de bombeo 1. Además, la estación de bombeo 1 comprende al menos un instrumento de nivel 5 dispuesto para determinar el nivel de líquido de la estación de bombeo h; se debe señalar que el instrumento de nivel 5 puede ser un dispositivo individual que está conectado, de manera operativa, a una unidad de control externa 6, está conectado, de manera operativa a uno de dicho número de bombas de velocidad controlada 2, está incorporado en uno del número de bombas de velocidad controlada 2, etc. El número de bombas de velocidad controlada 2 está conectado preferentemente de manera operativa a la unidad de control externa 6 con el objeto de permitir la regulación de la velocidad de bombeo, alternativamente al menos uno del número de bombas de velocidad controlada 2 puede comprender una unidad de control incorporada (no se muestra).

50 Con la frase «velocidad controlada» se abarcan todas las formas posibles de cambio de velocidad de una bomba; se pretende controlar la frecuencia de alimentación actual mediante un convertidor de frecuencia, VFD, que está incorporado en una bomba o que es externo; y el VFD externo se dispone, preferentemente, en la unidad de control externa 6. Sin embargo, también se pretende el control de voltaje de suministro controlado a nivel interno o externo,

el freno mecánico que actúa, preferentemente, en el eje motor de la bomba, etc. Por lo tanto, en un nivel general de la invención, no es de importancia vital saber cómo se controla la velocidad de la bomba, solo que la velocidad de la bomba se puede regular/controlar.

5 El método de conformidad con la invención tiene por objeto controlar al menos una parte de una estación de bombeo 1 que comprende un número de bombas de velocidad controlada 2, con el fin de minimizar el consumo de energía específico  $E_{\text{específico}}$  de al menos una parte de una estación de bombeo 1. La estación de bombeo 1 debería ser vista, en este sentido, como una instalación definida a la que llegan líquidos y de la cual se bombean líquidos. Respecto de la presente invención, la estación de bombeo debería ser vista independientemente del tipo de líquido e independientemente de dónde proviene el líquido y hacia dónde debe ser bombeado. Con la frase «un número de 10 bombas de velocidad controlada variable», se pretende un número entero de bombas 2 donde se pueda controlar la velocidad de la bomba individual, preferentemente por el hecho que la frecuencia de alimentación  $F$  a cada bomba se puede controlar con el objeto de cambiar la velocidad de la bomba específica, donde la velocidad es proporcional a la frecuencia de alimentación. Por lo tanto, dicha estación de bombeo 1 puede comprender una o más bombas, al menos una bomba 2 cuya velocidad se controla. En el caso en que la estación de bombeo comprende una pluralidad de 15 bombas de velocidad controlada 2, se puede producir una alteración adecuada entre ellas, la cual no se trata en la presente.

Es vital para la presente invención que el volumen de líquido bombeado no se mida o emplee en relación con la determinación del consumo de energía específico  $E_{\text{específico}}$ . Por el contrario, la invención se basa en la suma del volumen de líquido bombeado durante un período de tiempo determinado, por ejemplo 24 horas, que es más o menos 20 constante como se ve durante un período de tiempo más largo. En la presente solicitud de patente, dicho período de tiempo es denominado período operativo y tiene, preferentemente, una duración de  $n \cdot 24$  horas, donde  $n$  es un número entero positivo. Se debe tener en cuenta que el período operativo también puede tener otra duración sin desviarse de la idea general de la presente invención, y/o la duración del período operativo varía durante el año.

Se debe mencionar que el método de conformidad con la invención se puede implementar para una o más estaciones 25 de bombeo completas que, directa o indirectamente, se comunican entre sí, para una bomba o para varias bombas, que se comunican directa o indirectamente entre sí. El método puede, por ejemplo, ser implementado en una unidad de control incorporada en una bomba 2 o en la unidad de control externa 6 de un gabinete de control; la unidad de control externa 6 está conectada de manera operativa a la bomba 2. Por lo tanto, la invención se describirá como implementada en una bomba 2 de una estación de bombeo 1 si no se indica lo contrario, pero esto aplica cuando la 30 invención se implementa en una unidad de control externa 6.

La estación de bombeo 1 tiene un nivel de líquido de estación de bombeo que está designado como  $h$  y que, en la presente solicitud de patente, es la distancia entre el nivel de líquido en el depósito 3 y la entrada de la bomba 2 (ver Figura 1); el nivel de líquido de la estación de bombeo  $h$  se acopla directamente a la altura de elevación real de la bomba 2 que aumenta con la caída del nivel de líquido de la estación de bombeo  $h$ . Cuando se vuelve a llenar el depósito 3, el nivel de líquido de la estación de bombeo  $h$  se incrementa y cuando la bomba 2 se activa y bombea líquido hacia afuera, el nivel de líquido de la estación de bombeo  $h$  cae. Se debe señalar que el depósito 3 se puede 35 volver a llenar con líquido al mismo tiempo que la bomba 2 está activa y bombea líquido hacia afuera.

En esta publicación, el período operativo en curso también se denomina tercer período operativo  $t_3$ , que ha estado precedido por un primer período operativo ficticio o transcurrido  $t_1$  y un segundo período operativo ficticio o transcurrido 40  $t_2$ . Los períodos operativos ficticios se utilizan cuando los períodos operativos transcurridos/reales no se han producido aún, por ejemplo, al inicio o reinicio de la bomba, la estación de bombeo, el registro de la estación de bombeo, etc. El primer período operativo  $t_1$ , el segundo período operativo  $t_2$  y el tercer período operativo  $t_3$  no necesitan producirse en forma sucesiva, pero pueden estar separados por uno o más períodos operativos para los cuales no se han registrado parámetros. Por lo tanto, cuando el tercer período operativo  $t_3$  se ha completado y se han registrado 45 parámetros, dicho período será considerado como un segundo período operativo  $t_2$  y se iniciará un nuevo período operativo, posiblemente un tercer período operativo  $t_3$ . El segundo período operativo anterior constituirá el primer período operativo  $t_1$  y el primer período operativo anterior no entrará en el registro y/o posiblemente sea registrado para permitir el análisis del progreso de la estación de bombeo 1.

En las Figuras 2 y 3, se muestran realizaciones preferidas de un método, generalmente designado como 7 para 50 controlar al menos una parte de una estación de bombeo 1 que comprende un número de bombas de frecuencia controlada 2. Se debe mencionar que el método 7 de conformidad con la invención se puede expandir con uno o más submétodos, y/o se puede ejecutar en paralelo/en forma secuencial con otros métodos de control. En relación con la descripción que aparece a continuación, también se debe tener en cuenta la Figura 5 pero se debe entender que la curva dibujada en la Figura 5 no se registra necesariamente y no se necesita para el método de conformidad con la 55 invención.

Ahora se hará referencia a las Figuras 2 y 3 y a las etapas del método que son comunes a las realizaciones preferidas. El método 7 comienza y luego se hace una verificación si la estación de bombeo 1 está en el medio de un tercer período operativo  $t_3$  en progreso o si el tercer período operativo  $t_3$  ha sido completado, es decir, si la condición  $T \geq t_3$  se ha cumplido, donde  $T$  es un tiempo transcurrido del período operativo actual. En relación con un período operativo 60 completado y otro período iniciado, la medición del tiempo transcurrido  $T$  del período operativo en curso se fija en cero.

Se debe mencionar que T también puede ser el tiempo real o absoluto y en dicho caso, se verifica la relación entre el tiempo real y un múltiplo del tercer período operativo, es decir, por ejemplo, cada vez que el tiempo real llega a 00:00, se inicia un nuevo período operativo.

5 Cuando se ha completado precisamente un período operativo, el método 7 procede a un submétodo, denominado "Encontrar V3", que tiene por objeto encontrar la velocidad de bombeo óptima V3 del tercer período operativo t3 que justo se ha iniciado o que se iniciará posteriormente, con el objeto de minimizar el consumo de energía específico  $E_{\text{especifico}}$  de al menos una parte de una estación de bombeo 1. El submétodo "Encontrar V3" se describirá con más detalle a continuación una vez descrito el método general 7.

10 Después del submétodo "Encontrar V3" o si la estación de bombeo 1 está en el medio del tercer período operativo t3 en curso, es decir, si la condición  $T \geq t3$  no se cumple, el método 7 continúa al paso siguiente del método "Recuperar nivel de líquido de estación de bombeo, h".

15 El nivel de líquido de la estación de bombeo h está determinado por alguna forma de disposición instrumental de nivel habitual, que puede comprender uno o más instrumentos de nivel cooperativo 5, por ejemplo, instrumentos de nivel continuo y/o discreto. Cuando el nivel de líquido de la estación de bombeo h ha sido recuperado, se verifica si el nivel de líquido de la estación de bombeo h en el depósito 3 es menor que el nivel de líquido que corresponde a un nivel de líquido de detención de la bomba  $h_{\text{detención}}$ , es decir, si se cumple con la condición  $h < h_{\text{detención}}$ . Si la condición  $h < h_{\text{detención}}$  se cumple, la velocidad de bombeo  $V_{\text{bombeo}}$  se fija igual a cero y la bomba 2 posiblemente activada se apaga, y el método 7 concluye y vuelve a iniciarse. Si no se cumple con la condición  $h < h_{\text{detención}}$ , se verifica si el nivel de líquido en el depósito 3 es mayor que el nivel de líquido que corresponde a un nivel de líquido de inicio de bomba  $h_{\text{inicio}}$ , es decir, si se cumple con la condición  $h > h_{\text{inicio}}$ . Si se cumple con la condición  $h > h_{\text{inicio}}$ , la bomba 2 se activa a una velocidad de bombeo  $V_{\text{bombeo}}$  que es igual a la velocidad actual de bombeo V3 del tercer período operativo t3 en curso, que anteriormente ha sido determinado mediante el submétodo "Encontrar V3". Si no se cumple con la condición  $h > h_{\text{inicio}}$  o después de activada la bomba 2 a la velocidad de bombeo V3, el método 7 concluye y vuelve a iniciarse de conformidad con la realización preferida de acuerdo con la Figura 2.

25 De conformidad con la realización alternativa de acuerdo con la Figura 3, se verifica si el nivel de líquido de la estación de bombeo h en el depósito 3 cae/disminuye si no se cumple con la condición  $h > h_{\text{inicio}}$  o después que la bomba 2 ha sido activada a la velocidad de bombeo V3. Si el nivel de líquido de la estación de bombeo h cae, se demuestra que la bomba 2 está activa y bombea líquido hacia afuera y que el nivel de líquido en el depósito 3 cae pero que el nivel de líquido de detención de la bomba  $h_{\text{detención}}$  no se ha alcanzado. El método 7 concluye y vuelve a empezar. Se debe destacar que las etapas de verificación de las condiciones  $h < h_{\text{detención}}$  y  $h > h_{\text{inicio}}$ , junto con el método posterior asociado respectivo, pueden intercambiarse sin que se vea afectado el método en otros sentidos.

30 Si el nivel de líquido de la estación de bombeo h no cae, se verifica si la bomba está activa, es decir, si la velocidad  $V_{\text{bombeo}}$  de la bomba es diferente de cero. Si la velocidad  $V_{\text{bombeo}}$  de la bomba es igual a cero, esto indica que el nivel de líquido de la estación de bombeo h está entre el nivel de líquido de detención de la bomba  $h_{\text{detención}}$  y el nivel de líquido de inicio de la bomba  $h_{\text{inicio}}$  y que la estación de bombeo está en un estado de relleno en el período operativo, después del cual el método 7 concluye y vuelve a empezar. Si la velocidad  $V_{\text{bombeo}}$  de la bomba es diferente de cero, normalmente muestra que la bomba 2 está activa y bombea líquido hacia afuera pero que la entrada instantánea de líquido en la estación de bombeo 1 es igual o mayor que la salida de líquido. Alternativamente, es un indicio de que la bomba 2 no está activa, por ejemplo, como consecuencia de su rotura. Alternativamente, es un indicio de que la velocidad de bombeo es menor que la velocidad de bombeo más baja posible  $V_{\text{min}}$ ; la bomba 2 puede tener e incluso manipular el líquido de bombeo. Cuando el nivel de líquido de la estación de bombeo h no cae, la velocidad de bombeo  $V_{\text{bombeo}}$  aumenta en un parámetro B1 que corresponde, preferentemente, a un aumento en la frecuencia de alimentación actual de 1-5 Hz, y además, la velocidad actual de bombeo V3 del tercer período operativo t3 en curso se incrementa en un parámetro B2, que corresponde, preferentemente a un aumento de la frecuencia de alimentación actual de 0,1 - 0,5 Hz. Luego, el método 7 concluye y vuelve a empezar.

35 Se debe señalar que durante un período operativo, de conformidad con la invención, la bomba 2 se activa varias veces. También se debe destacar que la estación de bombeo 1 puede tener un nivel de líquido de estación de bombeo máximo permitido  $h_{\text{max}}$ , y si ese nivel se alcanza, la velocidad de bombeo de la bomba 2 aumenta, preferentemente, a una velocidad de bombeo mayor o a una velocidad de bombeo máxima permitida  $V_{\text{max}}$  para evitar que el depósito 3 se inunde, y si esto no ayuda, se inician una o más de otras bombas, preferentemente a dicha velocidad de bombeo máxima permitida  $V_{\text{max}}$ , a la velocidad de bombeo actual V3 del tercer período operativo t3 en curso, o a otra velocidad de bombeo adecuada. Si la estación de bombeo 1 comprende varias bombas, las alternativas se podrán activar durante un mismo período operativo.

40 En relación con el tercer período operativo t3 completado, en una realización preferida, se registran la velocidad de bombeo actual V3 del tercer período operativo t3 y el consumo de energía específico actual  $E_{\text{especifico}3}$  del tercer período operativo t3. En una realización alternativa, se registra si la velocidad de bombeo V3 es mayor o menor que la velocidad de bombeo V2 del segundo período operativo t2 y si el consumo de energía específico  $E_{\text{especifico}3}$  es mayor o menor que el consumo de energía específico  $E_{\text{especifico}2}$  del segundo período operativo t2. En lugar de la tercera velocidad de bombeo V3, se puede utilizar el tercer valor A3 correspondiente de una cantidad equivalente al momento del registro. La cantidad equivalente puede ser la frecuencia de alimentación actual, el voltaje de suministro, la potencia

del freno mecánico del eje motor u otra cantidad equivalente correspondiente. Se debe señalar que, si el método 7 de conformidad con la invención durante un tercer período operativo t3 en curso debe fijar la velocidad de bombeo  $V_{\text{bombeo}}$  en un valor que difiere de, por ejemplo, cero y V3 preferentemente, no se deben registrar los parámetros de este período operativo.

5 El submétodo "Encontrar V3" se muestra en la Figura 4 y comienza con la etapa de obtener/recuperar datos de entrada en la forma de un conjunto de parámetros; este conjunto de parámetros puede ser parámetros fijados que corresponden a dos períodos operativos ficticios, parámetros registrados que corresponden a dos períodos operativos transcurridos, o una combinación de parámetros fijados que corresponden a un período operativo ficticio y parámetros registrados que corresponden a un período operativo transcurrido. Los parámetros fijados por el  
10 operador/fabricante/programador de bombas son, por ejemplo, utilizados en los períodos operativos reales iniciales de la estación de bombeo 1 hasta que los parámetros registrados están disponibles.

Sobre la base de dicho conjunto de parámetros, la relación mutua relativa está determinada entre un primer valor A1 de dicha cantidad que corresponde a una primera velocidad de bombeo V1 y que deriva sobre la base de dicho conjunto de parámetros; donde el primer valor A1 se relaciona con un primer período operativo ficticio o transcurrido  
15 t1 y un segundo valor A2 de dicha cantidad que corresponde a una segunda velocidad de bombeo V2 y que deriva de dicho conjunto de parámetros, donde el segundo valor A2 se relaciona con un segundo período operativo t2 ficticio o transcurrido y entre un primer consumo de energía específico  $E_{\text{especifico1}}$  que deriva sobre la base del conjunto de parámetros y que se relaciona con el primer período operativo t1 y un segundo consumo de energía específico  $E_{\text{especifico2}}$  que deriva del conjunto de parámetros y que se relaciona con el segundo período operativo t2.

20 Según las relaciones mutuas relativas determinadas, los datos de salida se determinan en la forma de un tercer valor A3 de la cantidad que corresponde a una tercera velocidad de bombeo V3 de un tercer período operativo t3, el cual puede ser el período operativo directamente posterior al segundo período operativo t2 o puede ser un período operativo futuro. El tercer valor A3 de la cantidad es igual que A2-B3 si se cumple con las condiciones  $A2 < A1$  y  $E_{\text{especifico2}} < E_{\text{especifico1}}$ , igual que A2+B4 si se cumple con las condiciones  $A2 > A1$  y  $E_{\text{especifico2}} < E_{\text{especifico1}}$ , igual que  
25 A2+B5 si se cumple con las condiciones  $A2 < A1$  y  $E_{\text{especifico2}} > E_{\text{especifico1}}$ , e igual que A2-B6 si se cumple con las condiciones  $A2 > A1$  y  $E_{\text{especifico2}} > E_{\text{especifico1}}$ , donde B3, B4, B5, y B6 son parámetros de dicha cantidad. Posteriormente el submétodo «Encontrar V3» vuelve al método 7.

Los parámetros B3, B4, B5, y B6, cada uno de los cuales constituye la diferencia entre el tercer valor A3 y el segundo valor A2, son preferentemente valores predeterminados, alternativamente variables que, por ejemplo, dependen del  
30 valor de A2, la relación entre A1 y A2 y/o la relación entre  $E_{\text{especifico1}}$  y  $E_{\text{especifico2}}$ , etc. Los parámetros B3, B4, B5 y B6 tienen, preferentemente, el mismo valor, pero es factible que los parámetros B3, B4, B5 y B6 tengan valores diferentes con el objeto de evitar que el submétodo "Encontrar V3" salte hacia y desde dos valores alrededor con la velocidad de bombeo óptima. En una realización alternativa, el parámetro B3 es igual que B5, que es diferente de B4, que a su vez es igual que B6. Cada uno de los parámetros B3, B4, B5 y B6 corresponde preferentemente a un cambio de frecuencia de alimentación actual que es mayor que 0,5 Hz, y menor que 5 Hz, preferentemente menor que 2 Hz, y más preferentemente 1 Hz. Preferentemente, un cambio en la frecuencia de alimentación actual de 1 Hz corresponde a aproximadamente un cambio en la velocidad de bombeo de 2 a 5 unidades porcentuales, donde la velocidad de bombeo máxima permitida  $V_{\text{max}}$  se utiliza como el punto de referencia del 100%. Se prefiere, además, que los parámetros B3, B4, B5 y B6 se reduzcan, por ejemplo, se dividan en dos o tres, si resulta que el submétodo «Encontrar V3» salta hacia y desde una velocidad de bombeo óptima. Se debe señalar que el parámetro anteriormente mencionado B2, cuando se muestra en la misma cantidad que los parámetros B3, B4, B5 y B6 debe ser bajo respecto de B3, B4, B5 y B6, por ejemplo, en el orden de menos de un 15% de B3, B4, B5 y/o B6.

En realizaciones preferidas, el primer valor A1 de dicha cantidad consiste de la velocidad de bombeo V1, una primera frecuencia de alimentación F1, o un primer voltaje de suministro S1, y el segundo valor A2 de dicha cantidad consiste de la velocidad de bombeo V2, una segunda frecuencia de alimentación actual F2 o un segundo voltaje de suministro S2, y el tercer valor A3 de dicha cantidad consiste de la velocidad de bombeo V3, una tercera frecuencia de alimentación actual F3 o un tercer voltaje de suministro S3.

En una realización preferida, el conjunto de parámetros anteriormente mencionado comprende dicho primer valor A1 de dicha cantidad y el primer consumo de energía específico asociado  $E_{\text{especifico1}}$ , así como el segundo valor A2 de dicha cantidad y el segundo consumo de energía específico asociado  $E_{\text{especifico2}}$ . En una realización alternativa, el conjunto de parámetros comprende, por ejemplo, dicho segundo valor A2 así como la función del segmento de curva que se extiende entre el segundo valor A2 y el primer valor A1, después de lo cual se pueden determinar las relaciones relativas mutuas anteriormente mencionadas. En una realización alternativa adicional, el conjunto de parámetros comprende el segundo valor A2 y el primer valor A1, así como la inclinación del segmento de curva que se extiende  
55 entre los dos valores de la cantidad, después de lo cual se determinan relaciones relativas mutuas anteriormente mencionadas. Se debe señalar que existen otros conjuntos de parámetros a partir de los cuales es posible determinar las relaciones relativas mutuas anteriormente mencionadas, incluso si no se muestran más ejemplos de realizaciones en la presente invención. Se debe señalar que los valores de los períodos operativos ficticios o transcurridos adicionales se pueden utilizar para verificar si el submétodo "Encontrar V3" salta desde y hacia una velocidad de bombeo óptima.  
60

A continuación, se presentarán diferentes formas para calcular el consumo de energía específico  $E_{\text{específico}}$ , más precisamente, cómo se calcula el parámetro de tiempo  $k$  de la expresión anteriormente mencionada del consumo de energía específico  $E_{\text{específico}}=k \cdot E$ .  $E_{\text{específico}}$  es básicamente igual que la energía consumida dividida por el volumen bombeado durante un determinado tiempo transcurrido, o igual que el consumo instantáneo de energía dividido por el flujo instantáneo. De conformidad con la invención, se utiliza un parámetro de tiempo  $k$  en lugar de un flujo instantáneo o volumen bombeado, y este parámetro de tiempo puede ser igual que 1 o prever la duración del período operativo, la altura vertical entre el nivel de líquido de inicio de la bomba  $h_{\text{inicio}}$  y el nivel de líquido de detención de la bomba  $h_{\text{detención}}$ , el número de inicios durante el período operativo, el plazo durante el cual la bomba estuvo activa durante un período operativo, el plazo durante el cual la bomba ha estado inactiva durante un período operativo, la velocidad del nivel de líquido, etc. A continuación se mostrarán ejemplos, pero la invención no se ve limitada por ellos.

De conformidad con una primera variante, la duración de un período operativo es  $n \cdot 24$  horas y el parámetro de tiempo  $k$  se calcula de conformidad con  $k=1/(n \cdot 24)$ . Esta variante se utiliza cuando se puede predecir el flujo y es casi constante para un período operativo como se ve durante un período de tiempo más largo.

De conformidad con una segunda variante, la duración de un período de tiempo es  $n \cdot 24$  horas y el parámetro de tiempo  $k$  se calcula de conformidad con  $k=1/(c \cdot (n \cdot 24))$ , donde  $c$  es un parámetro de igualación. Esta variante se utiliza cuando el flujo es menos predecible y más irregular para un período operativo como se ve durante un período de tiempo más largo.

Preferentemente, el parámetro de igualación  $c$  se puede calcular de conformidad con  $c=X_{\text{activada}}/\sum t_{\text{activada}}$ , donde  $X_{\text{activada}}$  es el número de veces que se ha activado una bomba durante un período operativo transcurrido y  $\sum t_{\text{activada}}$  es el tiempo acumulado durante el cual la bomba ha estado activa en el período operativo transcurrido.

Alternativamente, el parámetro de igualación  $c$  se puede calcular de conformidad con  $c=\sum L/\sum t_{\text{activada}}$ , donde  $L$  es la altura vertical entre el nivel de líquido de inicio de la bomba  $h_{\text{inicio}}$  y el nivel de líquido de detención de la bomba  $h_{\text{detención}}$  y  $\sum L$  es la altura acumulada que se ha bombeado hacia afuera durante un período operativo transcurrido, independientemente del flujo cuando la bomba ha estado activa.  $\sum t_{\text{activada}}$  es el tiempo acumulado durante el cual la bomba ha estado activa en el período operativo transcurrido.

De conformidad con una tercera variante, que no es parte de la invención, la duración de un período operativo es  $s$  segundos, donde  $s$  es un número entero positivo y el parámetro de tiempo  $k$  se calcula de conformidad con  $k=1/(c \cdot s)$ , donde  $c$  es un parámetro de igualación. Véase la Figura 6, donde  $\Delta t_{\text{activada}}$  es igual que  $\Delta t_{\text{desactivada}}$ , cada uno de los cuales es igual a la duración del período de tiempo,  $s$  segundos. Preferentemente, la duración de  $s$  segundos del período operativo oscila entre 60 y 120 s.

El parámetro de igualación  $c$  se calcula, preferentemente, de conformidad con  $c=(\Delta h_{\text{activada}} + \Delta h_{\text{desactivada}})$ , donde  $\Delta h_{\text{activada}}$  es el cambio del nivel de líquido de la estación de bombeo durante un período operativo transcurrido, el cual tiene lugar en relación con el final de un período activo durante el cual se activa una del número de bombas de velocidad controlada 2 y que es seguido directamente por un período inactivo durante el cual la bomba está inactiva, y  $\Delta h_{\text{desactivada}}$  es el cambio de nivel de líquido de la estación de bombeo durante el siguiente período operativo, el cual tiene lugar en relación con el comienzo del período inactivo inmediato siguiente. En esta variante, se presume que el flujo en el comienzo de un período inactivo es el mismo que el flujo al final del período activo anterior. Al agregar  $\Delta h_{\text{activada}}$  y  $\Delta h_{\text{desactivada}}$ , se considera cuán grande fue el flujo cuando la bomba 2 estaba activa.  $\Delta t_{\text{activada}}$  y  $\Delta t_{\text{desactivada}}$  se deberían posicionar lo más cerca posible del instante en que el nivel de líquido de la estación de bombeo  $h$  alcanza el nivel de líquido de detención de la bomba  $h_{\text{detención}}$ . Sin embargo,  $\Delta t_{\text{activada}}$  debería estar lo suficientemente lejos del instante en que el nivel de líquido de la estación de bombeo  $h$  alcanza el nivel de líquido de detención de la bomba  $h_{\text{detención}}$  para no verse afectada por los llamados efectos de ruido de la bomba 2, es decir, que la bomba 2 aspira aire, y  $\Delta t_{\text{desactivada}}$  debería estar lo suficientemente lejos del instante en que el nivel de líquido de la estación de bombeo alcanza el nivel de líquido de detención de la bomba  $h_{\text{detención}}$  para no verse afectada por los llamados efectos sifón del tubo de salida 4, es decir, el líquido es empujado a lo largo del tubo de entrada 4 por la inercia del líquido bombeado a pesar de que la bomba 2 ha sido apagada, o el efecto reflujos del tubo de salida 4 cuando la bomba 2 ha sido apagada.

De conformidad con una cuarta variante, que no es parte de la invención, que es una mezcla de varias de las variantes anteriores, un período operativo comprende un período cuando se activa la bomba, es decir,  $t_{\text{activada}}$ , y un período en que la bomba está inactiva, es decir,  $t_{\text{desactivada}}$ ; nótese que el orden mutuo no es importante.  $h_{\text{activada}}$  es el cambio de nivel de líquido de la estación de bombeo durante el período en que la bomba está activa y  $h_{\text{desactivada}}$  es el cambio del nivel de líquido de la estación de bombeo durante el período en que la bomba está inactiva. En esta cuarta variante, se asume que el flujo durante el período inactivo de la bomba es el mismo que el flujo durante el período activo de la bomba. Se debe señalar que  $t_{\text{activada}}$  y  $t_{\text{desactivada}}$  no necesitan ser igualmente grandes.

Preferentemente, la duración de un período operativo de conformidad con esta variante es igual que un ciclo de bombeo, y  $L$  es la altura vertical entre el nivel de líquido de inicio de la bomba  $h_{\text{inicio}}$  y el nivel de líquido de detención de la bomba  $h_{\text{detención}}$ . Por lo tanto, en esta realización preferida, cada uno de  $h_{\text{activada}}$  y  $h_{\text{desactivada}}$  es igual que  $L$ , que implica que  $t_{\text{desactivada}}$  es el tiempo que le lleva al nivel de líquido de la estación de bombeo subir desde el nivel de líquido de detención de la bomba  $h_{\text{detención}}$  hacia el nivel de líquido de inicio de la bomba  $h_{\text{inicio}}$ ,  $t_{\text{activada}}$  es el tiempo que

le lleva al nivel de líquido de la estación de bombeo  $h$  caer desde el nivel de líquido de inicio de la bomba  $h_{\text{inicio}}$  hacia el nivel de líquido de detención de la bomba  $h_{\text{detención}}$ .

El parámetro de tiempo  $k$  se calcula de conformidad con  $k=1/(c \cdot t_{\text{medición}})$ , donde  $c$  es el parámetro de igualación y  $t_{\text{medición}}$  es un subconjunto del período cuando la bomba está activa y durante el cual se mide la energía consumida. Por lo tanto,  $t_{\text{medición}}$  debería ser igual o menor que  $t_{\text{activada}}$ . Además, la energía consumida  $E$  durante el período  $t_{\text{medición}}$  se puede medir por la potencia instantánea total durante el período  $t_{\text{medición}}$ . Alternativamente, la potencia instantánea se mide en algún momento durante el período  $t_{\text{medición}}$  y posteriormente, la potencia instantánea medida se multiplica por el tiempo  $t_{\text{medición}}$ .

En general, el parámetro de igualación  $c$  se calcula de conformidad con  $c=(h_{\text{desactivada}}/t_{\text{desactivada}} + h_{\text{activada}}/t_{\text{activada}})$ , y en la realización preferida, el parámetro de igualación  $c$  se calcula, consecuentemente, de conformidad con  $c=(L/t_{\text{desactivada}} + L/t_{\text{activada}})$ , es decir,  $c$  es una medición de la cantidad de líquido bombeado durante el período  $t_{\text{medición}}$ .

De conformidad con una quinta variante, que es una variante especial de la cuarta variante anterior y que no es parte de la invención, la duración de un período operativo es igual que un ciclo de bombeo y la energía consumida se determina para el período completo en el cual la bomba está activa, es decir,  $t_{\text{medición}}$  es igual que  $t_{\text{activada}}$ . Después de la simplificación de la expresión matemática de conformidad con la cuarta variante, se obtiene lo siguiente.

Por lo tanto, un ciclo de bombeo comprende un período durante el cual la bomba está activa, es decir,  $t_{\text{activada}}$ , y un período durante el cual la bomba está inactiva, es decir,  $t_{\text{desactivada}}$ ; en otras palabras, la duración del período operativo es igual que  $(t_{\text{activada}} + t_{\text{desactivada}})$ . El parámetro de tiempo  $k$  se calcula de conformidad con  $k=1/(c \cdot (t_{\text{activada}} + t_{\text{desactivada}}))$ , donde  $c$  es el parámetro de igualación. La duración de un ciclo de bombeo está, preferentemente, en el intervalo de 1 a 10 minutos pero también puede durar una o varias horas. Se debe señalar que  $t_{\text{activada}}$  y  $t_{\text{desactivada}}$  no necesitan ser igualmente grandes.

Preferentemente, el parámetro de igualación  $c$  se calcula de conformidad con  $c=L/t_{\text{desactivada}}$  donde  $L$  es la altura vertical entre el nivel de líquido de inicio de la bomba  $h_{\text{inicio}}$  y el nivel de líquido de detención de la bomba  $h_{\text{detención}}$ . Además,  $t_{\text{activada}}$  es el tiempo durante el cual la bomba ha estado inactiva durante el ciclo de bombeo transcurrido. En esta variante, se supone que el flujo durante el período inactivo de la bomba es el mismo que el flujo durante el período activo de la bomba. De conformidad con una quinta variante, se puede medir la energía consumida  $E$  durante el período operativo/ciclo de bombeo, o se puede medir una potencia instantánea en algún momento durante el período del ciclo de bombeo en el que la bomba está activa, es decir, durante  $t_{\text{activada}}$ , y posteriormente, la potencia instantánea medida se multiplica por el tiempo  $t_{\text{activada}}$  en que la bomba ha estado activa. De conformidad con una realización preferida, la potencia instantánea se mide al final del período del ciclo de bombeo en que la bomba está activa.

El método 7 de conformidad con la invención se puede implementar para controlar una bomba, como se describió anteriormente. Además, el método 7 se puede implementar en una estación de bombeo que comprende varias bombas de control de velocidad variable 2, donde el registro y el control tienen lugar, preferentemente, en la unidad de control externa 6. El control puede tener lugar para toda la estación de bombeo 1 independientemente de qué bomba ha estado activa o para cada bomba por separado. Cuando se realiza un control de toda la estación de bombeo 1, se considera cada período operativo registrado independientemente de aquel en que la bomba ha estado activa, lo que genera un movimiento más rápido hacia la velocidad óptima para la bomba individual que cuando se realiza el control para cada bomba por separado. Al igual que la unidad de control externa 6, no se necesita saber cuántas bombas de control de velocidad variable 2 están conectadas. La ventaja del control realizado para cada bomba por separado es que la característica de la entidad de bomba individual no afecta las otras entidades de bomba, es decir, se pueden utilizar diferentes tipos de bomba y bombas antiguas lado a lado. En una implementación alternativa, el registro y el control se producen en una unidad de control incorporada en cada bomba individual 2, preferentemente dos de dichas bombas pueden estar operativamente interconectadas para intercambiar información acerca de la última tercera velocidad de bombeo  $V_3$  conocida.

#### 45 **Modificaciones factibles de la invención**

La invención no se limita únicamente a las realizaciones anteriormente descritas y se muestra en los dibujos, que solo tienen como objeto ilustrar y ejemplificar. La solicitud de patente pretende cubrir todas las adaptaciones y variantes de las realizaciones preferidas descritas en la presente, y por ende, la presente invención está definida por el texto de las reivindicaciones que acompañan. Por lo tanto, el equipo se puede modificar de todas las maneras factibles dentro del alcance de las reivindicaciones que acompañan.

Se debe mencionar, además, que aunque los términos «control de velocidad» y «velocidad de bombeo» han sido utilizados en las reivindicaciones y en la descripción a los efectos de la simplicidad, se apreciará que se incluyan otros valores equivalentes, como el control de frecuencia de alimentación actual, el control del voltaje de suministro, etc., los cuales tienen por objeto modificar la velocidad de la bomba y tienen una relación inequívoca con la velocidad de bombeo.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para controlar al menos una parte de una estación de bombeo (1) que comprende un número de bombas de velocidad controlada (2), donde el método (7) se dispone para minimizar un consumo de energía específico  $E_{\text{especifico}}$  de al menos una parte de la estación de bombeo, donde funciona una bomba individual (2) para tener una pluralidad de ciclos de encendido/apagado durante un período operativo ( $t_1, t_2, t_3$ ) que tiene una duración predeterminada y la velocidad de la bomba ( $V_1, V_2, V_3$ ) es constante y es la misma cada vez que la bomba (2) está activa durante un mismo período operativo ( $t_1, t_2, t_3$ ), donde el método comprende un submétodo (Encontrar  $V_3$ ) que comprende las etapas de:
- obtener datos de entrada en la forma de un conjunto de parámetros asociados con un primer período operativo ficticio o transcurrido  $t_1$  y un segundo período operativo ficticio o transcurrido  $t_2$ .
  - determinar, sobre la base de dicho conjunto de parámetros, una relación mutua relativa entre, por un lado, un primer valor  $A_1$  de una cantidad que es equivalente a una primera velocidad de bombeo  $V_1$  y que deriva sobre la base de dicho conjunto de parámetros; la primera velocidad de bombeo  $V_1$  es la velocidad de la bomba cuando está activa durante dicho primer período  $t_1$  y un segundo valor  $A_2$  de dicha cantidad que es equivalente a una segunda velocidad de bombeo  $V_2$  y que deriva de dicho conjunto de parámetros, donde la segunda velocidad de bombeo  $V_2$  es la velocidad de la bomba cuando está activa durante un segundo período operativo  $t_2$  y, por otro lado, entre un primer consumo de energía específico  $E_{\text{especifico}1}$  que deriva del conjunto de parámetros y de la energía consumida por la bomba durante el primer período operativo  $t_1$  y un segundo consumo de energía específico  $E_{\text{especifico}2}$  que deriva del conjunto de parámetros y la energía consumida por la bomba durante dicho segundo período operativo  $t_2$ .
  - determinar, sobre la base de las relaciones relativas mutuas determinadas y en los parámetros  $B_3, B_4, B_5$  y  $B_6$  de dicha cantidad, los datos de salida en la forma de un tercer valor  $A_3$  de dicha cantidad que es equivalente a una tercera velocidad de bombeo  $V_3$  de un tercer período operativo  $t_3$ , donde
    - $A_3$  es igual que  $A_2-B_3$  si se cumple con las condiciones  $A_2 < A_1$  y  $E_{\text{especifico}2} < E_{\text{especifico}1}$ ,
    - $A_3$  es igual que  $A_2+B_4$  si se cumple con las condiciones  $A_2 > A_1$  y  $E_{\text{especifico}2} < E_{\text{especifico}1}$ ,
    - $A_3$  es igual que  $A_2+B_5$  si se cumple con las condiciones  $A_2 < A_1$  y  $E_{\text{especifico}2} > E_{\text{especifico}1}$  y
    - $A_3$  es igual que  $A_2-B_6$  si se cumple con las condiciones  $A_2 > A_1$  y  $E_{\text{especifico}2} > E_{\text{especifico}1}$ .
2. El método de conformidad con la reivindicación 1, donde el consumo específico de energía de al menos una parte de una estación de bombeo está dado como un valor predeterminado  $E_{\text{especifico}}$  para un período operativo ficticio o se calcula de conformidad con  $E_{\text{especifico}} = k \cdot E$  para un período operativo transcurrido, donde  $E$  es la energía consumida por al menos una del número de bombas de frecuencia controlada durante el período de tiempo transcurrido y  $k$  es un parámetro de tiempo, y donde el valor  $A$  de la cantidad está dado como un valor predeterminado para el período operativo ficticio o se registra para el período operativo transcurrido.
3. El método de conformidad con la reivindicación 1 o 2, donde el primer valor  $A_1$  de la cantidad consiste de la velocidad de bombeo  $V_1$ , el segundo valor  $A_2$  de dicha cantidad consiste de la velocidad de bombeo  $V_2$ , y el tercer valor  $A_3$  de dicha cantidad consiste de la velocidad de bombeo  $V_3$ .
4. El método de conformidad con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde el primer valor  $A_1$  de dicha cantidad consiste de una primera frecuencia de alimentación actual  $F_1$ , el segundo valor  $A_2$  de dicha cantidad consiste de una segunda frecuencia de alimentación actual  $F_2$ , y el tercer valor  $A_3$  de dicha cantidad consiste de una tercera frecuencia de alimentación actual  $F_3$ .
5. El método de conformidad con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde el primer valor  $A_1$  de dicha cantidad consiste de un primer voltaje de suministro  $S_1$ , el segundo valor  $A_2$  de dicha cantidad consiste de un segundo voltaje de suministro  $S_2$ , y el tercer valor  $A_3$  de dicha cantidad consiste de un tercer voltaje de suministro  $S_3$ .
6. El método de conformidad con una de las reivindicaciones anteriores, donde el conjunto de parámetros comprende dicho primer valor  $A_1$  de dicha cantidad y el primer consumo de energía específico asociado  $E_{\text{especifico}1}$ , así como el segundo valor  $A_2$  de dicha cantidad y el segundo consumo de energía específico asociado  $E_{\text{especifico}2}$ .
7. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los parámetros  $B_3, B_4, B_5$ , y  $B_6$  tienen valores predeterminados, cada uno de los cuales se corresponde a un cambio de frecuencia de alimentación actual que es mayor que 0,5 Hz, y menor que 5 Hz, preferentemente menor que 2 Hz.
8. El método de conformidad con la reivindicación 7, donde cada uno de los parámetros  $B_3, B_4, B_5$ , y  $B_6$  corresponde a un cambio en la frecuencia de alimentación actual de 1 Hz.

9. El método de conformidad con la reivindicación 7 u 8, donde el parámetro B3 es igual que el parámetro B5 y el parámetro B4 es igual que el parámetro B6.

10. El método de conformidad con la reivindicación 2, donde la duración de un periodo operativo es  $n \cdot 24$  horas, donde  $n$  es un número entero positivo, y donde el parámetro de tiempo  $k$  se calcula de conformidad con

$$k = \frac{1}{n \cdot 24}$$

5

11. El método de conformidad con la reivindicación 2, donde la duración del período operativo es  $n \cdot 24$  horas, donde  $n$  es un número entero positivo, y donde el parámetro de tiempo  $k$  se calcula de conformidad con

$$k = \frac{1}{c \cdot (n \cdot 24)},$$

donde  $c$  es un parámetro de igualación.

10 12. El método de conformidad con la reivindicación 11, donde el parámetro de igualación  $c$  se calcula de conformidad con

$$c = \frac{x_{\text{activada}}}{\sum t_{\text{activada}}}$$

donde  $x_{\text{activada}}$  es el número de veces que se ha activado una bomba durante un período operativo transcurrido y  $\sum t_{\text{activada}}$  es el tiempo acumulado durante el cual la bomba ha estado activa en el período operativo transcurrido.

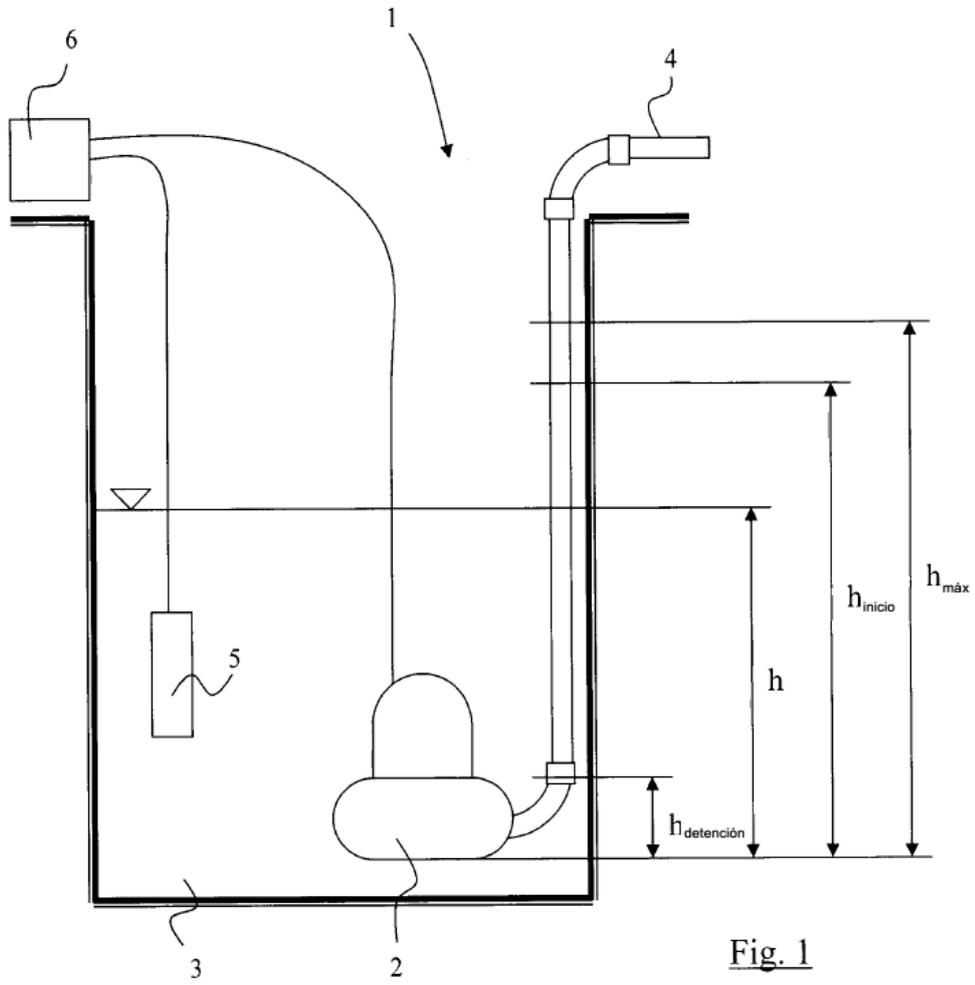


Fig. 1

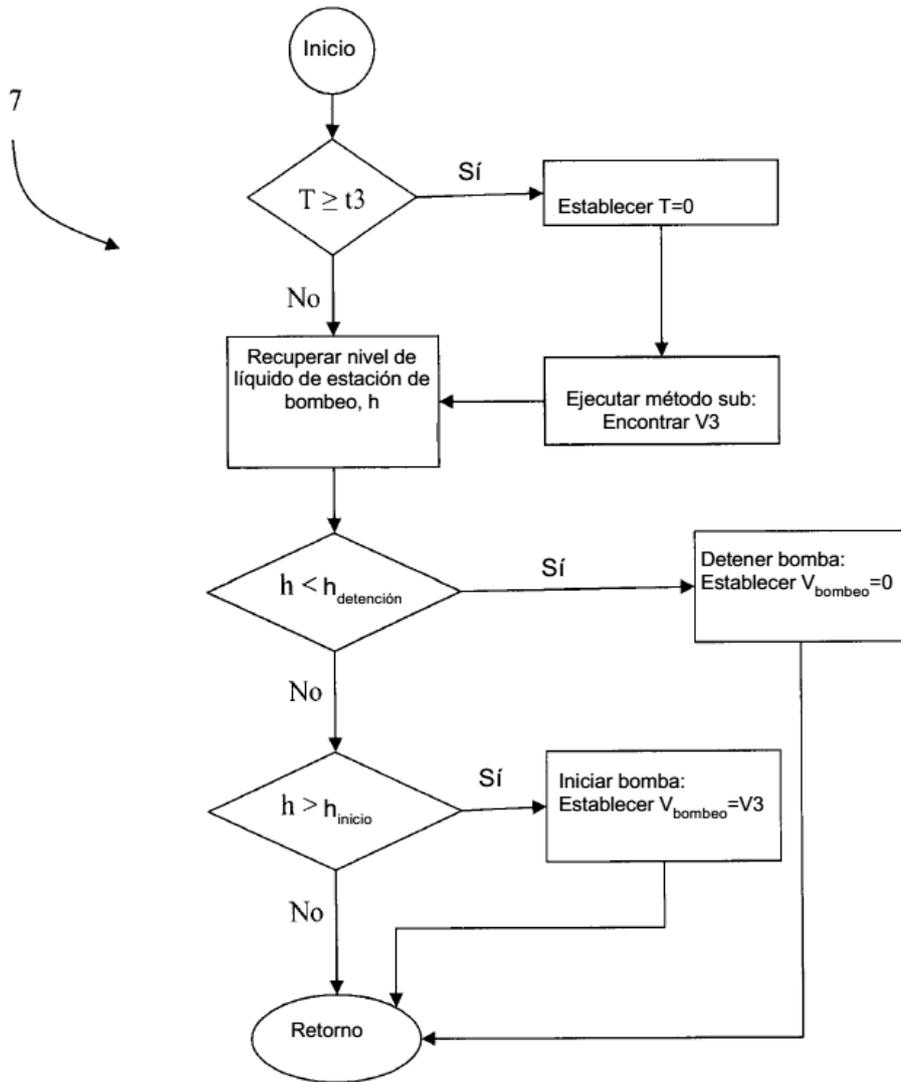


Fig. 2

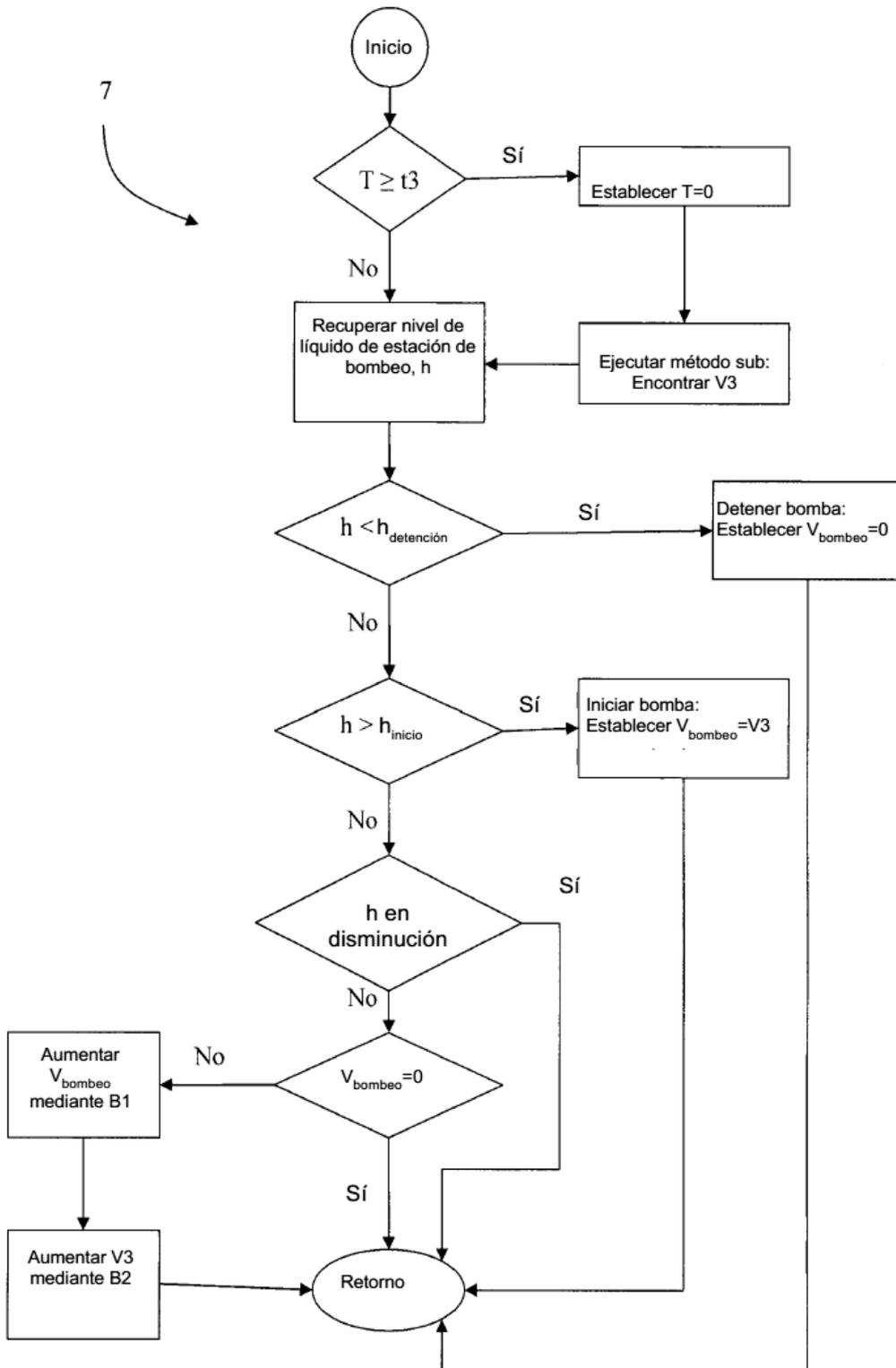


Fig. 3

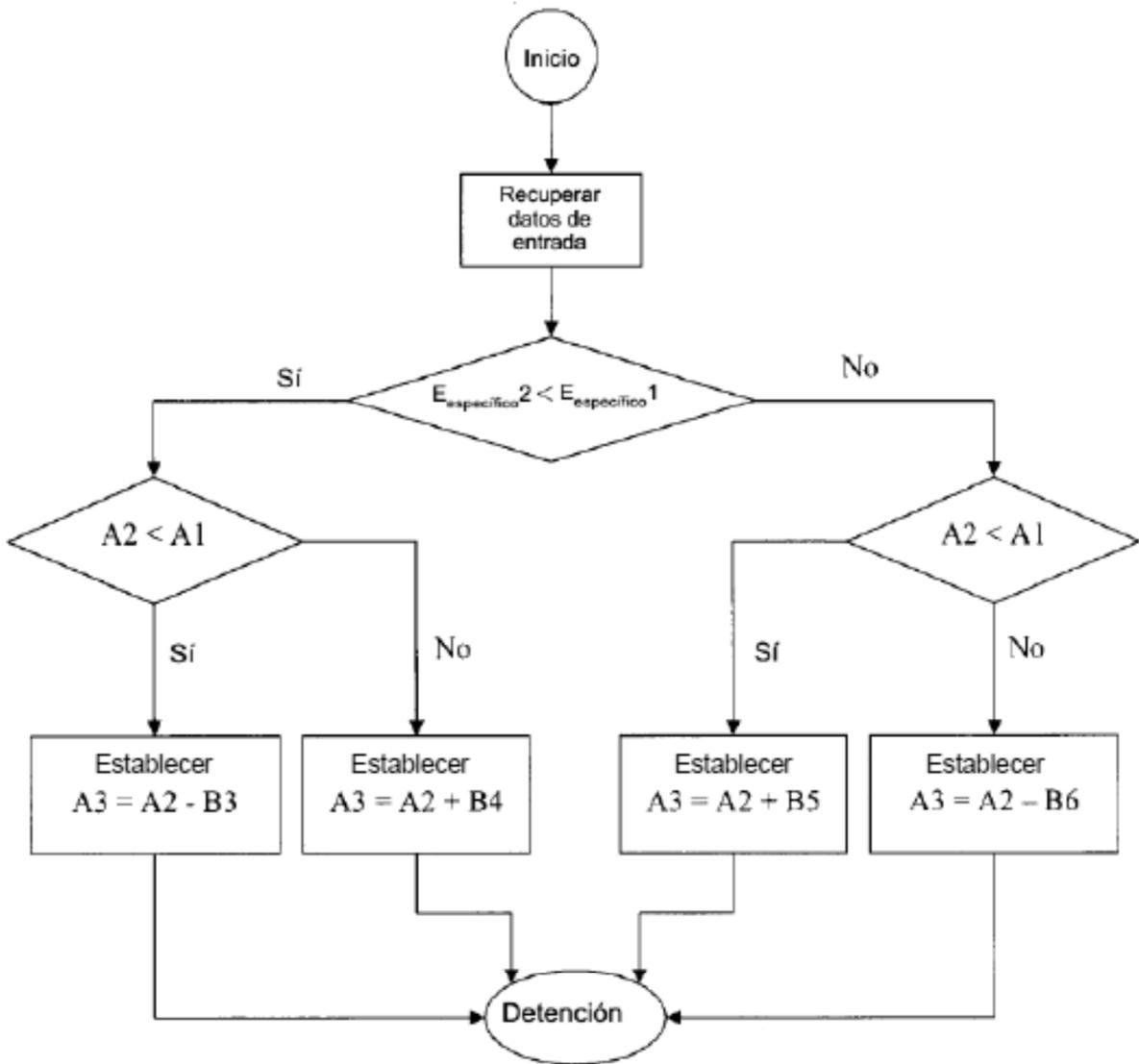


Fig. 4

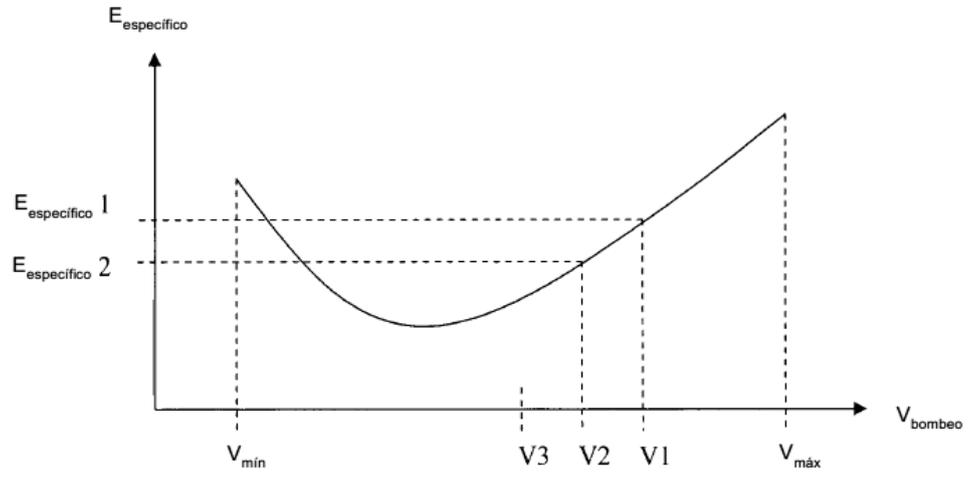


Fig. 5

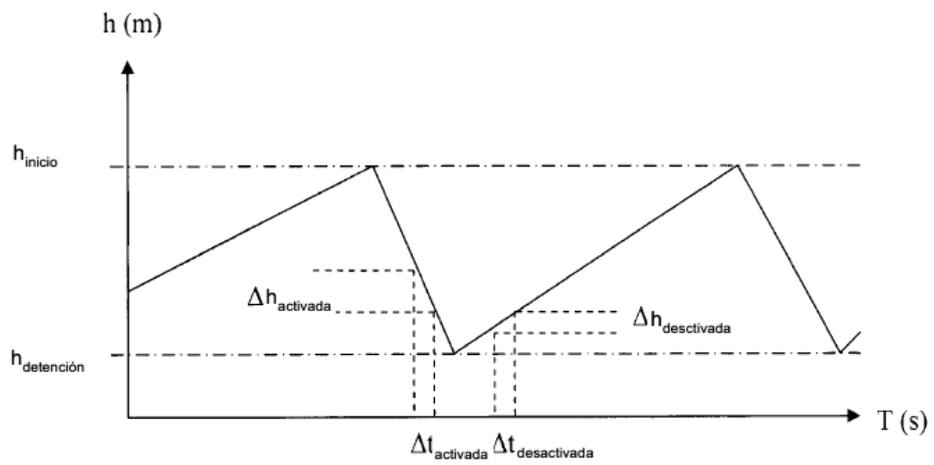


Fig. 6