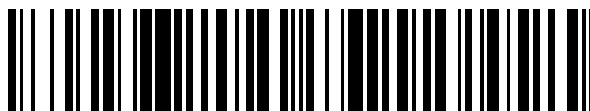


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 366**

51 Int. Cl.:

B65F 5/00 (2006.01)

E04F 17/10 (2006.01)

B65G 53/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.06.2000 PCT/SE2000/01332**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.01.2001 WO01005684**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2000 E 00948434 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017 EP 1214260**

54 Título: **Control adaptativo basado en predicciones de un sistema de recogida de basura en vacío**

30 Prioridad:

16.07.1999 SE 9902719

29.12.1999 SE 9904830

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.03.2018

73 Titular/es:

**ENVAC AB (100.0%)
Flemmingatan 7, 3 tr
112 26 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**CEDERBORG, PER;
HYDEN, HANS;
JANKEVICS, VERNER y
NORLENIUS, KENT**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 659 366 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

Control adaptativo basado en predicciones de un sistema de recogida de basura en vacío

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere en general a un método para operar un sistema de recogida de basura en vacío, un sistema de recogida de basura en vacío, un sistema de control para controlar el vaciado de basura en un sistema de esta clase, así como el uso de un programa informático para controlar la operación de un sistema de recogida de basura en vacío según los preámbulos de las reivindicaciones 1, 12, 22 y 27, respectivamente.

Antecedentes

10 Los sistemas de recogida de basura que funcionan a presión subatmosférica o en vacío para el transporte de basura mediante succión de aire se han utilizado durante muchos años y son bien conocidos por presentar una solución eficaz, limpia y conveniente para el problema de la eliminación de basura. Tales sistemas para el transporte por succión de basura, en lo sucesivo denominados simplemente sistemas de recogida de basura en vacío, han funcionado notablemente bien en áreas de construcción residencial y de oficinas de tamaño pequeño y mediano. Sin embargo, a medida que los sistemas de recogida de basura en vacío se han puesto en servicio en áreas
15 residenciales y de oficinas más grandes y densas y/o en áreas con edificios de varios pisos de gran altura, han aumentado considerablemente las exigencias sobre los sistemas.

En particular, cuando los vertederos de basura se encuentran en edificios de gran altura, las cantidades de basura insertadas en los vertederos en un corto período de tiempo pueden ser muy grandes, y las cantidades de basura que se acumulan en los vertederos de basura pueden llegar a ser demasiado altas entre los vaciados periódicos de los
20 vertederos de basura.

Un enfoque común para reducir los problemas asociados con un flujo de entrada alto afluencia de basura en los vertederos de basura es aumentar la capacidad de almacenamiento temporal de al menos vertederos de basura específicos usados frecuentemente. Por ejemplo, nuestra solicitud internacional WO 98/47788 revela una válvula de limitación de basura dispuesta por encima de la válvula de descarga en el vertedero de basura para permitir el
25 almacenamiento de basura dentro del vertedero de basura encima de la válvula de limitación. Esta disposición ha resultado ser muy eficiente en muchas aplicaciones. Sin embargo, dado que el vertedero de basura mismo se usa como un volumen de almacenamiento para basura, existe el riesgo, especialmente en edificios de gran altura, de que el vertedero encima de la válvula de limitación se llene de basura hasta la primera lumbrera de acceso antes del próximo vaciado.

30 Asimismo, se han realizado diferentes intentos para proporcionar los denominados volúmenes de almacenamiento expandidos en al menos algunos de los vertederos de basura, por ejemplo como se describe en el documento SE-A-9900401. El volumen de almacenamiento expandido, normalmente en la forma de un contenedor con una sección transversal sustancialmente más grande que el vertedero de basura, se dispone en una posición por encima de la válvula de descarga, y permite el almacenamiento temporal de cantidades relativamente grandes de basura.

35 Otro enfoque común implica vaciar los vertederos de basura y recoger con mayor frecuencia la basura de las mismas, acortando así el ciclo de vaciado. Sin embargo, el control de la operación de los sistemas de recogida de basura actuales está lejos de estar optimizado a este respecto.

Se han realizado intentos para reducir los tiempos de vaciado y recogida al aumentar el vacío en las tuberías de transporte del sistema, pero desafortunadamente tal aumento del vacío aumentará el peligro de compactación
40 excesiva de la basura, dando como resultado un flujo de tapón que puede provocar bloqueo en las tuberías del sistema. Tal bloqueo puede incluso cerrar toda una tubería de ramal o tubería de transporte. Otro problema relacionado con el empleo de mayores niveles de vacío es el ruido que se genera por el flujo de aire resultante a través del vertedero de basura en relación con el vaciado. Además, los altos niveles de vacío pueden obligar a que las lumbreras de acceso abiertas se cierren rápidamente y atasquen e incluso dañen a una persona que está a
45 punto de descargar una bolsa de basura.

Más recientemente, se ha introducido el llamado vaciado controlado por niveles con el fin de optimizar el rendimiento de los sistemas de recogida de basura en vacío. En los sistemas de recogida de basura en vacío de controlado por niveles, cada vertedero de basura está provisto de un sensor de nivel discreto para indicar la existencia de basura apiladas hasta un nivel predeterminado en el vertedero de basura. Cuando la basura alcanza el nivel predefinido, el
50 sensor de nivel envía una señal de indicación de nivel al sistema de control. En el vaciado controlado por niveles, el sistema de control da mayor prioridad a los vertederos de basura con indicaciones de nivel, y vacía tales vertederos de basura sobre una base de "primero llegado, primero servido". De esta forma, el sistema de control puede cambiar el orden de vaciado estructurado predefinido utilizado normalmente por el sistema y dirigir la recogida de basura hacia los vertederos de basura con indicaciones de nivel.

55 El vaciado controlado por niveles convencional ha resultado ser efectivo en ciertas condiciones de carga en sistemas

más pequeños, lo que lleva a un mejor rendimiento del sistema. Sin embargo, en sistemas más grandes y complejos, el vaciado controlado por niveles tiende a tener un efecto opuesto, lo que lleva a saltos frecuentes entre los diferentes ramales del sistema y, por lo tanto, a un uso ineficiente de los recursos de recogida de basura disponibles.

5 El vaciado controlado por niveles convencional también es inflexible ya que una vez que los sensores de nivel se han dispuesto en los vertederos de basura, es difícil adaptar de forma flexible los niveles predefinidos para cambiar los márgenes temporales del sistema de recogida de basura en vacío y optimizar el funcionamiento del sistema. El nivel predefinido usado en el vaciado controlado por niveles convencional puede ser demasiado alto para evitar la sobrecarga de los vertederos de basura de carga alta en el sistema, mientras con una baja carga del sistema, el nivel predefinido puede ser demasiado bajo para una utilización óptima de los recursos.

Otra desventaja es que el principio de "el primero recibido, el primero servido" no tiene en cuenta las consecuencias del orden en el que se vacían los vertederos de basura. Por ejemplo, siempre existe el riesgo de sobrecargar un vertedero de basura en un área crítica que no está la primera en la cola de vaciado.

Técnica relacionada

15 La solicitud internacional WO-A-96/22238 revela una planta para recogida diferenciada de basura. La planta tiene una pluralidad de unidades de recogida, y cada unidad de recogida incluye una pluralidad de contenedores, una disposición para alimentar diferentes basuras a diferentes contenedores, y medios para detectar datos relevantes con respecto a la cantidad de basura dentro de cada contenedor. Los medios de detección de datos pueden tener la forma de un sensor para detectar el nivel de basura en el contenedor.

20 Compendio de la invención

Es un objeto general de la presente invención proporcionar un sistema de recogida de basura en vacío eficaz y fiable según la reivindicación 12, así como un método mejorado y expandible para operar tal sistema según la reivindicación 1.

25 En particular, es deseable optimizar el sistema de recogida de basura en vacío con respecto a la fiabilidad, la eficiencia global, el consumo de energía y otros costes operativos. A este respecto, es un objeto reducir el número total de aberturas de válvula de descarga por día, reduciendo el tiempo total de transporte y optimizando la capacidad de transporte y almacenamiento disponible, y al mismo tiempo minimizar posibles perturbaciones operativas.

30 Es otro objeto de la invención proporcionar un sistema de control mejorado para controlar el vaciado de basura desde vertedero de basura en un sistema de recogida de basura en vacío según la reivindicación 22.

Otro objeto más de la invención es proporcionar el uso de un programa informático para controlar el funcionamiento de un sistema de recogida de basura en vacío según la reivindicación 27, cuando dicho programa informático se ejecuta en un ordenador conectado operativamente al sistema.

35 La idea general según la invención es realizar, mediante un sistema indicador de nivel, mediciones consecutivas del nivel de basura en al menos un vertedero de basura y predecir adaptativamente, por un sistema de control, un valor futuro de al menos un parámetro operativo del sistema de recogida de basura en vacío basándose en una serie de mediciones. El valor predicho del(los) parámetro(s) operativo(s) se utiliza posteriormente para realizar un vaciado controlado del sistema de recogida de basura en vacío. Naturalmente, a medida que se realizan nuevas mediciones, se hacen nuevas predicciones para actualizar de manera adaptativa el valor predicho del(los) parámetro(s) operativo(s).

40 El procedimiento básico según la invención es predecir parámetros operativos que representan un momento futuro cuando se espera que el nivel de basura en un vertedero de basura exceda un nivel de umbral dado o un nivel probable de basura en el vertedero de basura en un momento futuro dado. Por ejemplo, es deseable predecir el momento óptimo para vaciar un vertedero de basura de modo que el vertedero de basura se vacíe en el momento correcto "exacto", no demasiado pronto cuando el vertedero de basura está lejos de estar lleno y no demasiado tarde cuando el riesgo de sobrecarga del vertedero es alto. Al predecir de forma adaptativa los valores futuros de estos parámetros operativos basándose en datos empíricos, en lugar de utilizar reglas generales simples y estáticas, la fiabilidad y eficiencia del sistema global de recogida de basura en vacío puede mejorarse sustancialmente. Los datos empíricos utilizados para realizar las predicciones se basan en mediciones frecuentes del nivel creciente de basura en el vertedero de basura. Normalmente, el período de muestreo es inferior a 1 minuto, y preferiblemente inferior a 15 segundos (por ejemplo, 10 segundos o incluso 1 segundo). Los datos empíricos se procesan ventajosamente por un ordenador u otro medio de procesamiento equivalente para estimar el valor predicho del(los) parámetro(s) operativo(s).

55 En comparación con el vaciado controlado por niveles convencional en el que los sensores discretos de nivel están dispuestos en una posición predeterminada en los vertederos de basura y simplemente indican la existencia de

basura apiladas sobre la posición predeterminada en el vertedero, la solución según la invención se abre a un control más seguro y fiable del sistema de recogida de basura.

5 Según una realización preferida de la invención, la predicción incluye un procedimiento basándose en gradiente para determinar de manera adaptativa una tasa de crecimiento de basura en un vertedero de basura, y basándose en la tasa de crecimiento determinada y en una medición del nivel real de basura en el vertedero de basura se realiza una extrapolación para estimar el valor predicho. Sin embargo, debe entenderse que se puede usar cualquiera de una serie de técnicas adecuadas tales como ajuste de curvas no lineales, filtrado adaptativo o equivalentes.

10 La solución anterior de control basado en predicciones ha resultado ser particularmente eficaz para sistemas más grandes y más complejos en los que los vertederos de basura se dividen en grupos y se vacían en grupo en lugar de al nivel de vertederos de basura individuales. De esta forma, se mejora aún más la utilización de los recursos disponibles del sistema de recogida de basura en vacío.

15 En la operación en grupo, los grupos se seleccionan normalmente para vaciarlos uno a uno, y el procedimiento de selección se basa en los valores predichos de los parámetros operativos del sistema de recogida de basura. Preferiblemente, el procedimiento de selección de grupo hace uso de las denominadas condiciones de vaciado, y se determina, para cada grupo, si la condición de vaciado para el grupo es o no válida se basándose en un subconjunto apropiado de los valores predichos. Los grupos con condiciones de vaciado válidas se pueden seleccionar para vaciar la basura. Para un rendimiento óptimo, cada grupo se asocia generalmente con un valor de prioridad, y se selecciona el grupo con el valor de mayor prioridad de entre los grupos con condiciones de vaciado válidas para el vaciado de basura. Hay diferentes formas de establecer los valores de prioridad, por ejemplo, considerando los
20 valores predichos y las consecuencias de sobrecargar los vertederos de basura.

Preferiblemente, el control basado en predicciones de los sistemas de recogida de basura en vacío se implementa en software como un producto de programa informático o equivalente, que cuando se carga en un ordenador, conectado operativamente a un sistema de recogida de basura, está activo para controlar el funcionamiento del sistema.

25 Se apreciarán otras ventajas ofrecidas por la presente invención tras la lectura de la siguiente descripción de las realizaciones de la invención.

Breve descripción de los dibujos

La invención, junto con otros objetos y ventajas de la misma, se comprenderá mejor por referencia a la siguiente descripción tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que:

30 La figura 1 es un dibujo esquemático de un ejemplo ilustrativo de un sistema de recogida de basura en vacío;

La figura 2 es un dibujo esquemático de un vertedero de basura ilustrativo equipado con un sensor de nivel;

La figura 3 es un gráfico esquemático que ilustra un ejemplo de cómo el nivel de basura en un vertedero de basura puede variar con el tiempo, e indica una predicción de un momento futuro cuando se espera que el nivel de basura exceda un nivel de umbral dado;

35 La figura 4 es un diagrama de flujo esquemático de un método basado en predicciones para operar un sistema de recogida de basura en vacío según una primera realización preferida de la invención;

La figura 5 es un diagrama esquemático de un sistema de control implementado por ordenador según una realización preferida de la invención; y

40 La figura 6 ilustra una vista lógica esquemática de un sistema ilustrativo de recogida de basura en vacío según la invención; y

La figura 7 es un diagrama de flujo esquemático de un método basado en predicciones para operar un sistema de recogida de basura en vacío según una segunda realización preferida de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones de la invención

45 A lo largo de los dibujos, se usarán los mismos caracteres de referencia para elementos correspondientes o similares.

Para evitar ideas erróneas, debe entenderse que el término "basura" no solo incluye lo que tradicionalmente se denomina "basura doméstica" o "residuos domésticos", sino que también incluye todas las fracciones dentro del campo de la eliminación de desechos como papel, tejidos, ropa, envases y desechos orgánicos.

Para una mejor comprensión de la invención, se hará ahora una descripción general de un sistema ilustrativo de

recogida de basura en vacío con referencia a la figura 1.

Descripción general del sistema

La figura 1 es un dibujo esquemático que ilustra un ejemplo de un sistema de recogida de basura en vacío. Como ejemplo, supóngase que el sistema de recogida de basura en vacío 1 está instalado en un área residencial y/o comercial que tiene una serie de edificios. Cada edificio 2 tiene instalado un vertedero de basura 3, o equivalente. En este ejemplo particular, los vertederos de basura son vertederos verticales que se extienden verticalmente a través de los edificios, y cada vertedero tiene normalmente varias aberturas de inserción con lumbreras de acceso correspondientes (no mostradas). Cada vertedero de basura está equipado con una válvula de descarga 4 que se puede abrir y cerrar, preferiblemente colocada en el sótano del edificio. Cuando se abre, la válvula de descarga 4 establece comunicación entre el vertedero de basura 3 y una tubería de transporte subterránea 5 para descargar la basura recogidas sobre la válvula en la tubería de transporte. Cuando se cierra, la válvula de descarga 4 bloquea el extremo inferior del vertedero de basura para proporcionar un sellado entre el vertedero y la tubería de transporte 5.

El sistema de recogida de basura en vacío incluye normalmente una serie de tuberías de transporte 5 que forman un sistema de tuberías de transporte subterráneo en el que la basura es transportada a un puesto central de recogida de basura 6 mediante succión de aire. El sistema de tuberías de transporte se ilustra con una tubería principal a la que se conectan varios ramales. Sin embargo, debe entenderse que la invención no está limitada a esto, y que también son factibles otras configuraciones del sistema de tuberías de transporte.

Cada ramal en el sistema tiene una válvula de entrada de aire 8 en el extremo del ramal. Cuando se abre la válvula principal 7 en el puesto de recogida de basura central 6, el sistema de tuberías de transporte o sus partes apropiadas se exponen a presión subatmosférica o presión de vacío, y cuando se abre la válvula de entrada de aire 8 de un ramal particular, el aire necesario para transportar la basura recogidas en la tubería de transporte de ramal 5 entra en el sistema y transporta la basura al puesto central 6. Las válvulas seccionadoras (no mostradas) se usan normalmente para sellar diferentes secciones del sistema de tuberías de transporte unas con otras con el fin de asegurar una presión suficiente en secciones individuales para un transporte de succión efectivo.

Además, el sistema de recogida de basura en vacío comprende un sistema de control 9 para el vaciado controlado de basura en el sistema. Más particularmente, el sistema de control controla el vaciado de basura desde los vertederos de basura al sistema de tuberías de transporte y el transporte de succión de basura desde diferentes ramales del sistema de tuberías de transporte al puesto de recogida central controlando las válvulas de descarga, válvulas de entrada de aire, válvulas seccionadoras y válvula principal del sistema según la tecnología de control aceptada.

La invención no se refiere al diseño específico de las válvulas de descarga, válvulas de entrada de aire, válvulas seccionadoras y válvulas principales, que son todas bien conocidas en la técnica y pueden ser de cualquier tipo convencional usado en sistemas de recogida de basura en vacío. De la misma manera, el puesto de recogida de basura central puede ser cualquier puesto convencional conocido en la técnica. En general, sin embargo, una vez que la basura ha sido transportada al puesto central, la basura se compacta en el puesto central y se almacena en contenedores.

La figura 2 ilustra un ejemplo de un vertedero de basura instalado en un edificio. El vertedero de basura 3 está instalado en un edificio 2 de manera convencional y está equipada con una válvula de descarga 4 que puede abrirse y cerrarse. La válvula de descarga 4 está situada preferentemente en el sótano del edificio y se utiliza para establecer comunicación entre el vertedero de basura 3 y una tubería de transporte subterránea 5. Además, el vertedero de basura 3 tiene un sistema indicador de nivel, que en este ejemplo particular incluye un sensor de nivel analógico 11 para medir el nivel de basura en el vertedero de basura 3. El sensor de nivel analógico 11, que puede tener la forma de un sensor ultrasónico o equivalente, se coloca normalmente en la pared del vertedero o en las proximidades de la misma, y genera información de señal representativa del nivel de basura en el vertedero 3. Como alternativa a un sensor de nivel analógico, se pueden utilizar una serie de sensores discretos de nivel colocados a lo largo de la altura del vertedero entre el sótano y el primer piso para proporcionar información sobre el nivel de basura en el vertedero de basura 3. Ejemplos de sensores discretos de nivel incluyen sensores de nivel mecánicos y sensores de nivel ópticos. También es posible medir el peso de la basura en el vertedero, y utilizar esta información como una medida del nivel de basura en el vertedero de basura.

Debe entenderse que normalmente existe una correspondencia directa entre el "nivel" de basura en un vertedero de basura y el volumen de basura en el vertedero. También es importante entender que, con respecto a la medición del nivel de basura, el término "vertedero de basura" no solo incluye los vertederos de basura estándares utilizados normalmente, sino también todo tipo de volúmenes de almacenamiento de basura, incluso volúmenes de almacenamiento expandidos que pueden tener la forma de contenedores con una sección transversal mayor que los propios vertederos de basura.

La información de señal generada por el sensor de nivel 11 se transfiere directamente o a través de una unidad de control distribuida 12 al sistema de control, y el sistema de control responde normalmente a la información de señal

de los sensores de nivel en una serie de vertederos de basura en el sistema de recogida de basura para realizar el vaciado controlado de la basura. La unidad de control distribuida 12 también se puede usar para enviar señales de control desde el sistema de control a la válvula de descarga 4.

5 La idea según la invención es realizar mediciones consecutivas frecuentes del nivel creciente de basura en al menos un vertedero de basura y predecir de forma adaptativa un valor futuro de al menos un parámetro operativo del sistema de recogida de basura en vacío basándose en todas las mediciones de nivel o en un subconjunto apropiado de las mismas.

10 Los sensores de nivel 11 dispuestos en los vertederos de basura relevantes proporcionan información continua sobre el nivel de basura en los vertederos, y al leer el nivel de basura de los sensores de nivel a una frecuencia de muestreo dada, tal como 0,1 o 1 Hz (correspondiente a un período de muestreo de 10 segundos y 1 segundo, respectivamente), se establece una buena base empírica para las predicciones. En general, los datos empíricos se procesan posteriormente por un ordenador u otro medio de procesamiento equivalente para determinar uno o más valores predichos. Realizar predicciones relevantes de valores futuros de los parámetros operativos basándose en datos empíricos, en lugar de utilizar reglas generales simples y estáticas, ayuda a aumentar la fiabilidad y eficiencia del sistema global de recogida de basura en vacío.

15 Según la invención, el valor predicho de al menos un parámetro operativo es un momento futuro cuando se espera que el nivel de basura en un vertedero de basura exceda un nivel de umbral dado, o un nivel esperado de basura en el vertedero de basura en un momento futuro dado. Un ejemplo básico es la predicción del tiempo óptimo para vaciar un vertedero de basura de modo que el vertedero de basura se vacíe en el momento correcto "exacto", ni demasiado temprano ni demasiado tarde (al leer el crecimiento del material en el vertedero es posible tomar una decisión del momento adecuado para vaciar). Normalmente, en comparación con un control de sistema convencional, esto significa que se puede reducir el número total de aberturas de una válvula de descarga por día en un sistema, al mismo tiempo que se reduce al mínimo el número de sobrecargas.

20 Para una mejor comprensión, comenzaremos describiendo el procedimiento de vaciado basado en predicciones con referencia al caso sencillo de un vertedero de basura individual, y más adelante se explicará el caso más complicado de vaciado basado en predicciones para grupos de vertederos de basura.

Vaciado basado en predicciones para un vertedero de basura individual

25 La figura 3 es un gráfico esquemático que ilustra un ejemplo de cómo el nivel de basura en un vertedero de basura puede variar con el tiempo e indica una predicción de un momento futuro cuando se espera que el nivel de basura exceda un nivel de umbral dado. El eje y es representativo del nivel de basura en un vertedero de basura según es detectado por un sensor de nivel dispuesto en el vertedero, y el eje x es representativo del tiempo. Preferiblemente, el sistema de control lee a intervalos regulares el sensor de nivel, por ejemplo una vez cada 10 segundos. Las mediciones de nivel discreto se indican en el gráfico de la figura 3 mediante cruces. El gráfico muestra generalmente cómo el nivel de basura aumenta con el tiempo, lo que indica un vaciado del vertedero de basura donde el nivel de basura desciende a cero y cómo el nivel de basura continúa creciendo después del vaciado.

30 Según la invención, las mediciones de nivel se usan para realizar predicciones, una de las cuales se indica mediante la línea punteada en la figura 3, de un momento futuro, T_{PRED} , cuando se espera que el nivel de basura exceda un nivel de umbral predeterminado de modo que pueda programarse el vertedero de basura para vaciarse en el momento correcto. Normalmente, se realiza una nueva predicción en cada muestra nueva, o al menos a intervalos regulares, de manera que los cambios en el valor predicho se puedan supervisar continuamente y, por lo tanto, el control se puede adaptar en consecuencia. Esto se conoce generalmente como predicción y control adaptativos. En primer lugar, el valor predicho puede indicar un cierto momento cuando se espera alcanzar el nivel de umbral, mientras que las predicciones posteriores que consideran mediciones más recientes pueden indicar que se espera que el nivel de basura alcance el nivel de umbral en un momento diferente. Se espera que las predicciones sean cada vez mejores a medida que el nivel de basura se acerque al nivel de umbral, pero es importante obtener una buena predicción lo antes posible para tener suficiente tiempo con el fin tomar las acciones de control necesarias.

Técnicas de predicción

35 Una técnica de predicción básica y robusta incluye el cálculo de la tasa de crecimiento de basura en el vertedero de basura en función de una serie de mediciones de nivel y la extrapolación de la curva de crecimiento utilizando una medición del nivel real y la tasa de crecimiento estimada. El nivel acumulado de basura, aquí expresado en términos de volumen, en un cierto momento, t , se puede definir generalmente de la siguiente manera:

$$V(t) = V(t_{inic}) + \int_{t_{inic}}^t (Q_i - Q_o) dt = \int_{t_{inic}}^t (dV / dt) dt \quad (1)$$

5 donde $V(t)$ es el volumen de basura en el tiempo t , $V(t_{\text{inic}})$ es el volumen inicial en el momento t_{inic} , Q_i es el flujo de entrada de basura y Q_o es el flujo de salida de basura. Es posible hacer una predicción o pronóstico del tiempo T_{PRED} cuando se alcanza un volumen de umbral dado V_{umbral} midiendo en el tiempo real t , el volumen $V(t)$ y estimando el desarrollo de la derivada dV/dt . La tasa de cambio del volumen viene dada por la diferencia entre el flujo de entrada Q_i , y el flujo de salida Q_o , y se representado por la pendiente de la curva en la figura 3.

Usando extrapolación lineal, el momento T_{PRED} cuando se espera alcanzar el volumen de umbral V_{umbral} viene dado por:

$$T_{\text{PRED}} = t + \frac{V_{\text{umbral}} - V(t)}{dV / dt} \quad (2)$$

10 Cuando se utiliza una solución numérica para el problema anterior, el valor de la derivada dV/dt que se va a utilizar en la ecuación (2) debe determinarse normalmente teniendo en cuenta un período de tiempo dado. La pendiente de la curva en la figura 3 varía normalmente con el tiempo, y se ha de determinar qué parte de la curva de medición, o la curva completa si corresponde, debe considerarse. Por esta razón, una técnica común es definir una ventana temporal, explícita o implícitamente.

15 Una estimación simple de la derivada dV/dt consiste en tomar la diferencia entre el valor de muestra más reciente del volumen y el primer valor de muestra del volumen dentro de la ventana temporal, y dividir esta diferencia por la duración de la ventana temporal. Aunque debería entenderse que esto da una estimación bastante aproximada de la derivada.

20 Un enfoque más elaborado implica estimar la derivada de V en cada tiempo de muestreo dentro del intervalo de tiempo dado y realizar un cálculo del promedio ponderado en función de las derivadas estimadas. En cada tiempo de muestreo t_x , el volumen $V(t_x)$ se lee del sensor de nivel, y se estima la derivada de V , es decir, $dV(t_x)/dt$. La derivada en cada tiempo de muestreo puede estimarse, por ejemplo, tomando la diferencia entre el volumen $V(t_x)$ en el tiempo de muestreo real t_x y el volumen $V(t_{x-1})$ en el tiempo de muestreo anterior t_{x-1} y dividir esta diferencia por el período de muestreo T :

$$dV(t_x) / dt \approx \frac{V(t_x) - V(t_{x-1})}{T} \quad (3)$$

25 Aquí se supone que la derivada es constante a lo largo del período de muestreo entre t_x y t_{x-1} . A continuación, el cálculo del promedio ponderado se realiza según la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \overline{dV / dt} = & \\ = & \frac{w_x \cdot \frac{V(t_x) - V(t_{x-1})}{T} + w_{x-1} \cdot \frac{V(t_{x-1}) - V(t_{x-2})}{T} + \dots + w_{x-(N-2)} \cdot \frac{V(t_{x-(N-2)}) - V(t_{x-(N-1)})}{T}}{N - 1} \end{aligned} \quad (4)$$

30 donde w denota los coeficientes de ponderación. De este modo, es posible establecer los coeficientes de ponderación para dar más peso relativo a las mediciones de crecimiento más recientes y menos peso a las mediciones de crecimiento anteriores dentro de la ventana temporal.

35 Normalmente, la ventana temporal a partir de la cual se usan las mediciones en el cálculo del promedio se mueve junto con las muestras nuevas y, en consecuencia, el proceso de promediado a veces se denomina proceso de media móvil. Si se consideran N muestras consecutivas de datos brutos del volumen, se usarán derivadas estimadas $(N-1)$ en el cálculo del promedio. En consecuencia, la ventana temporal se extenderá durante un período de tiempo de $(N-1) \cdot T$ unidades de tiempo, donde T es el período de muestreo. La ventana temporal real y el período de muestreo real que se van a usar dependen en gran medida de la aplicación específica y han de decidirse caso por caso. La duración de la ventana temporal tiene que adaptarse normalmente al tiempo de ciclo promedio del sistema de recogida de basura. Con un tiempo de ciclo promedio de 5-10 minutos, un ejemplo de una ventana temporal apropiada puede estar en el rango de 2 a 3 minutos.

40 Una técnica de promediado interesante es el algoritmo de media móvil geométrica, que tiene la propiedad de dar a la estimación más reciente el coeficiente de peso λ y todas las estimaciones previas de coeficientes de ponderación que van disminuyendo en progresión geométrica. El peso inicial λ a menudo se conoce como el llamado factor de

olvido, que determina cómo de rápido están disminuyendo los pesos y, por lo tanto, el número de estimaciones que el algoritmo realmente recuerda. Si, a modo de ejemplo, se quiere que un cierto número, K, de las estimaciones más recientes represente un cierto porcentaje P de la contribución total a la media móvil geométrica, debe usarse el siguiente factor de olvido λ :

$$\lambda(P,K) = 1 - e^{-\frac{\ln(100-P)}{K}} \quad (5)$$

5 Por supuesto, hay una serie de maneras alternativas de establecer los coeficientes de ponderación, así como técnicas de promediado alternativas.

Para obtener más información sobre métodos numéricos para diferenciación e integración, se hace referencia al libro "Modelado y Simulación en Ingeniería Química" de R.H.E. Franks, Wiley - Interscience, 1972 páginas 45-80.

10 **Gestión de variaciones de flujo rápido**

En algunas situaciones, especialmente en la transición a un período de carga alta o al comienzo de tal período en el que la tasa de crecimiento puede cambiar rápidamente, puede ser ventajoso comenzar con un valor preestablecido de la derivada y ajustar posteriormente este valor en función de las mediciones del nivel en tiempo real. De esta manera, se puede reducir o eliminar el riesgo de que el control basado en predicciones reaccione lentamente ante los rápidos cambios de la tasa de crecimiento. El valor preestablecido puede determinarse, por ejemplo, basándose en la experiencia o en mediciones estadísticas.

15 En un sistema de recogida de basura en operación, la derivada variará generalmente mucho durante el día, y las variaciones de flujo pueden ser rápidas y aleatorias, lo que lleva a una derivada inestable. Al filtrar las estimaciones derivadas calculadas, se puede cooperar con variaciones de flujo rápidas, aleatorias y transitorias, reduciendo así el riesgo de que el sistema de control reaccione de forma exagerada en respuesta a tales variaciones de flujo. Aun así, es necesario tener un sistema de control lo suficientemente sensible como para responder a cambios sustanciales en el flujo de entrada de basura. El promediado, como se describió anteriormente, es una forma de filtrado que en la mayoría de las aplicaciones dará resultados satisfactorios. También es posible utilizar un filtro digital, como un filtro de primer orden, correspondiente a los cálculos de tiempo promedio, o un filtro de orden superior más avanzado.

25 Un análisis más exhaustivo de las variaciones de flujo de basura durante el día puede proporcionar información con el fin de optimizar el rendimiento del filtro o promediado para diferentes períodos de carga. Mediante mediciones estadísticas de los niveles de basura durante un número de días, se puede definir un número de diferentes períodos de flujo de entrada característicos durante un día ordinario, considerando la dinámica del flujo de entrada. El modelo para la predicción en general, y la estimación de la función derivada, en particular, se puede adaptar posteriormente de manera flexible al carácter del flujo de entrada, por ejemplo, ajustando las características del filtro y configurando diferentes valores de ajuste para los parámetros de filtro según el período del día. También es posible continuar la recopilación de información estadística durante la operación posterior, y adaptar los períodos de tiempo y los parámetros de filtro correspondientes a medida que se actualizan las estadísticas.

30 La predicción basándose en la determinación de la tasa de crecimiento es una técnica básica y robusta con muchas ventajas. Sin embargo, debería entenderse que la invención no se limita a esto, y que la predicción puede lograrse mediante cualquiera de una serie de técnicas alternativas. Por ejemplo, puede hacerse la predicción realizando una extrapolación basándose en polinomios u otros ajustes de curvas no lineales. Otro ejemplo implica la predicción por medio del filtrado adaptativo, donde se controlan los coeficientes dependientes del tiempo de un filtro adaptativo usando un método de promedio de mínimos cuadrados (LMS) o equivalente.

35 Para resumir los principales aspectos discutidos anteriormente, ahora se hace referencia a la figura 4, que es un diagrama de flujo sencillo y esquemático de un método basado en predicciones para operar un sistema de recogida de basura en vacío según una primera realización preferida de la invención. El nivel de basura en una o más vertederos de basura se mide mediante un sensor de nivel dispuesto en el(los) vertedero(s), y el sistema de control normalmente lee la información de nivel según una frecuencia de muestreo dada. En el paso 21, el sistema de control lee el nivel real de basura con motivo del muestreo actual. A continuación, en el paso 22, la tasa de crecimiento se determina usando una ventana temporal dada. En el paso 23, la tasa de crecimiento determinada y el nivel de basura leído en el paso 21 se usan en un procedimiento de extrapolación para realizar una predicción del momento futuro en el que se espera que el nivel de basura exceda un nivel de umbral dado. La predicción temporal, normalmente ajustada en parte usando un margen de seguridad, es utilizada posteriormente por el sistema de control en el paso 24 para determinar cuándo colocar en cola el vertedero de basura para su vaciado, considerando tiempos de vaciado y recogida de basura de otros vertederos de basura en la cola de vaciado.

Controlar el procedimiento de vaciado basándose en las predicciones

Desde un punto de vista práctico, es deseable asegurarse de que los vertederos de basura se vacíen con

volúmenes de almacenamiento relativamente bien cargados, al mismo tiempo que se evitan las sobrecargas. Hay varias formas de asegurar esto y, a continuación, se explicará brevemente un ejemplo ilustrativo de cómo utilizar el valor predicho en el control del sistema de recogida de basura según una realización preferida de la invención.

- 5 En este ejemplo particular, dos condiciones de vaciado independientes se verifican en puntos de decisión regulares para determinar si colocar en cola el vertedero de basura para el vaciado. Suponiendo que se toma una decisión en el momento t_x , cuando el volumen de basura en el vertedero de basura es V_x , se puede definir una primera condición de vaciado para el vertedero de basura de la siguiente manera:

SI $t_x > k_1 \cdot T_{\text{PRED}}$ SE CUMPLE ENTONCES CONDICIÓN DE VACIADO 1; EN CASO CONTRARIO IR A CONDICIÓN DE VACIADO 2. (5)

- 10 La primera condición se puede considerar como una solución de seguridad que garantiza que el vertedero de basura se coloca en la cola de vaciado un cierto tiempo antes de vencer el tiempo predicho. Si este tiempo se minimiza estableciendo un valor alto para la constante k_1 , se acepta un riesgo relativamente alto de sobrecarga y, a la inversa, al establecer un valor bajo para k_1 el margen de seguridad aumentará. Por ejemplo, k_1 puede establecerse en 0,9.

- 15 Se puede utilizar una segunda condición de vaciado para determinar si vale la pena vaciar el vertedero de basura, o, en otras palabras, si es aceptable vaciar el vertedero de basura considerando el nivel de basura y la tasa de crecimiento de basura.

SI $(V_x/V_{\text{max}}) > k_2$, Y $(T_{\text{PRED}} - t_x) < k_3 \cdot \text{MTBE}$ LUEGO SE CUMPLE CONDICIÓN DE VACIADO 2, (6)

- 20 donde se determina un tiempo medio entre vaciados, MTBE, para el vertedero de basura como un valor promedio ponderado de los ciclos de vaciado anteriores, y los tiempos se toman con referencia a un punto cero común, que se define como el vaciado más reciente del vertedero de basura. Por ejemplo, k_2 puede establecerse en 0,6. Esto significa que, si el volumen V_x ha alcanzado el 60% del volumen máximo permitido V_{max} , se cumple la primera parte de la segunda condición de vaciado. La segunda parte de la condición de vaciado se basa en una comparación con el tiempo de ciclo posible, MTBE, para el vertedero de basura. Si la tasa de crecimiento es lenta con respecto a la estimación de MTBE, no se considera que merezca la pena vaciar el vertedero de basura y no se cumplirá la segunda parte de la condición de vaciado. Por otro lado, si la tasa de crecimiento es más rápida, se puede considerar que vale la pena vaciar el vertedero de basura. Al manipular el valor de k_3 , es posible establecer diferentes condiciones de tiempo para cumplir la segunda condición de vaciado si ya se ha cumplido la primera parte de la condición de vaciado. Por ejemplo, k_3 puede establecerse en 1,5.

- 30 Si las predicciones posteriores indican que las predicciones anteriores eran imprecisas y que el vertedero de basura se puede vaciar en un momento posterior, puede retirarse momentáneamente de la cola el vertedero de basura.

El uso de márgenes de seguridad en los cálculos debe estar bien organizado para un buen control y con la finalidad de obtener resultados que no sean relativamente ambiguos.

- 35 La secuencia de pasos anterior puede realizarse por un ordenador ejecutando elementos del programa tales como funciones, procedimientos o equivalentes. Estos elementos del programa pueden estar escritos en un lenguaje de programación funcional, un lenguaje de programación orientado a objetos o cualquier otro lenguaje de programación adecuado. Preferiblemente, se usa un lenguaje orientado a objetos tal como Java o C++.

El sistema de recogida de basura está controlado preferiblemente por un sistema de control implementado por ordenador, que tiene funciones para supervisar y controlar el sistema de recogida de basura.

- 40 Descripción general del sistema de control

- La figura 5 es un dibujo esquemático de un sistema de control implementado por ordenador según una realización preferida de la invención. El sistema de control comprende básicamente un ordenador o sistema de procesador en el cual se están ejecutando uno o más programas de ordenador para realizar las funciones de supervisión y control del sistema de recogida de basura. El sistema de control basado en ordenador incluye una CPU 31 o equivalente, una memoria principal 32, una interfaz de señal convencional 33 y una interfaz de usuario convencional 34. La memoria principal 32 tiene un almacén de programas 35 para programas informáticos 36 y un almacén de datos 37 para datos. El sistema de control está conectado a los otros componentes del sistema de recogida de basura mediante enlaces de comunicación convencionales y el sistema de control utiliza la interfaz de señal 33 para recibir información de señal del sistema de recogida de basura y para enviar señales de control a válvulas de descarga, válvulas de entrada de aire, válvulas seccionadoras y la válvula principal del sistema de recogida de basura. En particular, la interfaz de señal 33 se usa para recibir información de nivel de uno o más sensores de nivel en el sistema de recogida de basura. Esta información de nivel se procesa luego por el(los) programa(s) informático(s) 36 que se ejecutan en el sistema informático, y así se ejecuta el control basado en predicciones, por ejemplo como se describió anteriormente con referencia a las figuras 3 y 4, lo que da como resultado que se envíen señales de control apropiadas a las válvulas de descarga, válvulas de entrada de aire y válvula principal pertinentes para efectuar el

vaciado controlado y la recogida de basura.

Vaciado basado en predicciones para grupos de vertederos de basura

El control basado en predicciones ha resultado ser particularmente eficaz para sistemas de recogida de basura en vacío más grandes y complejos en los que los vertederos de basura se dividen en grupos y se vacían en grupo en lugar de al nivel de los vertederos de basura individuales. En general, unas válvulas de descarga y, por lo tanto, los vertederos de basura correspondientes, se dividen en grupos y se realiza un vaciado controlado de la basura abriendo válvulas de descarga de modo grupal. Al abrir las válvulas de descarga de modo grupal, la basura procedente de un grupo de vertederos de basura se junta y se transporta colectivamente al puesto central. De esta forma, el problema con saltos frecuentes entre diferentes ramales se reduce enormemente y se mejora sustancialmente la utilización de los recursos disponibles en el sistema de recogida de basura en vacío. Además, el flujo de entrada total de basura hacia un grupo completo, así como la capacidad total del grupo pueden tenerse en cuenta en el vaciado controlado de la basura presentes en el sistema.

Ahora se hará referencia a la figura 6, que es una vista lógica esquemática de un sistema ilustrativo de recogida de basura en vacío en el que las válvulas de descarga se han dividido en grupos. La vista lógica de la figura 6 incluye representaciones de un puesto de recogida de basura central RCS, un sistema de tuberías de transporte con forma de una red de tuberías de transporte, válvulas de descarga/vertedero de basura DV/RCH, válvulas seccionadoras SE1-SE2 y válvulas de entrada de aire AV1 -AV8.

Como se muestra en la figura 6, las válvulas de descarga están divididas en grupos G1-G5. Sin embargo, debe entenderse que la partición mostrada en la figura 6 es simplemente un ejemplo, y que también son factibles otras formas de dividir en grupos las válvulas de descarga. Los grupos generalmente se definen en función de la estructura del sistema de recogida de basura en vacío y de los requisitos particulares que se están solicitando al sistema.

Los grupos normalmente se configuran por el administrador del sistema en un menú especial de definición de grupo. En el menú de definición de grupo, el administrador define las válvulas de entrada de aire y las válvulas de descarga que pertenecen a cada grupo. Un ejemplo de un menú de definición de grupo relacionado con la figura 6 se da a continuación en la Tabla I.

Tabla I

AV \ DV	1	2	3	4	5	6	7	8
1	G1	G2	G3	G4	G4	G4	G5	G5
2	G1	G2	G3	G4	G4	G4	G5	G5
3	G1	G2	G3	G4	G4	G4	G5	G5
4	G1		G3	G4	G4	G4		G5
5	G1		G3	G4		G4		G5
6				G4				G5

En el ejemplo dado en la anterior Tabla I, se puede ver que se han definido los siguientes grupos:

- Todos los DV en AV1 pertenecen al grupo G1.
- Todos los DV en AV2 pertenecen al grupo G2.
- Todos los DV en AV3 pertenecen al grupo G3.
- Todos los DV en AV4-6 pertenecen al grupo G4.
- Todos los DV en AV7-8 pertenecen al grupo G5.

Según una segunda realización preferida de la invención, el sistema de control realiza predicciones basándose en información de señal representativa del nivel de basura de los sensores de nivel dispuestos en una serie de

5 vertederos de basura en el sistema, y selecciona los grupos para vaciarlos de uno en uno basándose en los valores predichos. El mecanismo de selección requiere normalmente el uso de condiciones de vaciado grupales, dándose una condición de vaciado predeterminada para cada grupo. Es posible combinar condiciones de vaciado utilizadas para los vertederos de basura individuales, por ejemplo como se indica en las expresiones anteriores (5) y (6) con condiciones de vaciado para grupos enteros. A modo de ejemplo, si se cumplen las condiciones de vaciado para un número predeterminado de vertederos de basura individuales dentro de un grupo, se puede considerar que se cumple la condición de vaciado grupal.

10 Alternativamente, como una variación, la condición de vaciado para cada grupo puede basarse en el número de vertederos de basura dentro del grupo que, según las predicciones, se espera que se llenen dentro del presente o posiblemente el siguiente ciclo de vaciado. En este caso, normalmente es suficiente si se espera que un solo vertedero de basura se llene para programar el vaciado del grupo. Sin embargo, también es posible considerar la capacidad de almacenamiento global dentro de un grupo, tal como cuando se llena una de una pluralidad de vertederos de basura adyacentes y los usuarios pueden simplemente dirigirse a otro vertedero de basura vecino. En ese caso, la condición de vaciado incluirá normalmente más de un vertedero de basura. Las condiciones de vaciado se configuran normalmente por el administrador del sistema.

20 Para una mejor comprensión de este aspecto de la invención, ahora se hará referencia al diagrama de flujo esquemático de la figura 7, que es un diagrama de flujo esquemático de un método basado en predicciones para operar un sistema de recogida de basura según una segunda realización preferida de la invención. La invención, por supuesto, no se limita a la realización de la figura 7, que simplemente representa un ejemplo ilustrativo de cómo implementar las ideas según la invención.

El método se implementa preferiblemente en software, el cual cuando se ejecuta en un ordenador hace que el ordenador realice los pasos, funciones y acciones definidas en el diagrama de flujo de la figura 7.

25 Como se mencionó anteriormente, el nivel de basura en un número de vertederos de basura se mide mediante sensores de nivel respectivos dispuestos en los vertederos, y la información de nivel generada normalmente es leída por el sistema de control según una frecuencia de muestreo dada. Los grupos se verifican uno por uno a intervalos de decisión regulares para determinar si se colocan o no en cola los grupos para vaciarlos.

Para cada vertedero de basura dentro de un grupo verificado, el sistema de control lee el nivel real de basura en el paso 41 en la presente ocasión de muestreo.

30 En el paso 42, se determina la tasa de crecimiento para cada uno de los vertederos de basura basándose en una serie de mediciones de nivel previas, por ejemplo como se describe con referencia a la figura 3.

35 En el paso 43, para cada uno de los vertederos de basura dentro del grupo verificado, la tasa de crecimiento determinada y el nivel real de basura se utilizan en un procedimiento de extrapolación para realizar una predicción del nivel probable de basura en un momento futuro del tiempo. Preferiblemente, el momento futuro dado es el tiempo esperado para el siguiente vaciado del vertedero de basura. El intervalo de tiempo entre dos vaciados consecutivos normalmente se denomina tiempo de ciclo de vaciado, y puede variar desde un vertedero de basura a otro vertedero de basura y también puede variar durante el día. El tiempo esperado para el próximo vaciado se estima normalmente promediando el tiempo de ciclo durante diferentes períodos de carga para todas o varias de los vertederos de basura en el sistema de recogida de basura en vacío, considerando un margen de seguridad tal como un 5%-10% del valor promedio.

40 En aplicaciones en las que el tiempo del ciclo de vaciado difiere significativamente entre diferentes vertederos de basura, se puede determinar un tiempo de ciclo promedio individual para cada vertedero de basura registrando continuamente el tiempo de ciclo para los vertederos de basura relevantes y calculando en cada ciclo nuevos valores promedios para los tiempos de ciclo individuales.

45 En el paso 44, para cada uno de los vertederos de basura en el grupo verificado, el nivel predicho esperado en el próximo vaciado se compara entonces con un nivel de umbral máximo permitido y considerando la condición de vaciado particular dada para el grupo que se está verificando, se decide si coloca en cola el grupo para su vaciado.

50 Si el número de vertederos de basura predicho como lleno en el próximo vaciado es menor que el número dado por la condición de vaciado, el procedimiento continúa con el siguiente grupo, como se indica en el paso 45. En la práctica, esto normalmente significa que el volumen restante en los vertederos de basura es suficiente para contener la basura acumulada para otro "ciclo".

55 Por otro lado, si el número de vertederos de basura predicho como lleno en el siguiente vaciado es igual o mayor que el número dado por la condición de vaciado, el grupo se colocará en la cola de vaciado, como se indica en el paso 46. Los vertederos de basura dentro de un grupo colocado en la cola de vaciado se vaciarán tan pronto como el grupo llegue a la cabeza de la cola. Cuando llega el momento del vaciado real, el sistema de control envía las señales de control apropiadas a la válvula principal, la(s) respectiva(s) válvula(s) de entrada de aire y las válvulas de

descarga para iniciar la apertura y recogida de basura del grupo.

Es una clara ventaja tener la posibilidad de eliminar grupos de la cola de vaciado si las predicciones posteriores indican que el grupo realmente puede esperar otro ciclo de vaciado.

5 Además, resultó ventajoso asociar a cada grupo con un valor de prioridad que considera la importancia de vaciar la basura del grupo. El administrador del sistema puede determinar el valor de prioridad para cada grupo en función, por ejemplo, de la capacidad de almacenamiento en los vertederos de basura del grupo, del flujo de entrada, medido o presumible, de basura en el grupo, la sensibilidad a la sobrecarga o la disponibilidad del servicio. Para garantizar que se vacíen finalmente todos los grupos, el sistema de control puede aumentar el factor de prioridad para cada grupo no seleccionado que tiene una condición de vaciado válida a medida que pasa el tiempo.

10 Preferiblemente, sin embargo, se tiene en cuenta la tasa de crecimiento, junto con una consideración de las consecuencias de la sobrecarga, al establecer los valores de prioridad. Por ejemplo, si el volumen predicho en el momento futuro dado para un vertedero de basura excede por mucho el volumen máximo permitido, se le da un valor de prioridad relativamente alto al grupo correspondiente, mientras que si el volumen predicho sólo excede el volumen máximo por poco se le da un valor de prioridad relativamente bajo al grupo. En este último caso, se le puede dar un valor de prioridad más alto al grupo si las consecuencias por sobrecarga son graves.

15 Cuando se usan condiciones de vaciado, la función de selección de grupo sigue los principios generales que se detallan a continuación. Si la función de prioridad está desactivada, los grupos con condiciones de vaciado válidas son programados para vaciar la basura en un orden estructurado. Si la función de prioridad está habilitada, se selecciona el grupo que tiene el valor de prioridad más alto de entre los grupos con condiciones de vaciado válidas para el vaciado y la recogida de basura. Si varios grupos tienen el mismo valor de prioridad, se selecciona uno de los grupos según un orden de grupo predeterminado.

20 Las válvulas de descarga dentro de un grupo seleccionado se abren preferiblemente siguiendo un orden estructurado, una por una, según una secuencia predefinida. Mediante esta técnica, se puede combinar el vaciado estructurado (dentro del grupo seleccionado) y el vaciado basado en predicciones de nivel. Aunque debe entenderse que no es necesario abrir todas las válvulas de descarga en un grupo seleccionado.

25 También debe entenderse que el sistema de control puede operar en modos diferentes, y que el administrador puede usar un menú de programación temporal cuando se deban permitir los diferentes modos según los supuestos patrones y volúmenes de vertido durante un día. Un ejemplo de tal menú de programación temporal se muestra a continuación en la Tabla II.

30 Tabla II

Comienzo	Parada	Modo	Prioridad	Día	Fracción
07:00	10:00	Modo de carga alta	-	Todos los días	Entera
10:00	17:00	Modo de carga baja	Deshabilitada	Todos los días	P
17:00	23:00	Modo de carga alta	Habilitada	Todos los días	R
23:00		Modo estructurado	-	Todos los días	R

35 En este ejemplo particular, se usan tres modos de operación. Dos de los modos de operación, modo de carga baja y modo de carga alta, están relacionados con períodos de carga, mientras que el tercer modo de operación, denominado modo estructurado, implica un vaciado determinístico de los vertederos de basura según un orden predeterminado sin ninguna consideración de carga. Como se puede ver, el sistema funciona en modo de carga baja y modo de carga alta durante diferentes períodos del día. En el ejemplo indicado en la anterior Tabla II, el control basado en predicciones se aplica ventajosamente durante el modo de carga alta, aunque nada impide que la técnica de predicción se use a lo largo del día. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que normalmente es ventajoso incluir una recogida estructurada de basura final al término de cada día. En el modo estructurado, el sistema de control pasa por los grupos uno por uno según un orden predeterminado. Por ejemplo, al apagar el sistema al final de un día, la operación de grupo puede desactivarse y, en su lugar, se vacían todas los vertederos y tuberías de transporte en un orden estructurado y predeterminado. En este ejemplo, una recogida estructurada final de basura de todos los vertederos de basura y tuberías del sistema se realiza a las 23:00. Después de eso, el sistema se detiene y se

apaga durante la noche.

Naturalmente, la programación temporal puede cambiarse fácilmente para la optimización del rendimiento o para adaptar el sistema a los patrones modificados de vertido de basura.

5 También es posible que el administrador asocie los grupos con diferentes fracciones, tal como basura doméstica y papel.

10 El sistema de recogida de basura en vacío según la invención es capaz de manejar grandes cantidades de basura por vertedero de basura, así como también un mayor número de vertederos de basura conectadas al sistema. Esto hace que el sistema sea especialmente apropiado para su uso en áreas con edificios de gran altura y con muchos edificios conectados al mismo sistema o en sistemas de basura aeroportuarios más grandes. Debe entenderse que, aunque personalizado para aplicaciones complejas de carga alta, el sistema según la invención se puede usar en todo tipo de aplicaciones de ARCS (sistema automático de recogida de basura).

15 Las realizaciones descritas anteriormente se ofrecen meramente como ejemplos, y debe entenderse que la presente invención no se limita a ellas. Modificaciones, cambios y mejoras adicionales que retienen los principios básicos subyacentes revelados y reivindicados en este documento están dentro del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para operar un sistema de recogida de basura en vacío (1), en el que dicho sistema de recogida de basura en vacío (1) comprende un puesto de recogida de basura (6), un sistema de tuberías de transporte (5) para el transporte de basura al puesto de recogida (6), una serie de vertederos de basura (3) conectados al sistema de tuberías de transporte (5) a través de válvulas de descarga respectivas (4), estableciéndose comunicación entre un vertedero de basura (3) y el sistema de tuberías de transporte (5) al abrir la válvula de descarga (4) del vertedero de basura (3), **caracterizado** por que dicho método comprende los pasos de:
- 5 realizar, mediante un sistema indicador de nivel (11), mediciones consecutivas del nivel de basura en al menos un vertedero de basura (3) dispuesto en el sistema de recogida de basura en vacío (1);
- 10 predecir de forma adaptativa, mediante un sistema de control (9), un valor futuro de al menos un parámetro operativo de dicho sistema de recogida de basura de vacío (1) basándose en una serie de dichas mediciones consecutivas, en donde dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo representa un momento futuro cuando se espera que el nivel de basura exceda un nivel de umbral dado o un nivel probable de basura en el vertedero de basura (3) en un momento futuro dado; y
- 15 controlar, mediante dicho sistema de control (9), el vaciado de basura en dicho sistema de recogida de basura en vacío (1) basándose en dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo.
2. El método según la reivindicación 1, **caracterizado** por que el período entre dichas mediciones consecutivas es menor que 1 minuto, preferiblemente menor que 15 segundos, y dicho paso de predicción incluye procesamiento basado en ordenador de mediciones de nivel consecutivas para predecir de forma adaptativa dicho valor futuro de dicho al menos un parámetro operativo.
- 20 3. El método según la reivindicación 1, **caracterizado** por que dicho método comprende además los pasos de:
- definir una serie de diferentes períodos de flujo de entrada característicos durante un día basándose en mediciones estadísticas de los niveles de basura durante una serie de días; y
- adaptar el modelo para predecir dicho valor futuro en función del período de flujo de entrada.
- 25 4. El método según la reivindicación 1, **caracterizado** por que dicho paso de predicción incluye los pasos de:
- determinar una tasa de crecimiento de basura en un vertedero de basura (3) basándose en una serie de dichas mediciones consecutivas;
- realizar una extrapolación basándose en una medición del nivel real de basura en el vertedero de basura (3) y la tasa de crecimiento determinada para estimar dicho valor predicho; y
- 30 repetir los pasos para determinar una tasa de crecimiento y realizar una extrapolación a medida que se realizan nuevas mediciones con el fin de permitir una predicción adaptativa.
5. El método según la reivindicación 4, **caracterizado** por que dicho paso de determinar una tasa de crecimiento incluye un cálculo del promedio de la tasa de crecimiento usando una ventana temporal para tener en cuenta un subconjunto apropiado de dichas mediciones de nivel de basura.
- 35 6. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** por que dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo representa un momento futuro cuando se espera que el nivel de basura en un vertedero de basura (3) exceda un nivel de umbral dado, y dicho paso de controlar el vaciado de basura incluye el paso de comparar dicho valor predicho con una estimación del tiempo esperado para el próximo vaciado del vertedero de basura (3) con el fin de decidir si colocar en cola el vertedero de basura (3) para su vaciado.
- 40 7. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** por que dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo representa el nivel probable de basura en un vertedero de basura (3) en el momento esperado para el próximo vaciado del vertedero de basura (3),
- y dicho paso de controlar el vaciado de basura incluye el paso de comparar dicho valor predicho con un nivel de umbral dado para decidir si colocar en cola el vertedero de basura (3) para su vaciado.
- 45 8. El método según la reivindicación 6 o 7, **caracterizado** por que dicho tiempo esperado para el siguiente vaciado de un vertedero de basura (3) se estima basándose en un tiempo de ciclo de vaciado medio para un número de vertederos de basura (3) del sistema de recogida de basura en vacío (1).
9. El método según la reivindicación 1, **caracterizado** por que dicho método comprende además los pasos de:

dividir válvulas de descarga (4) en grupos para el vaciado controlado de basura; y

seleccionar los grupos uno a uno para vaciar la basura, abriendo válvulas de descarga (4) dentro de un grupo seleccionado, basándose dicha selección en condiciones de vaciado para los grupos de tal manera que grupos con condiciones de vaciado válidas puedan seleccionarse para vaciar la basura; y

- 5 determinar, para cada grupo de válvulas de descarga (4), si la condición de vaciado para el grupo es o no válida basándose en dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo.

10. El método según la reivindicación 9, **caracterizado** por que dicho método comprende además el paso de asociar cada grupo con un valor de prioridad, seleccionándose para el vaciado de basura el grupo que tiene el valor de prioridad más alto de entre los grupos con condiciones de vaciado válidas.

- 10 11. El método según la reivindicación 10, **caracterizado** por que el valor de prioridad de un grupo se determina basándose en dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo y las consecuencias de no vaciar el(los) vertedero(s) de basura del grupo.

- 15 12. Un sistema de recogida de basura en vacío (1) que comprende un puesto de recogida de basura (6), un sistema de tuberías de transporte (5) para el transporte de basura al puesto de recogida (6), una serie de vertederos de basura (3) conectados al sistema de tuberías de transporte (5) a través de válvulas respectivas de descarga (4), estableciéndose comunicación entre un vertedero de basura (3) y el sistema de tuberías de transporte (5) al abrir la válvula de descarga (4) del vertedero de basura (3), **caracterizado** por que dicho sistema (1) comprende además:

medios (11) para realizar mediciones consecutivas del nivel de basura en al menos uno de dichos vertederos de basura (3);

- 20 un sistema de control (9) para realizar una predicción adaptativa de un valor futuro de al menos un parámetro operativo de dicho sistema de recogida de basura en vacío (1) basándose en una serie de dichas mediciones consecutivas, en las que dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo representa un momento futuro cuando se espera que el nivel de basura exceda un nivel de umbral dado o un nivel probable de basura en el vertedero de basura (3) en un momento futuro dado; y

- 25 dicho sistema de control (9) está configurado además para controlar el vaciado de basura en dicho sistema de recogida de basura en vacío (1) basándose en dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo.

- 30 13. El sistema de recogida de basura en vacío (1) según la reivindicación 12, **caracterizado** por que el período entre dichas mediciones consecutivas es menor que 1 minuto, preferiblemente menor que 15 segundos, y dicho sistema de control (9) es un sistema de control basado en ordenador para el procesamiento de mediciones de nivel consecutivas con el fin de predecir de manera adaptativa dicho valor futuro de dicho al menos un parámetro operativo.

- 35 14. El sistema de recogida de basura en vacío (1) según la reivindicación 12 o 13, **caracterizado** por que dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo representa una estimación de cuándo se espera que el nivel de basura en un vertedero de basura (3) exceda un nivel dado, y dicho sistema de control (9) para controlar el vaciado de basura incluye medios para determinar cuándo colocar en cola el vertedero de basura (3) para el vaciado basándose en dicha estimación.

15. El sistema de recogida de basura en vacío (1) según la reivindicación 12, **caracterizado** por que dicho sistema de control (9) incluye:

- 40 medios para determinar una tasa de crecimiento de basura en un vertedero de basura (3) basándose en una serie de dichas mediciones consecutivas; y

medios para realizar una extrapolación basándose en una medición del nivel real de basura en el vertedero de basura (3) y la tasa de crecimiento determinada para estimar dicho valor predicho.

- 45 16. El sistema de recogida de basura en vacío (1) según cualquiera de las reivindicaciones 12-15, **caracterizado** por que dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo representa un momento futuro cuando se espera que el nivel de basura en un vertedero de basura (3) exceda un nivel de umbral dado, y dicho sistema de control (9) para controlar el vaciado de basura incluye medios para comparar dicho valor predicho con una estimación del tiempo esperado para el próximo vaciado del vertedero de basura (3) con el fin de decidir si colocar en cola el vertedero de basura (3) para su vaciado.

- 50 17. El sistema de recogida de basura en vacío (1) según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15, **caracterizado** por que dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo representa el nivel probable de basura en un vertedero de basura (3) en el momento esperado para el próximo vaciado del vertedero de basura (3),

y dichos medios para efectuar un vaciado controlado de la basura incluyen medios para comparar dicho valor predicho con un nivel de umbral dado para decidir si colocar en cola el vertedero de basura (3) para su vaciado.

5 18. El sistema de recogida de basura en vacío (1) según la reivindicación 16 o 17, **caracterizado** por que dicho sistema (1) comprende además medios para estimar dicho tiempo esperado para el siguiente vaciado de un vertedero de basura (3) basándose en un tiempo de ciclo de vaciado medio para una serie de vertederos de basura (3) del sistema de recogida de basura en vacío (1).

19. El sistema de recogida de basura en vacío (1) según la reivindicación 12, **caracterizado** por que dicho sistema de control (9) para controlar el vaciado de basura comprende:

medios para definir grupos de válvulas de descarga (4) para el vaciado controlado de basura; y

10 medios para seleccionar uno a uno los grupos para el vaciado de basura, abriendo una o más válvulas de descarga (4) dentro de un grupo seleccionado, basándose dicha selección en unas condiciones de vaciado para los grupos de tal manera que los grupos con condiciones de vaciado válidas puedan seleccionarse para el vaciado de basura; y

medios para determinar, para cada grupo de válvulas de descarga (4), si la condición de vaciado para el grupo es o no válida basándose en dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo.

15 20. El sistema de recogida de basura en vacío (1) según la reivindicación 19, **caracterizado** por que dicho sistema de control (9) para controlar el vaciado de basura comprende además medios para asociar cada grupo con un valor de prioridad, seleccionándose por dichos medios de selección para el vaciado de basura el grupo que tiene el valor de mayor prioridad de entre los grupos con condiciones de vaciado válidas.

20 21. El sistema de recogida de basura en vacío (1) según la reivindicación 20, **caracterizado** por que el valor de prioridad de un grupo se determina basándose en dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo y las consecuencias de no vaciar el(los) vertedero(s) de basuras (3) del grupo.

25 22. Un sistema de control (9) para controlar el vaciado de basura desde una serie de vertederos de basura (3) a través de válvulas de descarga respectivas (4) dentro de un sistema de tuberías de transporte (5) en un sistema de recogida de basura en vacío (1), en el que dicho sistema de recogida de basura en vacío (1) comprende un puesto de recogida de basura (6), estableciéndose comunicación entre un vertedero de basura (3) y el sistema de tuberías de transporte (5) al abrir la válvula de descarga (4) del vertedero de basura (3), **caracterizado** por que dicho sistema de control (9) comprende:

30 medios para predecir un valor futuro de al menos un parámetro operativo de dicho sistema de recogida de basura en vacío (1) basándose en una serie de mediciones consecutivas del nivel de basura en al menos uno de dichos vertederos de basura (3), en el que dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo representa un momento futuro cuando se espera que el nivel de basura exceda un nivel de umbral dado o un nivel probable de basura en el vertedero de basura (3) en un momento futuro dado; y

medios para definir grupos de válvulas de descarga (4);

medios para seleccionar uno a uno los grupos basándose en dichos valores predichos; y

35 medios para enviar señales de control a una o más de las válvulas de descarga (4) dentro de un grupo seleccionado para iniciar la apertura de estas válvulas de descarga (4), efectuando así un vaciado controlado por predicción de la basura.

40 23. El sistema de control (9) según la reivindicación 22, **caracterizado** por que dichos medios de selección funcionan basándose en las condiciones de vaciado para los grupos, y son operables para determinar, para cada grupo de válvulas de descarga (4), si la condición de vaciado para el grupo es o no válida basándose en un subconjunto de dichos valores predichos, pudiendo seleccionarse grupos con condiciones de vaciado válidas para el vaciado de basura.

45 24. El sistema de control (9) según la reivindicación 23, **caracterizado** por que dichos medios de selección comprenden además medios para asociar cada grupo con un valor de prioridad, seleccionándose para el vaciado de basura el grupo con el valor de prioridad más alto de entre los grupos con condiciones de vaciado válidas.

25. El sistema de control (9) según la reivindicación 24, **caracterizado** por que el valor de prioridad de un grupo se determina basándose en dicho subconjunto de dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo y las consecuencias de no vaciar el(los) vertedero(s) de basura (3) del grupo.

50 26. El sistema de control (9) según la reivindicación 22, **caracterizado** por que el período entre dichas mediciones consecutivas es menor que 1 minuto, preferiblemente menor que 15 segundos, y por que dicho sistema de control (9) es un sistema de control basado en ordenador para procesamiento de mediciones de nivel consecutivas con el

fin de permitir la predicción adaptativa de dichos valores futuros de dichos parámetros operativos.

- 5 27. El uso de un programa informático (36) para controlar, cuando se ejecuta en un ordenador, el funcionamiento de un sistema de recogida de basura en vacío (1), en el que dicho sistema de recogida de basura en vacío (1) comprende un puesto de recogida de basura (6), un sistema de tuberías de transporte (5) para el transporte de basura al puesto de recogida (6), una serie de vertederos de basura (3) conectados al sistema de tuberías de transporte (5) mediante unas respectivas válvulas de descarga (4), estableciéndose comunicación entre un vertedero de basura (3) y el sistema de tuberías de transporte (5) al abrir la válvula de descarga (4) del vertedero de basura, **caracterizado** por que dicho programa informático (36) comprende:
- 10 medios de programa para hacer que el ordenador realice predicciones adaptativas de un valor futuro de al menos un parámetro operativo de dicho sistema de recogida de basura en vacío (1) basándose en mediciones consecutivas del nivel de basura en al menos un vertedero de basura (3) dispuesto en el sistema de recogida de basura en vacío (1), en el que dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo representa un momento futuro en el que se espera que el nivel de basura exceda un nivel de umbral dado o un nivel probable de basura en el vertedero de basura (3) en un momento futuro dado; y
- 15 medios de programa para realizar el vaciado de basura controlado por ordenador en dicho sistema de recogida de basura en vacío (1) basándose en dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo.
- 20 28. El uso del programa informático (36) según la reivindicación 27, **caracterizado** por que dicho valor predicho de dicho al menos un parámetro operativo representa una estimación de cuándo se espera que el nivel de basura en un vertedero de basura (3) exceda un nivel dado, y dichos medios de programa de control incluyen medios para determinar cuándo colocar en cola el vertedero de basura (3) para el vaciado basándose en dicha estimación.
- 25 29. El uso del programa informático (36) según la reivindicación 27 o 28, **caracterizado** por que el período entre dichas mediciones consecutivas es menor que 1 minuto, preferiblemente menor que 15 segundos, y por que dichos medios de programa para hacer que el ordenador realice una predicción adaptativa incluyen medios de programa para hacer que el ordenador determine de manera adaptativa una tasa de crecimiento basándose en dichas mediciones y estime dicho valor futuro basándose en dicha tasa de crecimiento determinada de manera adaptativa.
- 30 30. El uso del programa informático (36) según la reivindicación 27, **caracterizado** por que dicho programa informático comprende además unos medios de programa para hacer que el ordenador adapte el modelo para predecir dicho valor futuro con el fin de optimizar la predicción para periodos diferentes de flujo de entrada característicos durante un día.
- 30 31. El uso del programa informático (36) según cualquiera de las reivindicaciones 27 a 30, **caracterizado** por que dicho programa informático está alojado en un medio legible por ordenador.

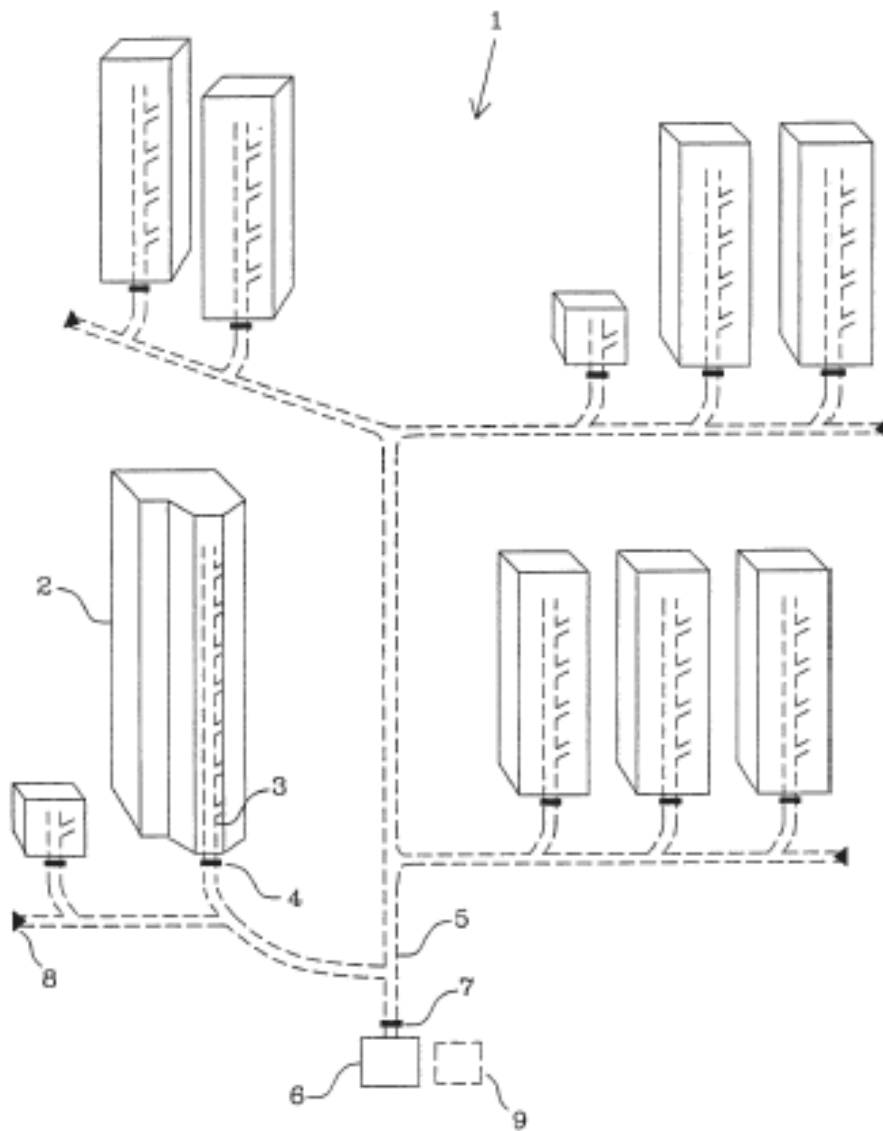


Fig. 1

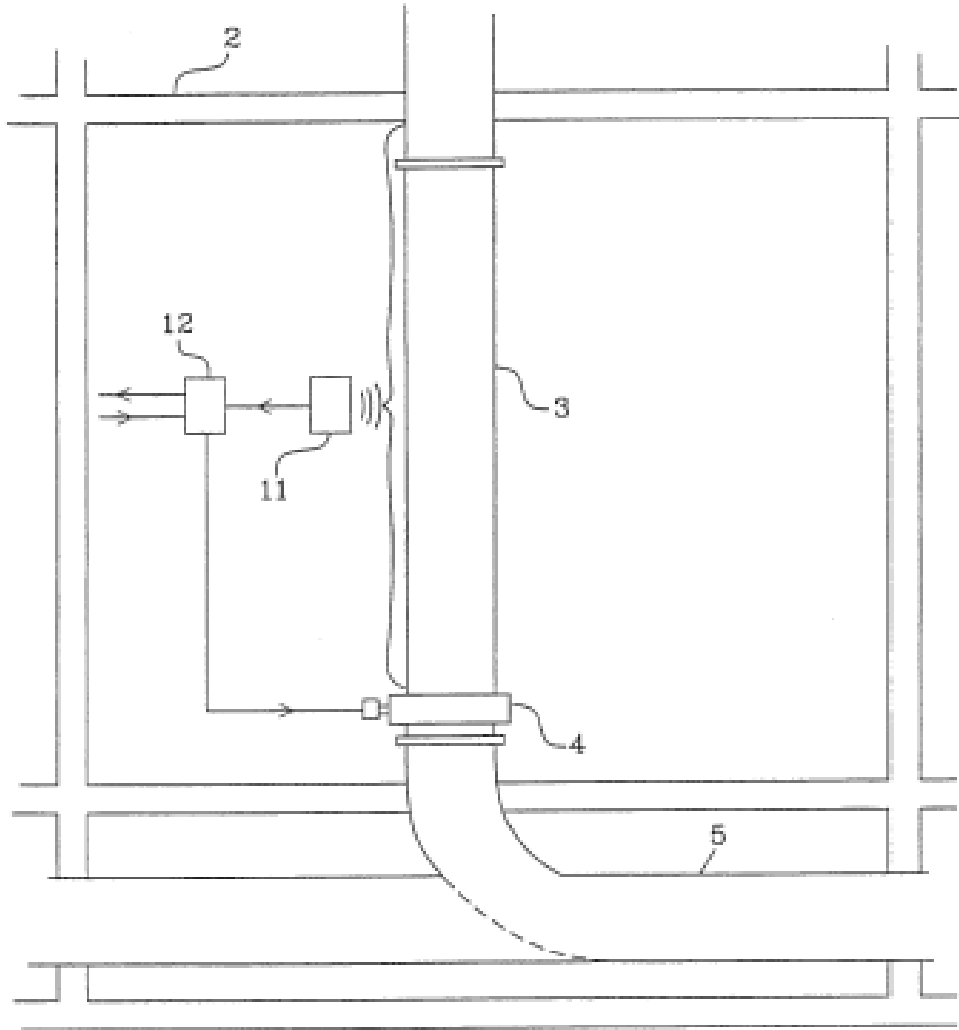


Fig. 2

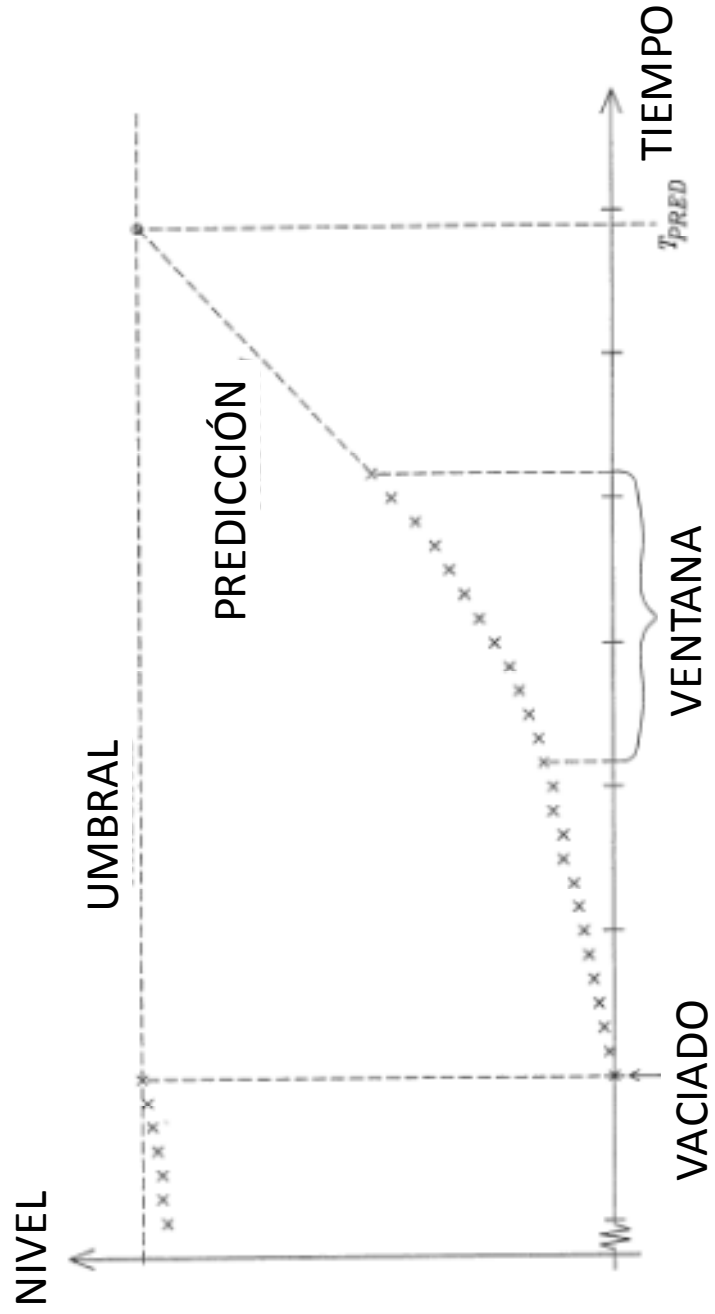


Fig. 3

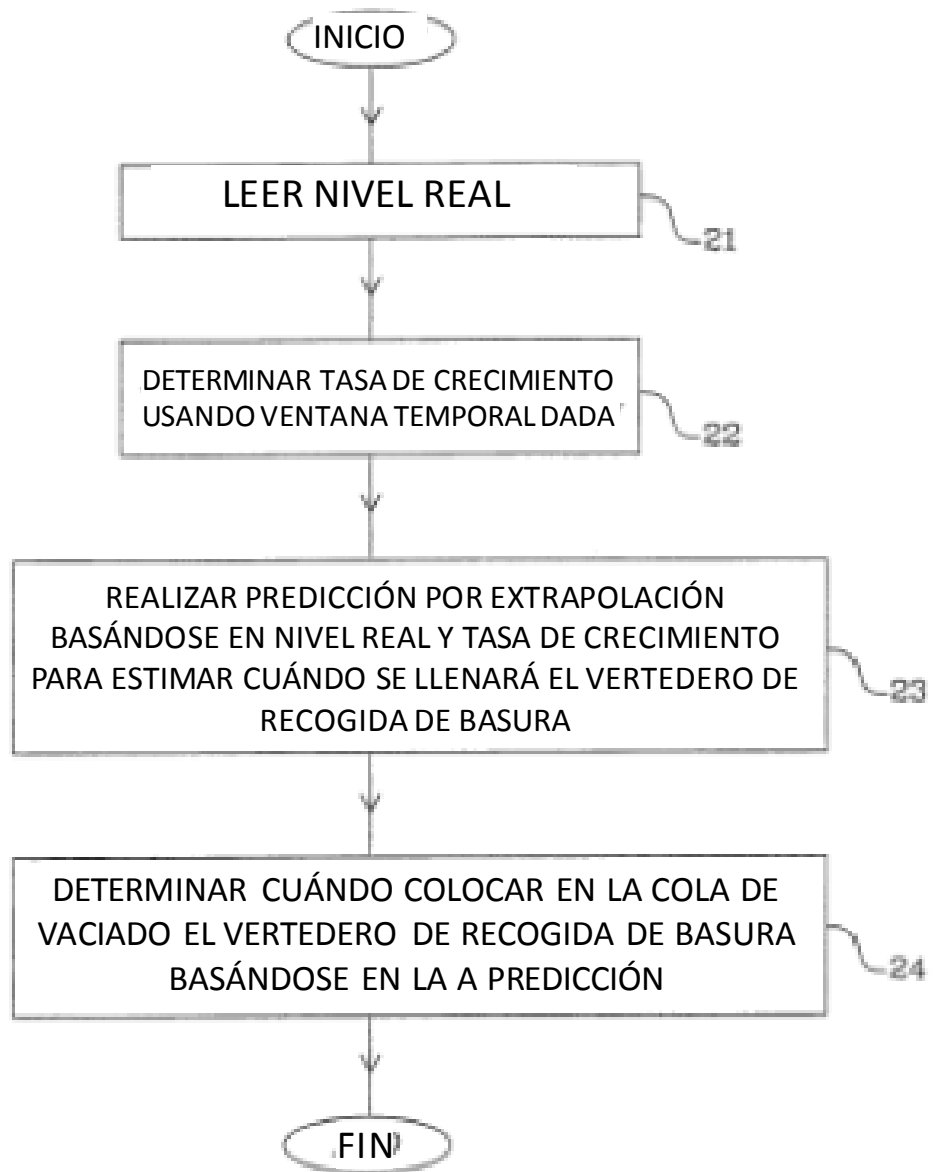


Fig. 4

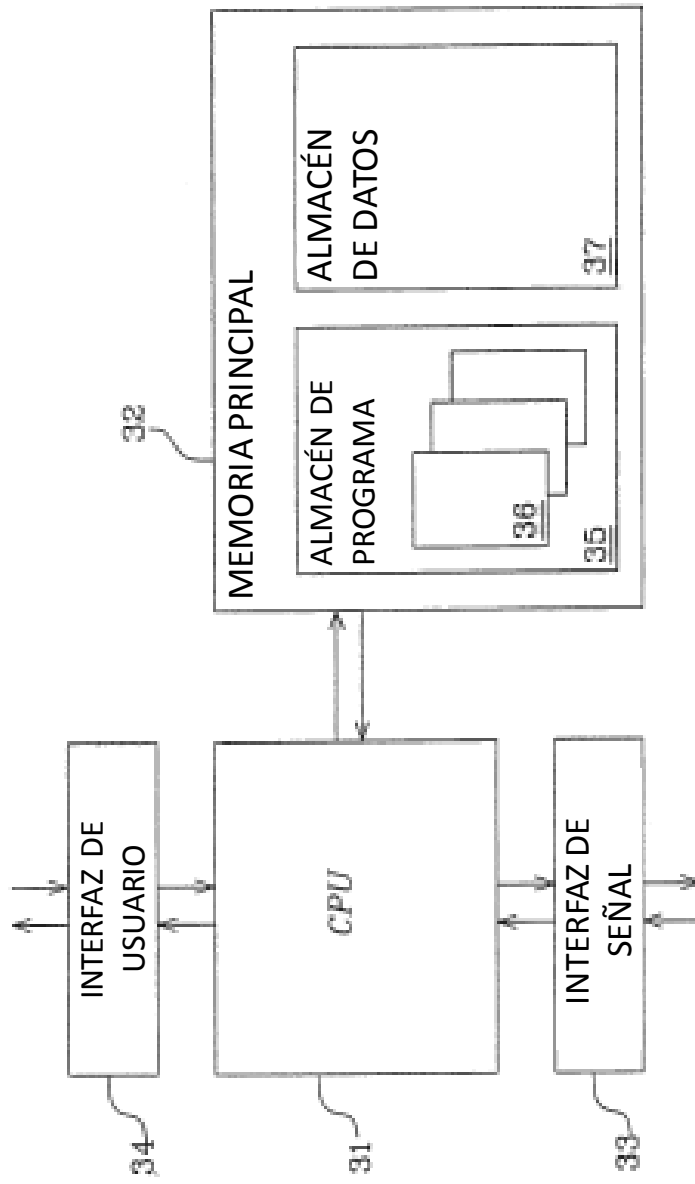


Fig. 5

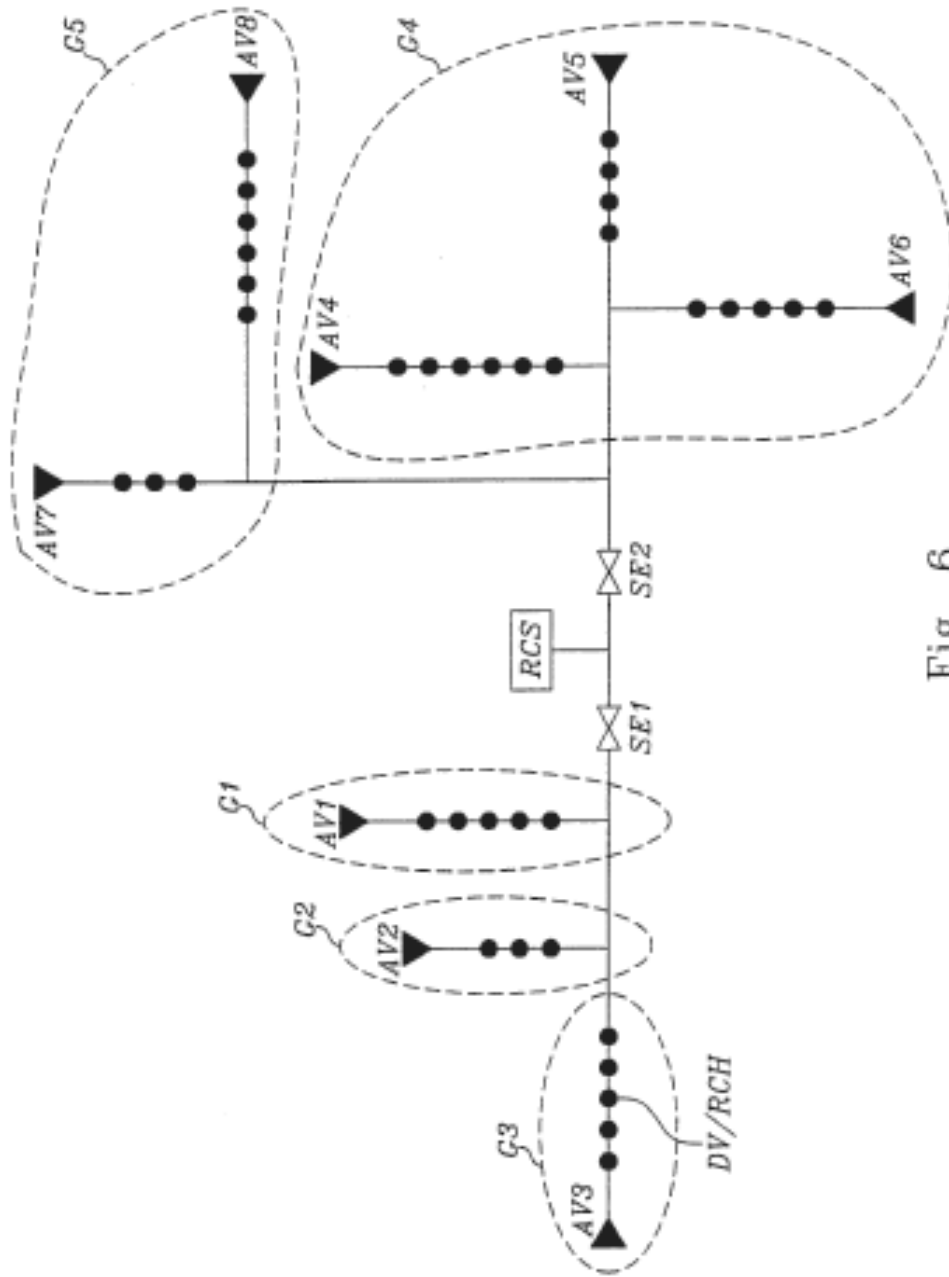


Fig. 6

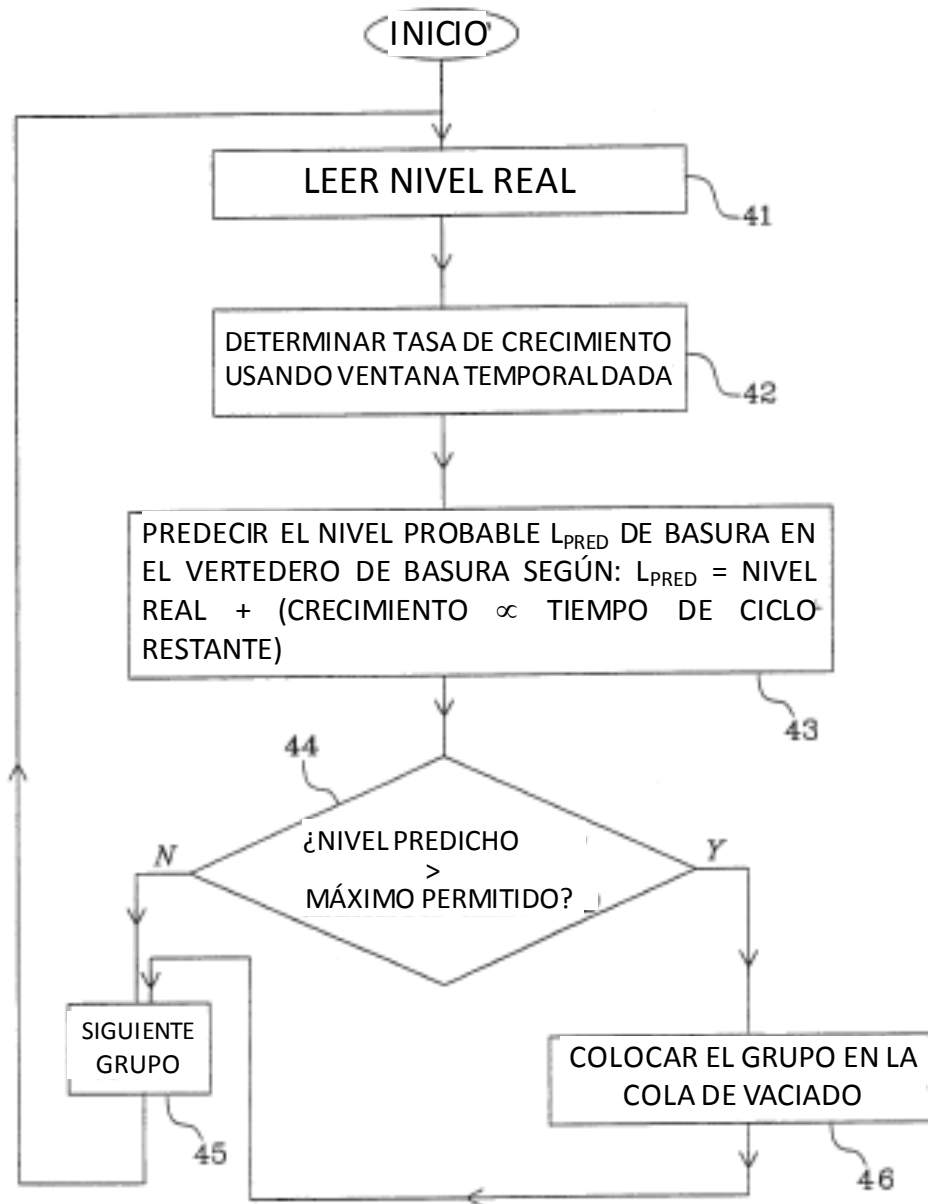


Fig. 7