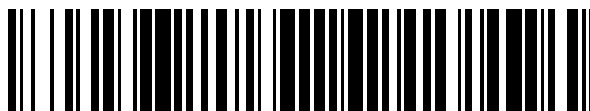


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 483**

51 Int. Cl.:

**G01G 13/00** (2006.01)

**G01G 13/20** (2006.01)

**G01G 13/285** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.09.2009 PCT/US2009/056826**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.03.2010 WO10033458**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2009 E 09815027 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2340109**

54 Título: **Sistema de transporte de material a granel**

30 Prioridad:

**16.09.2008 US 211769**

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

**21.12.2018**

73 Titular/es:

**K-TRON TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)  
Routes 55 and 553  
Pittman, NJ 08071, US**

72 Inventor/es:

**FOLEY, JAMES, T.;  
MYHRE, JOHN, B.;  
DANIEL, JASON, K. y  
SPORRI, MANUEL**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 694 483 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**

Sistema de transporte de material a granel

**5 Antecedentes de la invención**

Esta invención se refiere a un sistema de transporte de material que incluye alimentadores de pérdida de peso y sus sistemas de control.

10 En algunos sistemas de transporte de material a granel algunos materiales, cuando se ponen en el interior de un recipiente de material, no fluyen hacia fuera sistemática y uniformemente sin algo de asistencia. En un ejemplo, un material difícil puede formar un arco o puente de soporte por sí mismo en el recipiente de material, lo que bloquea completamente el flujo de material a un alimentador en la salida del recipiente de material. El alimentador puede descargarse el material perdido por debajo del puente y entonces el flujo de material desde el alimentador puede detenerse aunque haya una gran cantidad de material aún en el recipiente de material. Un segundo modo de fallo se denomina como ratonera, que es un túnel verticalmente orientado estrecho a través del material. Una ratonera a menudo se forma por encima de un puente y proporciona una trayectoria de flujo de material restringida al alimentador en la salida del recipiente de material. El resultado es un flujo de material al alimentador limitado o esporádico a media que material de la superficie superior cae al interior de la ratonera. Habitualmente, el flujo se detiene mucho antes de que el recipiente de material esté vacío. También se producen menores grados de estos el estado. En estos casos, un puente o ratonera puede formar y más tarde colapsar instantáneamente. Aunque el flujo de material al alimentador puede no detenerse completamente, aún afecta a la consistencia del rendimiento de alimentador.

25 El documento US 2004/042335 da a conocer un aparato y un método para inyectar aditivos a granel secos para el tratamiento de mínimo y agua. Una tolva o silo exterior almacena un producto corpulento y se apoya sobre celdas de carga que proporcionan una señal relacionada con el peso del silo exterior. Una tolva se diseña para descargar el producto a granel. Las tolvas son específicamente flujo de masa diseñadas para proporcionar flujo libre del primero que entra sale primero real de un aditivo seco particular, con densidad aparente uniforme y sin formación de puente bajo la mayoría de las circunstancias. En caso de humedad excesiva y si el peso de producto seco neto permanece teóricamente sin cambios durante una cantidad de tiempo dada, es decir, en caso de que se interrumpa el flujo de masa fuera de la tolva para la descarga, se activa un vibrador para hacer vibrar la tolva. Además, se da a conocer que un fallo común en tales sistemas es hacer vibrar demasiado la tolva, lo que se conoce por el experto que realmente empeora y magnifica un estado de formación de puente y puede alterar de manera drástica la densidad aparente del producto almacenado.

35 El documento GB 2 239 966 da a conocer un aparato de alimentación de pérdida de peso gravimétrico para controlar la descarga de materiales secos. Se genera una señal de error que representa la diferencia real promedio entre una pérdida de peso predicha y la pérdida de peso real, y que se toma como la señal de control para un controlador de velocidad integral proporcional convencional del dispositivo de descarga.

**40 Sumario de la invención**

En una realización del método de la presente invención, se implica un sistema de manejo de material a granel que tiene un alimentador de material, un recipiente de material configurado para descargar material al alimentador de material y un vibrador configurado para hacer vibrar el recipiente de material. El método incluye mantener un flujo uniforme que incluye a) calcular periódicamente una variable de proceso asociada a una característica de flujo de material del alimentador durante el funcionamiento del alimentador, b) determinar una pendiente de variable de proceso durante un intervalo de tiempo seleccionado, la pendiente de variable de proceso definida como una tasa de cambio en la variable de proceso, c) determinar una diferencia entre la pendiente de variable de proceso y un valor umbral, y d) ajustar el funcionamiento del vibrador basándose en el valor de la diferencia determinada entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral.

En una realización, la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral es indicativa de un estado de flujo en deterioro en el recipiente de material.

55 En una realización adicional, la variable de proceso es un factor de alimentación promedio calculado mediante la ecuación:

$$FF_{avg} = \frac{\sum_{n=1}^N MF}{N \%MS}$$

60 en la que  $FF_{avg}$  es el factor de alimentación promedio, MF es el caudal de masa a través del alimentador y %MS es

- una razón de una velocidad de motor actual del alimentador con respecto a una velocidad de motor máxima del alimentador y N es un número predeterminado de intervalos de tiempo.
- En una realización del método, ajustar el funcionamiento del vibrador incluye cambiar la amplitud de vibración. En otra, ajustar el funcionamiento del vibrador incluye cambiar la frecuencia de vibración o ajustar el funcionamiento del vibrador incluye aumentar la amplitud de vibración una cantidad predeterminada cuando el valor de la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral es menos de cero.
- En una realización adicional, ajustar el funcionamiento del vibrador incluye aumentar la amplitud de vibración cuando la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral es menos de cero y disminuir la amplitud de vibración cuando la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral es mayor que o igual a cero.
- En una realización, el intervalo de tiempo seleccionado se basa al menos en parte en un punto de referencia definido por el usuario, y el punto de referencia definido por el usuario se basa al menos en parte en un caudal seleccionado de material a través del alimentador.
- En una realización, el método incluye además establecer una salida mínima para el vibrador, y ajustar la salida mínima para el vibrador basándose en la diferencia determinada entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral.
- En una realización del método, la frecuencia de vibrador es ajustable y el método incluye además establecer la frecuencia de vibrador para funcionar a una frecuencia que se basa en un punto de resonancia de sistema. En una realización, el ajuste del funcionamiento del vibrador tiene lugar antes de una alteración de flujo importante en el recipiente de material.
- En una realización del método, La alteración de flujo importante se caracteriza por un caudal de material a través del recipiente de material que es sustancialmente diferente de un caudal de material a través del alimentador de material. El método incluye además ajustar el valor umbral en respuesta a la detección de un estado de flujo en el recipiente de material. En el que el estado de flujo se caracteriza por la variable de proceso que es sustancialmente constante para un periodo seleccionado. En una realización, el estado de flujo se caracteriza por la variable de proceso que es sustancialmente diferente para un periodo seleccionado.
- En una realización, el estado de flujo está asociado a una alteración de peso. En otra realización, el estado de flujo se toma del grupo que consiste en a) un cambio en flujo de masa desde el recipiente de material en exceso de un valor predeterminado, b) tunelación vertical, c) formación de puente, y d) un tiempo importante sin un estado de flujo negativo.
- En una realización del método, el ajuste del funcionamiento del vibrador basándose en el valor de la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral incluye disminuir al menos una de amplitud de vibrador y frecuencia de vibrador cuando el valor de la diferencia determinada entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral es mayor de cero después de un periodo de tiempo seleccionado. El método incluye además ajustar al menos una de frecuencia de vibrador y amplitud de vibrador basándose en el nivel de llenado en el recipiente de material.
- En una realización, un sistema de transferencia de material a granel incluye un recipiente de material a granel, un adyuvante de proceso con una salida de variable enganchado con el recipiente de material a granel, un alimentador colocado para recibir material a granel desde el recipiente de material a granel, y configurado para transferir el material a granel a través del alimentador, y un sistema de control configurado para identificar una tendencia asociada a la transferencia de material a granel a través del alimentador y configurado para realizar un cambio en la salida de variable del adyuvante de proceso basándose en la tendencia.
- En una realización, el sistema de control está configurado para a) calcular periódicamente una variable de proceso asociada a una característica de flujo de material del alimentador durante el funcionamiento del alimentador, b) determinar una pendiente de variable de proceso definida como una tasa de cambio en la variable de proceso durante un intervalo de tiempo seleccionado, c) determinar una diferencia entre la pendiente de variable de proceso y un valor umbral, y d) ajustar el funcionamiento del adyuvante de proceso basándose en el valor de la diferencia determinada entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral.
- En una realización del sistema, el adyuvante de proceso se monta en el exterior del recipiente de material.
- En una realización, el recipiente de material es una tolva de alimentación asimétrica. En una realización, el alimentador es un alimentador de pérdida de peso. En una realización, el adyuvante de proceso es un vibrador. En otra realización, el adyuvante de proceso se toma del grupo que consiste en, un agitador vertical, un fuelle de aire, una bolsa de aire, un inyector de aire, un elemento de impacto, un tornillo sinfin, un agitador horizontal, un dispositivo sónico, un dispositivo acústico, y una camisa flexible mecánicamente accionada.
- En una realización, el adyuvante de proceso es dinámicamente ajustable para permitir la aplicación variable de energía desde un nivel más bajo de energía cuando no se detectan el estado de flujo en deterioro hasta un nivel más alto de energía en cuando se detectan el estado de flujo en deterioro. En una realización, la tendencia está asociada a un estado de flujo de material en el sistema. El estado de flujo de material incluye una disparidad sustancial entre un caudal de material a través del recipiente de material y un caudal de material a través del alimentador.
- En una realización, la tendencia está asociada a un indicador de proceso y el controlador está configurado para cambiar la salida de variable del adyuvante de proceso basándose al menos en parte en el indicador de proceso. El controlador cambia la salida de variable basándose al menos en parte en una comparación del indicador de proceso con respecto a un umbral de indicador.

En una realización, el indicador de proceso incluye una tasa de cambio en una variable de proceso durante un intervalo de tiempo seleccionado. En una realización, la variable de proceso es una característica del alimentador. En una realización, la variable de proceso se determina mediante la ecuación:

$$PV = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{FR}{\%FR}}{N}$$

5 en la que PV es la variable de proceso, FR es un caudal a través del alimentador, % FR es una razón de una velocidad de motor actual del alimentador con respecto a una velocidad de motor máxima del alimentador, y N es un factor de tiempo tomado del grupo que consiste en un número predeterminado de intervalos de tiempo y un periodo de tiempo predeterminado.

En una realización, el umbral de indicador se basa en una característica de procesado de material.

15 En un sistema de manejo de material que tiene un alimentador de material, un recipiente de material configurado para descargar material al alimentador de material y un adyuvante de proceso enganchado con el recipiente de material, un método que incluye determinar un indicador de proceso asociado a una característica de flujo de material del alimentador durante el funcionamiento del alimentador, determinar una diferencia entre el indicador de proceso y un valor umbral de indicador, y ajustar el funcionamiento del adyuvante de proceso basándose en el valor de la diferencia determinada entre el indicador de proceso y el valor umbral de indicador.

20 En una realización, la diferencia entre el indicador de proceso y el valor umbral de indicador es indicativa de un estado de flujo en deterioro en el recipiente de material. El indicador de proceso incluye una tasa de cambio en una variable de proceso durante un intervalo de tiempo seleccionado.

25 En una realización, la variable de proceso es un factor de alimentación promedio calculado mediante la ecuación:

$$FF_{avg} = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{MF}{\%MS}}{N}$$

30 en la que  $FF_{avg}$  es el factor de alimentación promedio, MF es el caudal de masa a través del alimentador y %MS es una razón de una velocidad de motor actual del alimentador con respecto a una velocidad de motor máxima del alimentador y n es un número predeterminado de intervalos de tiempo.

En una realización del sistema, el adyuvante de proceso es un vibrador y ajustar el funcionamiento del adyuvante de proceso incluye variar al menos una de una amplitud y una frecuencia del vibrador.

35 El ajuste del funcionamiento del adyuvante de proceso tiene lugar antes de una alteración de flujo importante en el recipiente de material. La alteración de flujo importante se caracteriza por un caudal de material a través del recipiente de material que es sustancialmente diferente de un caudal de material a través del alimentador de material.

40 En una realización, el método incluye además ajustar el valor umbral de indicador en respuesta a la detección de un estado de flujo en el recipiente de material. El estado de flujo se caracteriza por una variable de proceso que es sustancialmente constante para un periodo seleccionado.

45 En una realización del método, incluye además establecer una salida mínima para el adyuvante de proceso, y ajustar la salida mínima para el adyuvante de proceso basándose en la diferencia determinada entre el indicador de proceso y el valor umbral de indicador.

En una realización, el adyuvante de proceso incluye un vibrador y la salida mínima para el adyuvante de proceso es una amplitud de vibrador que es aproximadamente la amplitud de vibrador de funcionamiento más baja del sistema de manejo de material.

## 50 Breves descripciones de los dibujos

Los dibujos adjuntos, que se incorporan en el presente documento y constituyen parte de esta memoria descriptiva, ilustran realizaciones de la invención, y, junto con la descripción general dada anteriormente y la descripción detallada dada a continuación, sirven para explicar diversas características de la invención:

55 la figura 1 es una vista esquemática de un sistema de ejemplo según una realización de la invención;  
 la figura 2 es una vista esquemática de otro sistema de ejemplo según una realización de la invención;  
 las figuras 3A-3C proporciona un diagrama de flujo de ejemplo de un proceso para controlar un adyuvante de

proceso durante el funcionamiento de un sistema de transferencia de material;  
 la figura 4 proporciona un diagrama de flujo de ejemplo de un proceso para seleccionar el tiempo de muestreo del  
 proceso de las figuras 3A-3C; y  
 la figura 5 proporciona un diagrama de flujo de ejemplo de un proceso para ajustar el mínimo de adyuvante de  
 proceso según una realización de la presente invención.

Lo anterior se ha proporcionado solo para fines ilustrativos, y no se pretende que limiten el alcance de la invención de  
 esta solicitud, que se describe de manera más completa en las secciones de reivindicaciones y dibujos expuestas a  
 continuación.

#### Descripción detallada de realizaciones preferidas

La figura 1 ilustra una realización de un sistema 100 de transferencia de material a granel. La realización de la figura  
 1 se pretende como un ejemplo y no debe considerarse limitante. El sistema 100 de transferencia de material a granel  
 puede usarse para alimentar materiales a granel, por ejemplo, sólidos (tal como gránulos, sedimentos, fibras y polvos),  
 suspensiones o líquidos, o cualquier combinación de los anteriores. Ejemplos de tales materiales incluyen: TiONA  
 RCL-69, Tytanpol R-003, mezcla de azufre granulada, mesalazina 5-ASA, IRGANOX 1010, Steamic OOS, IRGAFOS  
 168, estearato de cinc, Div. estearatos de calcio, óxido de cinc, crodamida ER, Div. Chimassorbe (2020, 944, 119),  
 Saytex 8010, fosetil-aluminio técnico, benzoato de sodio, IRGANOX 1098, Tinuvin 622, IRGANOX 130, cinc de sello  
 rojo, IUB de código F, estearato de magnesio, Finawax E, y Pancake mixPerkadox 14-40B-PD, Uniplex FE-700 +  
 Acrowax, Hycite, Irgastab NA UH 11, Irgaclear DM, Irgaclear D, DHT-4a, y Millad 3988. En una realización, el sistema  
 100 de transferencia de material a granel evita o limita la formación de puentes, ratoneras y/o alteraciones de peso, y  
 da como resultado irregularidades de flujo, a medida que se dispensa material a granel.

En una realización, el sistema 100 de transferencia de material a granel incluye un recipiente de material 101, un  
 alimentador 102, un adyuvante de proceso 103 y un controlador 104. En algunas aplicaciones, el sistema 100 de  
 transferencia de material a granel es un sistema de alimentador de pérdida de peso.

En una realización de la figura 1, el sistema 100 de transferencia de material a granel incluye un recipiente de material  
 a granel 101 (por ejemplo, una tolva). El recipiente de material 101 soporta el material que va a alimentarse usando el  
 sistema 100 de transferencia de material a granel. El material soportado en el recipiente de material 101 puede  
 reponerse periódicamente usando un recipiente de almacenamiento (no mostrado) u otro equipo de llenado u otros  
 medios.

En una realización, el recipiente de material 101 descarga material al alimentador 102. Según algunas disposiciones,  
 el recipiente de material 101 canaliza el material principalmente por gravedad. La forma del recipiente de material 101  
 puede ser simétrica o asimétrica. La forma del recipiente de material 101 puede ser cilíndrica, cuadrada, hexagonal,  
 cónica, frustacónica, elíptica o asimétrica y/o tener una parte de llenado más ancha ubicada por encima de una parte  
 de descarga más pequeña. Aunque la figura 1 ilustra un único recipiente de material 101, pueden proporcionarse  
 múltiples recipientes.

El recipiente de material 101 en la figura 1 puede fabricarse de una multitud de materiales que incluye madera, metales,  
 plásticos y elastómeros. Por ejemplo, acero, acero inoxidable, aluminio u otro metal pueden usarse cuando sea  
 apropiado para el entorno en el que el recipiente de material se utiliza y el tipo de material que se maneja. El volumen  
 del recipiente 101 puede ser, por ejemplo, 50-180 litros.

En una realización, el alimentador 102 recibe material descargado desde el recipiente de material a granel 101 y  
 transfiere el material que se suministra en última instancia a un receptáculo, recipiente u otro destino. El alimentador  
 102 puede transferir el material directamente al receptáculo, recipiente u otro destino, u otra posición de equipo entre  
 el alimentador 102 y el destino. Tal como se muestra en la realización de la figura 1, el alimentador 102 incluye un  
 tornillo 102-1 que puede accionarse mediante un motor 102-2 de accionamiento y tiene un extremo 102-3 de descarga.  
 El alimentador 102 puede incluir uno o más tornillos sinfin, agitadores, bandejas vibratorias, cintas, alimentadores de  
 tornillo, álabes rotatorios u otro tipo de dispositivo que esté configurado para transferir material con un accionamiento  
 apropiado. En algunas aplicaciones, es deseable que el alimentador 102 transfiera material de manera continua y  
 precisa. Por ejemplo, el alimentador 102 puede controlarse para entregar la salida de caudal de masa o volumétrico  
 particular deseada por el usuario.

De manera más particular, en el ejemplo representado en la figura 1, el alimentador 102 es un alimentador de tornillo  
 ubicado por debajo de y contiguo al recipiente de material 101 de manera que material fluirá por gravedad fuera de la  
 parte de descarga del recipiente de material 101 directamente al interior del alimentador 102. El alimentador 102 puede  
 transferir entonces el material girando su tornillo a una velocidad de rotación proporcionada con el caudal requerido.  
 Tal como se describe a continuación, puede lograrse un flujo de material uniforme y no obstruido desde el recipiente  
 de material 101 al alimentador 102.

El sistema 100 de transferencia de material a granel incluye además un controlador 104 y un adyuvante de proceso  
 103 configurada para aplicar energía al recipiente de material 101 en el recipiente de material 101. En una realización,

el adyuvante de proceso 103 está configurada para aplicar energía al recipiente 101 (por ejemplo, en respuesta a señales de control enviadas por el controlador 104 por medio de línea 107 de control). También, en la realización de la figura 1, el controlador 104 se conecta al alimentador 102 por medio de una línea 105 de control.

5 En una realización, el recipiente de material 101 tiene un extremo de descarga que transfiere material directamente a un alimentador 102 que además transfiere el material a través del alimentador. En una realización, el sistema 100 incluye un adyuvante de proceso 103 con una salida de variable de manera que puede variarse la energía acoplada desde el adyuvante de proceso 103 al recipiente de material 101. el adyuvante de proceso 103 puede acoplarse al recipiente de material 101 para ayudar al flujo de material desde el recipiente de material 101. Por ejemplo, el  
10 adyuvante de proceso 103 puede acoplarse al exterior del recipiente de material 101. En una realización, el adyuvante de proceso 103 incluye cualquier dispositivo configurado para impartir energía al material contenido dentro del recipiente de material 101.

15 En una realización, el adyuvante de proceso 103 se acopla al exterior del recipiente de material 101. En algunas aplicaciones, es preferible no tener objetos en el interior del recipiente de material o que penetren en la pared de recipiente de material. Un beneficio de ejemplo de acoplar el adyuvante de proceso 103 al exterior de recipiente de material 101 es evitar que el adyuvante de proceso 103 entre en contacto con material dentro del recipiente de material 101. En algunas aplicaciones, tal como en las que el contacto con material no es problemático, el adyuvante de proceso 101 puede ubicarse dentro del recipiente de material 101.

20 En una realización, el adyuvante de proceso 103 es dinámicamente ajustable. Por ejemplo, el adyuvante de proceso 103 puede ajustarse automáticamente durante el funcionamiento del sistema 100. En algunas aplicaciones, el adyuvante de proceso 103 se ajusta dinámicamente en respuesta a las características de funcionamiento del sistema 100. Por ejemplo, aquellas características de funcionamiento pueden ser una función del caudal de material a través del sistema 100 o a través de un componente individual del sistema 100 tal como el alimentador 102.

25 A modo de ejemplo adicional, una salida del adyuvante de proceso 103 puede variarse bajo el control del controlador 104 para variar la energía aplicada al recipiente de material 101 y/o el material y el recipiente de material 101. Pueden usarse diversos tipos de adyuvantes de proceso. En una realización, el adyuvante de proceso 103 puede incluir uno o más accionadores electromecánicos o vibradores que se conectan al exterior del recipiente de material 101. La amplitud y frecuencia del vibrador pueden ser dinámicamente y independientemente ajustable en rangos, y los vibradores pueden conectarse para control de retroalimentación de amplitud y frecuencia de bucle cerrado.

30 En una realización, en la que el adyuvante de proceso incluye un vibrador, el vibrador puede hacerse funcionar a una frecuencia en o cerca de la frecuencia de resonancia del sistema. En una aplicación, hacer funcionar el vibrador en o cerca de la frecuencia de resonancia permite que el vibrador logre la modulación de amplitud deseada de manera eficiente. De este modo, el controlador 104 puede ajustar o variar la amplitud o frecuencia según sea necesario en respuesta a un estado de funcionamiento actual. Ejemplos de adyuvante de proceso 103 incluyen un agitador vertical (por ejemplo, agitadores verticales de baja velocidad accionados desde arriba o desde abajo), fuelles de aire, bolsas de aire (por ejemplo, BinMaster modelo Airbrator), inyectores de aire (por ejemplo, Grupo WAM Parte# UO25), elementos de impacto, tornillos sinfín, agitadores horizontales, dispositivos sónicos, dispositivos acústicos, camisas flexibles mecánicamente accionadas como el *Flex Brabender Wall Feeder*, modelo n.º *DDW-MD5-FW40* y *K-Tron Shear Hopper*, parte n.º 0913900080, configuraciones de recipiente personalizadas, combinaciones de los mismos y similares. En algunas realizaciones, el adyuvante de proceso 103 se ubica alrededor del perímetro interior del  
35 recipiente.

40 En una realización, los agitadores verticales son adyuvantes de proceso que se ubican alrededor de un perímetro interior del recipiente de material. En algunas configuraciones, el control dinámico del agitador se realiza ajustando la velocidad del motor de agitador, en algunas realizaciones el ajuste se realiza según un perfil de velocidad (por ejemplo, durante un intervalo de tiempo). Las mismas técnicas de control pueden aplicarse a un agitador horizontal.

45 Boquillas de aire o bolsas de aire ubicadas en una pared de recipiente de material pueden usarse para airear material para promover el flujo. Al controlar la cantidad de aire introducido a lo largo de un intervalo de tiempo, así como la secuencia de unidades individuales o múltiples, puede lograrse el control de estos dispositivos. En una realización, una bolsa de aire dispersa aire sobre un área más grande que una boquilla de aire. La bolsa de aire también puede vibrar a medida que escapa aire de entre la pared de recipiente de material y su cono elastómero. En una realización, La vibración no es controlada.

50 En una realización, un fuelle de aire es una membrana flexible estanca al aire unida a la pared interior del recipiente de material. En algunas configuraciones, múltiples fuelles de aire se colocan en un recipiente de material. El fuelle puede inflarse con aire para mover el material en el recipiente de material y promover el flujo. Los fuelles de aire también pueden inflarse y desinflarse en secuencia de manera que el volumen interior del recipiente de material se mantiene constante y el material solo se desplaza y no se compacta. El control de el fuelle de aire puede conseguirse variando caudal, periodo y volumen de inflación así como la secuencia de múltiples fuelles. En una configuración,  
55 puede impulsarse aire rápidamente al interior del fuelle para crear ondas de choque o vibración en el material a granel para promover el flujo.

Recipientes de material de pared flexible puede accionarse mediante dispositivos mecánicos para promover el flujo de material. En una realización, las paredes flexibles se mueven mediante un enlace mecánico fijo accionado por un motor que resulta en un desplazamiento constante y un perfil de desplazamiento constante. En el esquema de control más simple, puede variarse la velocidad de motor. Al usar más dispositivos o elementos mecánicos de control de movimiento más sofisticados, un desplazamiento, velocidad y perfil de movimiento pueden generarse.

Dispositivos sónicos y acústicos para adyuvantes de flujo pueden tomar la forma de una trompeta sintonizada con el fin de generar suficiente potencia para afectar al flujo de material. Los dispositivos acústicos y sónicos no necesitan hacerse funcionar de manera continua. Para controlar de manera activa los dispositivos acústicos y sónicos, puede variarse la duración temporal de la ráfaga y el tiempo entre ráfagas. Además, cuando se emplean múltiples trompetas puede controlarse la secuencia de las trompetas.

Por ejemplo, si el adyuvante de proceso 103 incluye un sistema de inyector de aire, la salida de variable puede corresponder a un aumento o disminución en presión de aire y/o un aumento o disminución en frecuencia de pulso de aire. En una realización en la que el adyuvante de proceso 103 incluye un generador de onda acústica, la salida de variable puede corresponder a un aumento o disminución en amplitud y/o frecuencia acústica.

El sistema 100 de transferencia de material a granel también puede incluir un sistema 106 de pesaje. En una realización, el controlador 104 se conecta al sistema 106 de pesaje por medio de la línea 108 de control. El sistema 106 de pesaje puede incluir básculas o celdas de carga que miden de manera continua el peso del recipiente de material 101, el alimentador 102, o el adyuvante de proceso 103, o una combinación de estos. En una realización, el sistema 106 de pesaje está configurado para determinar el peso de material en estas estructuras. En una realización, una serie de transductores de célula de carga pueden configurarse para medir el peso del recipiente de material 101, el alimentador 102, y el adyuvante de proceso 103, y detectan el peso del material que se descarga del alimentador 102, por ejemplo, restando el peso de tara de los mismos componentes. El peso del material puede detectarse de manera continua por las celdas de carga y los datos procesarse por el controlador 104. Las celdas de carga pueden incluir filtros que filtran ruido de dispositivos electrónicos externos, el movimiento mecánico del alimentador, y efectos del entorno, tal como vibración de máquinas cercanas. Las celdas de carga pueden ser, por ejemplo, *120kg SFT-II Parte #310190042* y *90kg D5 Platform Scale Parte# 0000000003*, fabricadas por K-Tron International Inc. de Pitman, New Jersey.

El controlador 104 puede detectar datos de entrada, compilar, analizar, almacenar y emitir datos a los componentes conectados al mismo. En una realización, el sistema de control incluye un controlador 104 que comunica con el sistema 106 de pesaje, el alimentador 102, y el adyuvante de proceso 103. El controlador 104 puede recibir datos del sistema 106 de pesaje por la línea 108 de control, que puede ser un canal de peso en serie. El controlador 104 también puede monitorizar y controlar el funcionamiento del alimentador 102 (por ejemplo, por medio de la línea 105 de control); y monitorizar y controlar el funcionamiento del adyuvante de proceso 103 por medio de la línea 107 de control. Un ejemplo de a controlador es el módulo de control K-Tron, KCM LWF n.º de parte 0000004041 y 0000002610.

La figura 2 ilustra otra realización de un sistema de transferencia de material a granel. La figura 2 incluye los mismos componentes generales que la figura 1, excepto los que se proporcionan a continuación. El sistema 200 de transferencia de material a granel de la figura 2 incluye un primer controlador 204-1 y un segundo controlador 204-2. En una realización, las funciones del primer controlador 204-1 y el segundo controlador 204-2 se realizan en el controlador 104. En una realización, el primer controlador 204-1 se conecta al alimentador 102, el sistema 106 de pesaje, y el segundo controlador 204-2. El segundo controlador 204-2 puede conectarse al adyuvante de proceso 103 y el sistema 106 de pesaje. Un ejemplo del segundo controlador 204-2 es la unidad de control K-Tron ActiFlow Parte n.º 0000015859. En una realización, el adyuvante de proceso 103 que puede ser un vibrador 203 está configurado para aplicar energía al material en el recipiente de material 101 bajo control del controlador 204-2 (por ejemplo, aplicando indirectamente energía al recipiente de material 101 o directamente). El segundo controlador 204-2 puede almacenar un ajuste de mínimo, tal como se comenta a continuación. De manera más particular, el segundo controlador 204-2 puede recibir datos del sistema 106 de pesaje, el adyuvante de proceso 103, y el alimentador 102 y controlar el adyuvante de proceso 103 con control de retroalimentación de bucle cerrado. Alternativamente o en adición, el controlador 204-1 puede recibir datos desde el alimentador 102, el sistema 106 de pesaje y el adyuvante de proceso 103 y controlar el adyuvante de proceso 103 por medio del controlador 204-2 con control de retroalimentación de bucle cerrado. Como anteriormente, el adyuvante de proceso 103 puede controlarse para variar la energía aplicada por el adyuvante de proceso 103 al recipiente de material 101.

Un ejemplo de funcionamiento de sistema se proporcionará ahora usando el sistema 100 de transferencia de material a granel de la figura 1 como ejemplo. Generalmente, el flujo de material a través del sistema de transferencia de material a granel comienza con el recipiente de material 101 llenándose por un recipiente de almacenamiento u otro dispositivo de llenado (no mostrado). En una realización, el recipiente de material 101 canaliza material desde la parte de llenado hasta la parte de descarga, principalmente por gravedad, y al interior del alimentador 102 ubicado por debajo de y contiguo a la parte de descarga del recipiente de material. El alimentador 102 puede transferir entonces el material por alimentación de tornillo a un extremo de descarga del alimentador 102-3 cuando el material se descarga en el interior de algún receptáculo o equipo de procesamiento (no mostrado). El adyuvante de proceso 103, bajo el

control de controlador 104, puede ayudar al flujo de material a través del recipiente de material 101.

En una realización, sin el adyuvante de proceso 103, un material, tal como un polvo fino, puede formar un arco o puente de soporte por sí mismo en el recipiente de material 101, que puede afectar al flujo de material al alimentador 102. El alimentador 102 puede descargar material perdido por debajo del puente y entonces el flujo de material desde el alimentador 102 puede detenerse aunque haya una gran cantidad de material aún en el recipiente de material 101.

Diversas variables de proceso pueden determinarse para proporcionar información de rendimiento de sistema y/o usarse para proporcionar ajustes de funcionamiento al sistema 100. Por ejemplo, el controlador 104 puede recibir datos de peso continuos del sistema 106 de pesaje, y calcular un caudal de masa de descarga desde el alimentador 102. Por ejemplo, el caudal de masa de descarga puede ser la diferencia en peso de material ( $\Delta W$ ) a lo largo de un periodo de tiempo ( $\Delta t$ ). El caudal de descarga puede compararse con un punto de referencia definido por el usuario del caudal de masa.

En general, la variable de proceso puede ser cualquiera de diversos valores que caracterizan o son indicativos del flujo de material a través del sistema. Por ejemplo, la variable de proceso puede ser un caudal de masa, el InstFF, un factor de flujo de velocidad instantánea promedio (InstFF<sub>avg</sub>), una tasa de cambio del InstFF<sub>avg</sub> durante un intervalo de tiempo seleccionado, u otra característica de flujo de material del sistema.

En una realización, el controlador 104 está configurado para predecir y/o detectar el estado de flujo en deterioro. El controlador 104 puede configurarse además para controlar el adyuvante de proceso 103 que interviene preventivamente, para detener, y, en algunas realizaciones, revertir los el estado de flujo en deterioro. En algunas realizaciones, una variable de proceso se determina por el sistema y se usa proyectada o detecta el estado de flujo en deterioro. Por ejemplo, el controlador 104 puede identificar una tendencia asociada a la transferencia de material a través del alimentador 102 y entonces cambiar la salida de variable del adyuvante de proceso 103 basándose en la tendencia identificada. La tendencia identificada por el controlador 104 puede asociarse a una característica de proceso del sistema, tal como (por ejemplo, un proceso de cambio) la variable indicando un estado de flujo de material. En una realización esta variable de proceso de cambio puede ser un factor de eficiencia de cambio. En una realización esta variable de proceso de cambio es un factor de alimentación instantánea de cambio (descrito a continuación) o una función de factor de alimentación instantánea de cambio (por ejemplo, un factor de alimentación promedio tal como se describe a continuación). En una realización, un cambio a la salida de variable del controlador se basa en una comparación de la característica de proceso (por ejemplo, una variable de proceso) a un punto de referencia de característica de proceso (por ejemplo, una variable de proceso punto de referencia). En una realización, la característica de proceso es una tasa de cambio en una variable de proceso durante un intervalo de tiempo seleccionado.

Alternativamente o en adición, el controlador 104 puede identificar una tendencia asociada a la transferencia de material a través del alimentador 102 y cambiar la salida de variable del adyuvante de proceso 103 basándose en la tendencia identificada. En una realización, un componente de la tendencia identificada es una medida del tiempo a lo largo del que se observa la tendencia. De este modo, por ejemplo, la tendencia identificada por el controlador 104 puede asociarse a una característica de proceso del sistema, tal como un cambio en una variable de proceso durante un intervalo de tiempo seleccionado (por ejemplo, una variable de proceso asociada al alimentador 102, el recipiente de material 101, u otro componente de sistema).

El intervalo de tiempo seleccionado puede ser un periodo de tiempo seleccionado de antemano. En una realización, el intervalo de tiempo seleccionado puede seleccionarse de una tabla de consulta durante el funcionamiento del sistema, y en aún otra realización, el intervalo de tiempo seleccionado puede seleccionarse automáticamente, por ejemplo, tal como se comenta a continuación en conexión con la figura 4. En una realización, el intervalo de tiempo seleccionado se establece por un usuario. El intervalo de tiempo seleccionado puede basarse, al menos en parte, en un punto de referencia definido por el usuario basándose en un caudal seleccionado del material a través del sistema (por ejemplo, a través del alimentador 102, a través del recipiente de material 101 o a través de otro componente de sistema 100, 200) tal como se describe a continuación.

Diversas variables de proceso pueden usarse por el controlador 104 para determinar cuando ajustar el adyuvante de proceso 103. En algunas configuraciones, las variables de proceso se asocian a una característica de flujo de material. En una realización, puede usarse una variable de proceso denominada factor de alimentación instantánea (InstFF). En una realización, InstFF proporciona una estimación instantánea del rendimiento de funcionamiento del sistema de transferencia de material a granel (incluyendo por ejemplo, su eficiencia de funcionamiento). Un InstFF puede corresponder al caudal de masa de descarga calculado desde el alimentador dividido por la velocidad de tornillo de alimentador (tomada durante el periodo de tiempo con el que se calculó el caudal de masa, por ejemplo, 250 ms) como porcentaje de la velocidad de tornillo de alimentador máxima es decir, el 100 %. Por ejemplo, si la velocidad de tornillo de alimentador se hace funcionar al 40 % de su velocidad máxima, y el caudal de masa del alimentador se calcula como 65 Kg/h, el InstFF se calcularía como  $65/0,4 = 162,5$  Kg/h. De este modo, teóricamente el alimentador 102, en este momento de tiempo, podría lograr un caudal de masa máximo de 162,5 kg/h cuando el tornillo de alimentador se hace funcionar al 100 % de velocidad. En una realización, el InstFF puede ser una variable de proceso asociada a una característica de flujo de material del alimentador 102.



5 En una realización, la variable de proceso se calcula como la suma de factores de alimentación instantánea durante un número predeterminado de intervalos de tiempo (que pueden o no ser los intervalos de tiempo seleccionados), divididos por la razón de porcentaje de la velocidad de motor actual del alimentador con respecto a la velocidad de motor máxima del alimentador, dividida por (N) que es un factor de tiempo que puede ser el número predeterminado de intervalos de tiempo o un periodo de tiempo predeterminado.

10 En una realización, la variable de proceso es un factor de alimentación instantánea promedio (o factor de alimentación promedio) determinado por la ecuación (1) a continuación, en la que  $FF_{avg}$  es el factor de alimentación instantánea promedio, MF es el caudal de masa medido a través de un alimentador, MS% es la razón de porcentaje de velocidad de motor actual del alimentador con respecto a la velocidad de motor máxima del alimentador, y N es un factor de tiempo que puede ser el número predeterminado de intervalos de tiempo o un periodo de tiempo predeterminado. Véase por ejemplo, las figuras 3A-3C, etapas 313-332.

$$PV = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{FR}{\%FR}}{N}$$

15 Ecuación (1)

20 En una realización, el sistema 100 puede hacerse funcionar en consideración del tipo de material que se procesa por el sistema 100. Por ejemplo, diferentes tipos de materiales pueden asociarse a diferentes propiedades de flujo o características de flujo que son reflejo de la facilidad o dificultad relativa con la que un material particular puede procesarse. En una realización, esta facilidad o dificultad se refleja por una característica de flujo de material. En una realización, sistema 100 puede hacerse funcionar en consideración de esa característica de flujo de material haciendo funcionar el sistema 100 en un ajuste que corresponde a la característica de flujo de material. En una realización, el ajuste de sistema está asociado a un punto de referencia de característica de proceso.

25 En una realización, el material que es difícil de procesar tal como polvos cohesivos puede requerir una salida de adyuvante de proceso con un nivel de energía más alto (por ejemplo, que corresponde a una mayor vibración de amplitud) que un material que es más fácil de procesar. De este modo, un punto de referencia de característica de proceso puede corresponder a un nivel mínimo de salida de energía para el adyuvante de proceso 103. En una realización, el ajuste de mínimo puede ser una salida mínima para adyuvante de proceso 103 durante la operación en curso del sistema 100.

35 Tal como se describe en más detalle en el presente documento, la salida puede aumentarse en respuesta a una variable de proceso durante periodos de funcionamiento selectivos del sistema 100 (por ejemplo, tal como cuando un estado de flujo en deterioro se detecta o se predice que va a producirse). El ajuste de mínimo puede ajustarse también para reflejar facilidad o dificultad a largo plazo de funcionamiento. En una realización, la salida de energía de nivel mínimo es un ajuste de mínimo del adyuvante de proceso 103 que puede ajustarse dinámicamente. Un método para ajustar dinámicamente un ajuste de mínimo de este tipo se describe en más detalle a continuación en conexión con la figura 5. Por tanto, en una realización, el punto de referencia de característica de proceso puede reducirse o aumentarse basándose en si el material se espera que sea fácil o difícil de procesar. Debe observarse que diversos puntos de referencia de característica de proceso pueden estar disponibles para la selección por el usuario. En una realización, el usuario puede especificar el punto de referencia de característica de proceso basándose en un menú de puntos de referencia de característica de proceso o introduciendo un punto de referencia de característica de proceso que no está en el menú. En una realización, un material que se procesa fácilmente puede asociarse a un punto de referencia de característica de proceso que es más bajo que un punto de referencia de característica de proceso asociado a un material que es más difícil de procesar. El punto de referencia de característica de proceso puede establecerse por corchetes en la característica de procesamiento de materiales de los diferentes materiales a lo largo de un espectro de categorías de fácil a difícil.

50 Tal como se describe en más detalle en el presente documento, el funcionamiento de un adyuvante de proceso 103 puede ajustarse antes de que se produzca una alteración importante de flujo de material. La alteración de flujo importante puede caracterizarse por un caudal de material a través de recipiente de material 101 que es sustancialmente diferente de un caudal de material a través del alimentador en un tiempo dado. En una realización, antes de una alteración de flujo importante en el recipiente de material 101, tal como un puente, la tasa de cambio en la variable de proceso durante un intervalo de tiempo seleccionado (es decir, en una realización, la pendiente de variable de proceso en sí misma es una variable de proceso) disminuye rápidamente y la salida del adyuvante de proceso 103 puede aumentarse para aumentar y/o mejorar el flujo de material en una realización, la salida del adyuvante de proceso 103 se aumenta si la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y un valor umbral es un valor negativo. En una realización, en la que una diferencia entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral es un número negativo, un estado de flujo en deterioro se predice en el recipiente de material.

60 En una realización, el valor umbral puede ajustarse en respuesta a el estado de flujo caracterizado por la variable de proceso que es o bien sustancialmente constante o bien sustancialmente diferente para un periodo seleccionado. El

periodo seleccionado es preferiblemente un periodo de tiempo seleccionado de antemano. En una realización, el periodo seleccionado se selecciona de una tabla de consulta durante el funcionamiento del sistema (por ejemplo, se selecciona automáticamente). En una realización, el valor umbral puede ajustarse basándose en la detección de una alteración de peso inesperada.

5 Haciendo referencia ahora a las figuras 3A-3C, en una realización, las etapas de proceso ejecutadas por el controlador 104, se muestran. El controlador 104 puede ser, por ejemplo, un controlador basado en microprocesador.

10 Tal como se describe en una realización, el controlador 104 está configurado para identificar una tendencia asociada a la transferencia de material a través del alimentador y configurado para realizar un cambio en la salida de variable del adyuvante de proceso basándose en la tendencia.

Una realización de un proceso usado por el controlador 104 se ilustra en las figuras 3A-3C.

15 En la figura 3A, en la etapa 301, el controlador 104 es capaz de hacer funcionar el algoritmo ilustrado en intervalos de tiempo predeterminados, por ejemplo, cada 250 ms. Un experto habitual en la técnica sabrá que intervalos de tiempo predeterminados pueden generarse en intervalos diferentes según se desee y uniformes con el sistema particular empleado. En la etapa 302, el controlador 104 comprueba si el alimentador 102 está funcionando o está detenido. Si en la etapa 302 el alimentador 102 no está funcionando, el adyuvante de proceso 103 se ajusta a una salida de nivel de energía del 0 % en la etapa 303, el algoritmo se abandona en la etapa 304 y la etapa 301 se repite entonces en el intervalo apropiado. Si la determinación en la etapa 302 es que el alimentador 102 está funcionando, la etapa 305 consulta si existe un estado de alteración de peso inesperado. Si la respuesta es sí, entonces un contador de alteración de control se aumenta en la etapa 306, el algoritmo se abandona en la etapa 307, y la etapa 301 se repite según sea apropiado.

25 Si una alteración de peso inesperada no se detecta en la etapa 306, entonces en la etapa 308 el controlador 104 determina si o no la contribución de control integral del algoritmo de control de alimentador supera un determinado umbral. Específicamente, en la realización ilustrada, la etapa 308 se refiere a un estado de error conocido como liquidación integral. La liquidación integral es un control de derivada integral proporcional (PID), término usado habitualmente en la industria de control. En una realización, la liquidación es un estado que se produce cuando el caudal de masa calculado es menor que el caudal de masa de punto de referencia en un momento en el que la velocidad de motor del alimentador no puede aumentarse, generando de ese modo un error negativo en respuesta. En este caso, un término de error integrado, que ya es negativo, empieza a disminuir rápidamente, lo que a su vez provoca que el error integrado de alimentador  $F_{iv}$ , que es la parte integral de la salida de controlador PID y se calcula como el valor de orden de accionamiento menos la contribución proporcional más reciente, para aumentar rápidamente para intentar corregir el error. Durante operaciones gravimétricas normales de una realización preferida del sistema, el error integrado de alimentador  $F_{iv}$  normalmente tiene el mismo valor que el valor de orden de accionamiento del alimentador, que preferiblemente corresponde al porcentaje de funcionamiento de la velocidad de tornillo total del alimentador por ejemplo, el 40 %. La contribución proporcional es normalmente pequeña.

40 En la etapa 308, si el cálculo de  $F_{iv}$  es mayor que un valor umbral (por ejemplo, un valor de máximo) indicando que está presente liquidación integral, el contador de alteración de control se aumenta en la etapa 309, y se alcanza la etapa 310.

45 En la etapa 310, el controlador 104 comprueba un modo de indicación de funcionamiento. En una realización, sistema 100 funciona en dos modos (por ejemplo, un modo gravimétrico y un modo volumétrico). En una realización, cuando el sistema 100 se hace funcionar en un primer modo, el controlador 104 calcula una primera variable de proceso de modo 1 en la etapa 312. De manera similar, cuando el sistema 100 se hace funcionar en un segundo modo, el controlador 104 calcula una primera variable de proceso de modo 2 en la etapa 311. En la realización de la figura 3A, en cualquier modo, la primera variable de proceso calculada se usa en la etapa 313 tal como se describe en más detalle a continuación.

55 En una realización, los dos modos de funcionamiento del sistema 100 son un modo gravimétrico y un modo volumétrico. En una realización de modo gravimétrico, una orden de accionamiento se ajusta para mantener el flujo de masa a través del alimentador 102 (por ejemplo, a un punto de referencia seleccionado). Una orden de accionamiento es preferiblemente una razón de la velocidad de motor actual del alimentador 102 con respecto a la velocidad de motor máxima del alimentador 102. Un controlador PID es un método usado para controlar la velocidad de motor de alimentador. En una realización de modo volumétrico, la orden de accionamiento se mantiene constante (por ejemplo, a menos que se ajuste a propósito) y el flujo de masa calculado variará.

60 Realizaciones de ejemplo de cálculos de primera variable de proceso de modo gravimétrico y modo volumétrico se comentarán a continuación. Tal como se ilustra en la figura 3A, en una realización, en la etapa 312, el sistema 100 funciona en modo volumétrico y la primera variable de proceso de modo 1 puede ser un factor de alimentación instantánea, calculada en la etapa 312 mediante la ecuación  $Inst\ FF = MF/DC$  en la que MF es el flujo de masa a través del alimentador 102 y DC es la orden de accionamiento de alimentador. En una realización, el flujo de masa es un valor calculado y la orden de accionamiento se fija (por ejemplo, a menos que se ajuste a propósito). Por ejemplo,

65

si la velocidad de tornillo de alimentador se hace funcionar al 40 % de su velocidad máxima, y el caudal de masa del alimentador se calcula como 65 Kg/h, el InstFF se calcularía como  $65/0,4 = 162,5$  Kg/h.

5 En la etapa 311, el sistema 100 está en modo gravimétrico y la primera variable de proceso de modo 2 puede ser un factor de alimentación instantánea calculado mediante la ecuación  $\text{InstFF} = \text{SP} / \text{Fiv}$  en la que SP es un punto de referencia (por ejemplo, un punto de referencia de flujo de masa que es un punto de referencia predeterminado, un punto de referencia seleccionado por usuario o un punto de referencia seleccionado automáticamente) y Fiv que es la parte integral de la salida de controlador PID y se calcula como el valor de orden de accionamiento menos la contribución proporcional más reciente. La determinación de la contribución proporcional más reciente puede realizarse mediante cualquier método conocido por el experto en el campo de control de proceso. En una realización, el flujo de masa a través del sistema es numéricamente aproximadamente igual al punto de referencia cuando se hace funcionar en modo gravimétrico y la parte integral de la salida de controlador PID es numéricamente aproximadamente igual a la velocidad de tornillo de alimentador como porcentaje de la velocidad de tornillo de alimentador máxima. Por supuesto, una primera variable de proceso diferente puede usarse dependiendo, por ejemplo, del adyuvante de proceso usado y el control deseado.

10 Según el ejemplo de las figuras 3A-3C, Independientemente del modo en el que está el sistema 100, en la etapa 313, el controlador 104 suma de manera creciente la primera variable de proceso calculada en la etapa 313 como bucles de proceso 300 (por ejemplo, cada 250 ms) siguiendo la ecuación  $\text{PV Sum} = \text{PV Sum} + \text{PV}$ . Así que por ejemplo, cuando la primera variable de proceso es un factor de alimentación instantánea (tal como describió anteriormente), la suma creciente en la etapa 313 es  $\text{InstFF Sum} = \text{Inst FF Sum} + \text{Inst FF}$ . En la etapa 314, el controlador 104 comprueba el número de bucles. Si el número de bucles alcanza un límite preestablecido, el controlador 104 comprueba si el sistema está vacío. Como apreciará un experto en la técnica, las etapas 314 y 315 pueden producirse en varias ubicaciones a través de todo el proceso y el límite preestablecido puede seleccionarse por un experto en la técnica.

15 En la etapa 315 el controlador determina si el sistema está funcionando vacío. En una realización, se realiza una subrutina para determinar si o no el peso neto del sistema es bajo. Hay muchas maneras de determinar si o no un sistema está casi vacío, como apreciará un experto habitual en la técnica. Cualquier método puede usarse de acuerdo con la invención. Si se determina que el sistema está casi vacío, el controlador en la etapa 316 establece un indicador vacío de sistema. Si el sistema no está casi vacío el indicador se borra en la etapa 317.

20 En la etapa 318 ilustrada en la figura 3B, el número de bucles se comprueba para determinar si ha alcanzado un segundo número predeterminado de pasos, tal como 40. Si el contador de bucle no es igual al número predeterminado, se aumenta el contador y el algoritmo se abandona en la etapa 319 y vuelve a la etapa 301 según sea apropiado. Si el contador es igual al número predeterminado en la etapa 318, entonces en la etapa 320 un promedio de la primera variable de proceso se calcula y almacena. En una realización, un promedio de factor de alimentación instantánea ( $\text{InstFF}_{\text{avg}}$ ) se calcula y almacena en la memoria, tal como en una memoria intermedia FIFO circular. Por ejemplo, si el número predeterminado es 40 y el intervalo de tiempo para el InstFF es 250 ms, entonces el  $\text{InstFF}_{\text{avg}}$  se basa en un intervalo de diez segundos (es decir, 40 multiplicado por 250 m). Además, el contador de bucle se reinicia y la suma de la primera variable de proceso se reinicia.

25 Después en la etapa 321, Un tiempo de muestreo o tamaño seleccionado se recupera y un conteo de muestra se calcula, por ejemplo, tal como se ilustra en la figura 4. El tiempo de muestreo o tamaño puede relacionarse con el tipo de alimentador y el tipo de material que se dispensa. Por ejemplo, un alimentador de alta tasa puede funcionar vacío en un minuto o dos después de que se detecta un estado de flujo en deterioro, mientras que un alimentador de baja tasa puede tomar 20 o 30 minutos para funcionar vacío después de que se detecte un estado de este tipo. Por consiguiente, el tiempo o conteo de muestreo puede ser más pequeño para un alimentador de alta tasa que un alimentador de baja tasa. Los tiempos de muestreo pueden oscilar, por ejemplo, de 20 segundos a 240 segundos. Además, el conteo de muestra puede calcularse como el tiempo de muestreo seleccionado dividido por intervalos de tiempo, tal como intervalos de tiempo de 10 segundo. Los intervalos de tiempo pueden establecerse para corresponder al intervalo de tiempo de  $\text{InstFF}_{\text{avg}}$ .

30 En la etapa 322, se aumenta el conteo de muestreo. De este modo, el contador de conteo de muestreo tiene lleva la cuenta del número de conteos de muestreo durante el tiempo de muestreo. Por ejemplo, La cuenta mantenida por el contador de muestreo puede corresponder al número de los valores  $\text{InstFF}_{\text{avg}}$  almacenados en la memoria durante el tiempo de muestreo.

35 En la etapa 323, el controlador consulta si el tiempo de muestreo seleccionado en la etapa 321 ha expirado comprobando si el conteo de muestreo determinado en la etapa 321 ha alcanzado su límite. Si el conteo de muestreo no ha alcanzado su límite, el algoritmo se abandona en la etapa 324 y la etapa 301 se repite. Si el conteo de muestreo en la etapa 321 ha alcanzado su límite, el algoritmo avanza a la etapa 325.

40 usando, por ejemplo, una técnica de regresión lineal, el controlador 104 calcula una pendiente de variable de proceso en la etapa 325. En una realización, una pendiente de una serie de valores  $\text{InstFF}_{\text{avg}}$  recuperados de la memoria, tal como los determinados a través del proceso descrito anteriormente. El número de valores  $\text{InstFF}_{\text{avg}}$  usados para calcular la pendiente puede ser igual que el número de valores  $\text{InstFF}_{\text{avg}}$  almacenados durante el tiempo de muestreo.

Por ejemplo, si el tiempo de muestreo para un alimentador particular es 60 segundos, el conteo de muestreo es 6 (por ejemplo, 60 segundos dividido por intervalos de tiempo de 10 segundos), y si los anteriores 6 almacenados  $InstFF_{avg}$  fueron 160, 161, 159, 160, 158, y 157, la pendiente de variable de proceso se calcularía como -0,657.

- 5 En la etapa 326, el controlador 104 normaliza la pendiente de variable de proceso calculada en la etapa 325. En una realización, la pendiente de variable de proceso puede normalizarse como cambio de porcentaje del  $InstFF_{avg}$ . Por ejemplo, la pendiente puede representarse como:

$$\text{pendiente (\%)} = 100 \% * (\text{conteo de muestreo} - 1) * \text{pendiente de variable de proceso} / \text{último } InstFF_{avg}$$

- 10 en la que pendiente (%) es la pendiente expresada como cambio de porcentaje en el  $InstFF_{avg}$ . De este modo, continuando con el ejemplo anterior:  $\text{pendiente (\%)} = 100 \% * (6-1) * -0,657 / 157 = -2,1 \%$ . En el ejemplo, la variable de proceso ( $InstFF_{avg}$ ), pendiente (%) ha decaído 2,1 por ciento durante el periodo de tiempo de muestreo anterior.

- 15 Un valor umbral puede usarse para determinar si hay un deterioro importante de la variable de proceso o no. Por ejemplo, en una realización, el valor umbral de variable de proceso (por ejemplo, pendiente) se determina empíricamente. Puede ser un número predeterminado para una aplicación dada o puede ajustarse según lo justifiquen las condiciones. Además, como se indica en la etapa 327, el valor umbral de variable de proceso puede ajustarse basándose en el estado de sistema. En una realización, el valor umbral de variable de proceso puede establecerse en
- 20 -4,5 % y ajustarse basándose en el número de errores acumulados (por ejemplo, como se indica por un contador de alteración de control). En una realización, el valor umbral de variable de proceso se ajusta a un 0 % de pendiente. De acuerdo con un ejemplo, si el contador de alteración de control ha acumulado un total de 5 conteos durante un periodo de tiempo predeterminado (por ejemplo, los 60 segundos pasados), la pendiente de variable de proceso umbral se ajustará a -4,0 %, usando la relación:  $\text{valor umbral ajustado} = -4,5 \% + (\text{conteo de alteración de control}/10)$ . La variable
- 25 de proceso umbral se ajusta al reconocer el hecho de que en algunos casos es más probable tener un deterioro importante de los el estado de flujo cuando el contador de alteración de control es alto. Tras la etapa 327, el contador de alteración de control o contador de error se restablece a cero en la etapa 328 para el siguiente periodo de tiempo de muestreo. Por supuesto, el ajuste del umbral de variable de proceso puede no ser necesario en algunas aplicaciones.

- 30 En la etapa 329, el indicador vacío de sistema de la etapa 316 se comprueba y si el indicador se establece, la salida de adyuvante de proceso se reduce (por ejemplo, al 20 % de la salida máxima del adyuvante de proceso), y el algoritmo se abandona en la etapa 337 y la etapa 301 se repite. Por el contrario, si la comprobación en la etapa 329 revela que el indicador vacío de sistema se ha borrado, el algoritmo avanza a la etapa 332.

- 35 La pendiente de variable de proceso (*es decir*, porcentaje de cambio de pendiente) se compara con el valor umbral de variable de proceso en la etapa 332. Si la pendiente de variable de proceso es menor que el valor umbral de variable de proceso, un contador por debajo de umbral se aumenta en 1 y contador por encima de umbral se restablece a cero en la etapa 333. Este el estado representa el estado de flujo en deterioro de manera que la salida de adyuvante de
- 40 proceso 103 puede aumentarse, por ejemplo, el 10 %, de su salida máxima en la etapa 334. Por supuesto, la salida de adyuvante de proceso 103 puede aumentarse en otras diversas maneras, tal como mediante un valor fijo o un valor creciente. Si la pendiente de variable de proceso no es menor que el valor umbral, Indicando el estado de flujo favorables, el contador por debajo de umbral puede restablecerse a cero y el contador por encima de umbral aumentado en 1 tal como se ilustra en la etapa 335.

- 45 En una realización, cuando un estado de flujo favorable existe durante un periodo de tiempo suficiente, el contador por encima de umbral se aumenta y compara con un número de umbral en la etapa 336. Por ejemplo, si el contador por encima de umbral es mayor que el número de umbral, la salida de adyuvante de proceso 103 se disminuye en la
- 50 etapa 340 a continuación de una comprobación de que el adyuvante de proceso se hace funcionar por encima de un ajuste de adyuvante de proceso (por ejemplo, umbral de mínimo) en la etapa 338. En una realización, el número de umbral puede ser, por ejemplo, 5 y la salida de adyuvante de proceso 103 puede disminuirse un porcentaje, por ejemplo, el 4 % de su salida máxima en la etapa 340, o un valor predeterminado. Si el contador por encima de umbral es menor que el número de umbral (5, en el ejemplo), el algoritmo se abandona en la etapa 337 y la etapa 301 se repite. Además, si el adyuvante de proceso 103 no está por encima de su ajuste de adyuvante de proceso (por ejemplo,
- 55 umbral de mínimo) en la etapa 338, el algoritmo se abandona en la etapa 339 y la etapa 301 se repite. En el ejemplo, el estado favorables deben existir al menos cinco veces más que los el estado de flujo en deterioro con el fin de realizar una disminución en salida de adyuvante de proceso.

- 60 La figura 4 ilustra un ejemplo de un proceso para seleccionar el tiempo de muestreo, tal como se comentó anteriormente en conexión con la etapa 321 de la figura 3B. Tal como se indica en la etapa 401, las etapas de proceso de la figura 4 pueden repetirse en un intervalo predeterminado, por ejemplo, cada 10 segundos. Alternativamente, las etapas de proceso de la figura 4 pueden invocarse tras el suceso de un estado predeterminado. En una realización, el tiempo de muestreo se recupera y el conteo de muestreo se genera. Véase la descripción anterior y el diagrama de flujo en la figura 4. En la etapa 402, se selecciona el tiempo de muestreo. El tiempo de muestreo puede seleccionarse
- 65 dependiendo del punto de referencia de flujo de masa en relación con el factor de alimentación. Por ejemplo, cuanto más cerca está el punto de referencia de caudal de masa del factor de alimentación, menor es el tiempo de muestreo.

En particular, el tiempo de muestreo en la etapa 402 puede ser una función del punto de referencia de caudal de masa del usuario y el factor de alimentación instantánea calculado  $InstFF$ . puede variar el tiempo de muestreo, por ejemplo, de 20 segundos a 240 segundos. La etapa 402 indica una posible relación entre el tiempo de muestreo y el punto de referencia SP y el factor de alimentación FF (*es decir*,  $InstFF$ ). El tiempo de muestreo puede seleccionarse de una  
 5 tabla de consulta. El conteo de muestreo puede determinarse como el tiempo de muestreo dividido por el número predeterminado de intervalos de tiempo, por ejemplo, 10 segundos, tal como se comentó anteriormente. Sin embargo, esta descripción se pretende como un ejemplo y son posibles otras relaciones.

Después de que se seleccione el tiempo de muestreo, el controlador 104 en la etapa 403 compara el contador por debajo de umbral (de las etapas 333 y 335 de la figura 3C) con respecto a un valor (por ejemplo, el valor establecido puede ser 2 u otro número predeterminado). Si el contador por debajo de umbral no es mayor que o igual al valor establecido, La subrutina se abandona en la etapa 404 y se vuelve a la etapa 401 en el momento apropiado. Si el  
 10 contador por debajo de umbral es mayor que o igual al valor establecido, el tiempo de muestreo se reduce en la etapa 405. Por ejemplo, el tiempo de muestreo puede reducirse una cantidad fija o una cantidad de porcentaje. En una realización, el tiempo de muestreo se divide por un valor fijo, por ejemplo, 2. La etapa 406 garantiza que el tiempo de muestreo reducido no es menor que un límite inferior. Si el tiempo de muestreo reducido es menor que el límite inferior, entonces el tiempo de muestreo puede establecerse al límite inferior en la etapa 408. Según un ejemplo, El límite inferior puede ser 20 segundos. Las etapas 407 y 409 salen de la subrutina de las etapas 406 y 408, respectivamente.

El concepto de ajuste de mínimo a largo plazo del adyuvante de proceso se describirá en conexión con el ejemplo ilustrado en la figura 5. El ajuste de mínimo a largo plazo implica elevar o reducir el punto de empuje inicial de salida de energía para el adyuvante de proceso (*es decir*, el valor de mínimo) en respuesta a el estado de funcionamiento detectados a lo largo de un periodo de tiempo más largo que los periodos de tiempo comentados anteriormente. En una realización, el valor de mínimo o bien se disminuye o bien se aumenta el 5 % basándose en la frecuencia del  
 20 sistema que introduce un modo prescrito (por ejemplo, un modo de tiempo rápido).

En la realización descrita en la figura 5, el modo de tiempo rápido puede introducirse cuando el contador por debajo de umbral de la etapa 403 es mayor que o igual a un valor predeterminado (por ejemplo, 2), y el tiempo de muestreo se reduce en la etapa 405. En la figura 5, el controlador 104 en la etapa 501 consulta si o no el modo de tiempo rápido se ha introducido. Si no se ha introducido, el controlador 104 aumenta un contador o inicia un reloj en la etapa 507.  
 30 Por ejemplo, el contador o reloj puede designarse para medir un periodo de tiempo, tal como tres horas. Si el modo de tiempo rápido se ha introducido, el contador o reloj se restablece en la etapa 502. Entonces en la etapa 503, el controlador 104 comprueba si el modo de tiempo rápido se ha introducido un número particular de veces en un periodo preestablecido, tal como una hora. Si el modo de tiempo rápido supera el número de conteo en el periodo de tiempo, un valor de mínimo de la salida de adyuvante de proceso se aumenta en la etapa 505, y la subrutina se devuelve a la etapa 501 desde la etapa 506. Si el modo de tiempo rápido no supera valor de conteo en el periodo preestablecido la subrutina se devuelve a la etapa 501 desde la etapa 504.

Volviendo a la etapa 507, si el modo de tiempo rápido en la etapa 501 no se ha introducido, se inicia el contador o reloj de funcionamiento. En la etapa 508, el controlador 104 comprueba si o no el modo de tiempo rápido se ha introducido completamente durante un periodo de tiempo. Si el modo de tiempo rápido no se ha introducido en el periodo de tiempo, el controlador 104 en la etapa 509 disminuye el mínimo de salida de adyuvante de proceso. En la etapa 510, el controlador restablece el contador o reloj, y en la etapa 511 se devuelve la subrutina a la etapa 501.

En una realización, tal como en las etapas 501-506, el valor de mínimo (por ejemplo, la salida de adyuvante de proceso permitida mínima ordenada por la subrutina cuando el adyuvante de proceso se hace funcionar normalmente) se aumenta el 5 % si el sistema ha entrado en el modo de tiempo rápido 3 veces dentro de la 1 hora anterior. Por otra parte, en las etapas 507-511, el valor de mínimo se disminuye el 5 % si el sistema no ha entrado en el modo de tiempo rápido dentro de las 3 horas anteriores y el adyuvante de proceso ya no está en un valor de mínimo inferior. En una  
 45 realización, el valor de mínimo se sesga cuando se determina que el sistema está vacío de material. Por tanto, la salida de adyuvante de proceso se reducirá a, por ejemplo, el 20 % de la salida de adyuvante de proceso máxima.

Por tanto, existe un método de la presente invención que incluye el sistema 100, 200 de manejo de material que tiene un alimentador de material 102, el recipiente de material 101 configurado para descargar material al alimentador de material 102 y el adyuvante de proceso 103 enganchado con el recipiente de material 101. Este método incluye determinar un indicador de proceso asociado a una característica de flujo de material de alimentador 102 durante el funcionamiento de alimentador 102; determinar una diferencia entre el indicador de proceso y un valor umbral de indicador; y ajustar el funcionamiento de adyuvante de proceso 103 basándose en el valor de la diferencia entre el  
 55 indicador de proceso y el valor umbral de indicador.

En una realización del método, la diferencia entre el indicador de proceso y el valor umbral de indicador es indicativa de un estado de flujo en deterioro en el recipiente de material 101. De este modo, determinar una diferencia de este tipo puede anticipar el estado de flujo en deterioro e interceder de ese modo para evitar, demorar, retrasar o minimizar el estado y/o el grado en el que se produce este estado. Por ejemplo, este estado puede ser un estado de formación de puente u otros el estado de este tipo identificadas en el presente documento conocidas de otro modo por los  
 60 expertos en la técnica.

En una realización del método, el indicador de proceso incluye una tasa de cambio en una variable de proceso durante un intervalo de tiempo seleccionado (por ejemplo, el  $\text{InstFF}_{\text{avg}}$ ). Por ejemplo, el indicador de proceso puede ser una o más característica medible u observable de otro modo del alimentador 102. El indicador de proceso puede ser indicativo de una tendencia en el alimentador 102 (por ejemplo, una tendencia asociada a flujo de material a través del alimentador). En una realización, la característica del alimentador 102 es una característica de flujo. Por ejemplo, la característica de flujo puede ser una función del caudal de masa del sistema. A modo de ejemplo adicional, la variable de proceso puede ser cualquier característica variable del alimentador 102. En una realización, se calcula una variable de proceso se determina automáticamente por el sistema 100, 200 y la tasa de cambio de la variable de proceso durante el intervalo de tiempo seleccionado.

Un ejemplo de la variable de proceso es un factor de alimentación promedio tal como se describió anteriormente. En una realización, el factor de alimentación promedio se calcula mediante la ecuación (1) en la que  $\text{FF}_{\text{avg}}$  es el factor de alimentación promedio, MF es el caudal de masa a través del alimentador 102 y %MS es una razón de la velocidad de motor actual del alimentador 102 con respecto a una velocidad de motor máxima del alimentador 102 y N es un número predeterminado de intervalos de tiempo. En una realización, los intervalos de tiempo se establecen en el controlador 104, 204 y pueden ser fijos o variables.

El método puede incluir cualquiera de los adyuvantes de proceso referenciados en el presente documento o un adyuvante de proceso conocido por los expertos en la técnica que pueden seleccionarse para usarse en el método dado a conocer. En una realización, el adyuvante de proceso 103 es un vibrador (por ejemplo, un vibrador externamente dinámicamente ajustable). El método de la presente invención puede incluir ajustar el funcionamiento del adyuvante de proceso 103 como una función de un indicador de proceso, o variable de proceso. Por ejemplo, cuando el adyuvante de proceso 103 es un vibrador, la amplitud y/o frecuencia del vibrador puede variarse en respuesta a una característica observada del alimentador (por ejemplo, una diferencia entre un indicador de proceso y un valor umbral de indicador).

En una realización, ajustar el funcionamiento del adyuvante de proceso tiene lugar antes de una alteración de flujo importante en el recipiente de material. Además, la alteración de flujo importante puede caracterizarse por un caudal de material a través del recipiente de material 101 que es sustancialmente diferente de un caudal de material a través del alimentador de material 102.

En una realización, el valor umbral usado para comparar con el indicador de proceso es variable. En una realización de este tipo, si una característica de flujo en el recipiente de material 101 se identifica (por ejemplo, medida, cuantificada o detectada) que indica una alteración de flujo es inminente o está presente, el umbral puede ajustarse de manera que una comparación del indicador de proceso y el umbral desencadenará un ajuste al adyuvante de proceso 103. De este modo, en una realización, el método de la presente invención incluye ajustar el valor umbral de indicador en respuesta a la detección de un estado de flujo en el recipiente de material.

En una realización, el estado de flujo se caracteriza por una variable de proceso que es sustancialmente constante para un periodo seleccionado. Por ejemplo, en una realización, en la que una variable de proceso permanece constante durante un periodo seleccionado, el sistema 100, 200 puede configurarse para ajustar el valor umbral de manera que una salida de adyuvante de proceso 103 disminuirá.

En una realización, el método de la presente invención incluye establecer una salida mínima para el adyuvante de proceso 103 y ajustar la salida mínima para el adyuvante de proceso basándose en la diferencia entre un indicador de proceso y un valor umbral de indicador. Por ejemplo, la salida mínima puede ser una amplitud mínima para hacer funcionar un vibrador. En algunas realizaciones, la amplitud mínima puede ajustarse dependiendo de cada cuanto la diferencia entre el indicador de proceso y el valor umbral de indicador alcanza un nivel dado. Por ejemplo, (por ejemplo véanse las etapas 501-511 en la figura 5) En una realización, la amplitud mínima puede establecerse y variaciones a la amplitud (por ejemplo, en anticipación de un problema de flujo en el recipiente de material 101) se realizan en relación a ese mínimo y preferiblemente vuelven al mínimo cuando la amplitud más alta ya no se requiere. De este modo, en una realización, la salida mínima para un vibrador es la amplitud de vibrador de funcionamiento más baja del sistema 100, 200 de manejo de material.

También hay una realización de la presente invención que incluye en un sistema de manejo de material a granel que tiene el alimentador de material 102, el recipiente de material 101 configurado para descargar material al alimentador de material 102 y un vibrador 203 configurado para hacer vibrar el recipiente de material, un método para mantener un flujo uniforme que incluye calcular periódicamente una variable de proceso asociada a una característica de flujo de material del alimentador durante el funcionamiento del alimentador; determinar una pendiente de variable de proceso durante un intervalo de tiempo seleccionado, la pendiente de variable de proceso definida como una tasa de cambio en la variable de proceso; determinar una diferencia entre la pendiente de variable de proceso y un valor umbral; ajustar el funcionamiento del vibrador basándose en el valor de la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y un valor umbral. En una realización, el ajuste de etapa incluye disminuir al menos una de amplitud de vibrador y frecuencia de vibrador cuando el valor de la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y un valor umbral es mayor de cero después de un periodo de tiempo seleccionado. En una realización del método, la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral es indicativa de un estado de flujo en deterioro en el

recipiente de material. En una realización adicional, la variable de proceso es un factor de alimentación promedio calculado mediante la ecuación (1) en el presente documento. En una realización, el método incluye además ajustar el funcionamiento del vibrador 203 que incluye, cambiar la amplitud de vibración y/o la frecuencia de vibración, por ejemplo, una cantidad predeterminada cuando el valor de la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y un valor umbral es menos de cero.

En una realización adicional, ajustar el funcionamiento del vibrador 203 incluye aumentar la amplitud de vibración cuando la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral es menos de cero y disminuir la amplitud de vibración cuando la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral es mayor que o igual a cero.

En una realización, el intervalo de tiempo seleccionado se basa al menos en parte en un punto de referencia definido por el usuario. Por ejemplo, el punto de referencia definido por el usuario se basa al menos en parte en un caudal seleccionado (por ejemplo, el caudal de masa o un caudal volumétrico) de material a través del alimentador.

En una realización, el método también incluye las etapas de establecer una salida mínima para el vibrador; y ajustar la salida mínima para el vibrador basándose en la diferencia determinada en la etapa c. Además, el vibrador 203 puede tener una frecuencia que es ajustable (por ejemplo, dinámicamente ajustable y/o automáticamente ajustable) y el método incluye además la etapa de establecer la frecuencia de vibrador para funcionar a una frecuencia que se basa en un punto de resonancia de sistema.

Como también se describió anteriormente, el ajuste del funcionamiento de vibrador 203 puede tener lugar de antemano de una alteración de flujo importante en el recipiente de material 101. En una realización, la alteración de flujo importante se caracteriza por un caudal de material a través del recipiente de material 101 que es sustancialmente diferente de un caudal de material a través del alimentador de material 102.

En otra realización, el método incluye ajustar el valor umbral en respuesta a la detección de un estado de flujo en el recipiente de material (por ejemplo, un cambio en flujo de masa desde el recipiente de material en exceso de un valor predeterminado, tunelación vertical, formación de puente, y un tiempo importante sin un estado de flujo negativo). En un ejemplo, el estado de flujo se caracteriza por la variable de proceso que está, por ejemplo, por encima del valor umbral para un periodo seleccionado. En una configuración adicional, el estado de flujo se caracteriza por la variable de proceso que es sustancialmente diferente para un periodo seleccionado (por ejemplo, dinámicamente seleccionado de una tabla de consulta o seleccionado por un usuario antes del funcionamiento de sistema). En una realización, el estado de flujo está asociado a una alteración de peso. En una realización, el método incluye además ajustar al menos un del vibrador 203 frecuencia y el vibrador 203 amplitud basándose en el nivel de llenado en el recipiente de material 101.

La presente invención también incluye un sistema de transferencia de material a granel que incluye el recipiente de material a granel 101; el adyuvante de proceso 103 (por ejemplo, el vibrador 203, un(os) agitador(es) vertical(es), un(os) fuelle(s) de aire, una(s) bolsa(s) de aire, un(os) inyector(es) de aire, un(os) elementos de impacto, un(os) tornillo(s) sinfín, un(os) agitador(es) horizontal(es), un(os) dispositivo(s) sónico(s), un(os) dispositivo(s) acústico(s), una camisa flexible mecánicamente accionada, combinaciones de los mismos y similares) con una salida de variable enganchada con el recipiente de material a granel 101 (por ejemplo, enganchada en el exterior del recipiente de material 101 o enganchada en el interior del recipiente de material 101); el alimentador 102 (por ejemplo, un alimentador es un alimentador de pérdida de peso) colocado para recibir material a granel del recipiente de material a granel 101 (por ejemplo, una tolva de alimentación asimétrica), y configurado para transferir el material a granel a través del alimentador 102; y un sistema de control (por ejemplo, un sistema de control que incluye controladores 104, 204 y/o el sistema 106 de pesaje) configurado para identificar una tendencia asociada a la transferencia de material a granel a través del alimentador 102 (por ejemplo, una tendencia que está asociada a un estado de flujo de material en el sistema) y configurado para realizar un cambio en la salida de variable de adyuvante de proceso 103 basándose en la tendencia. En una realización, el sistema de control está configurado para calcular periódicamente una variable de proceso (por ejemplo, una característica del alimentador 102, calculada a partir de la ecuación (1) asociada a una característica de flujo de material del alimentador 102 durante el funcionamiento del alimentador 102; determinar una pendiente de variable de proceso definida como una tasa de cambio en la variable de proceso durante un intervalo de tiempo seleccionado; determinar una diferencia entre la pendiente de variable de proceso y un valor umbral; y ajustar la operación de adyuvante de proceso 103 basándose en el valor de la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y un valor umbral.

En una realización, es adyuvante de proceso 103 es dinámicamente ajustable (por ejemplo, ajustable durante el funcionamiento del sistema 100, 200) para permitir la aplicación variable de energía desde un nivel más bajo de energía cuando no se detectan el estado de flujo en deterioro hasta un nivel más alto de energía en cuando se detectan el estado de flujo en deterioro.

En una realización, la tendencia está asociada a un estado de flujo de material que incluye una disparidad sustancial entre un caudal de material a través del recipiente de material y un caudal de material a través del alimentador. En una realización, la tendencia está asociada a un indicador de proceso (por ejemplo, que incluye una tasa de cambio

en una variable de proceso durante un intervalo de tiempo seleccionado) y el controlador 104, 204 está configurado para cambiar la salida de variable de adyuvante de proceso 103 basándose al menos en parte en el indicador de proceso.

- 5 En una realización adicional, el controlador 104, 204 cambia la salida de variable basándose al menos en parte en una comparación del indicador de proceso con respecto a un umbral de indicador (por ejemplo, que se basa en una característica de procesamiento de material).

En una realización, la variable de proceso se determina mediante la ecuación:

10

$$PV = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{FR}{\%FR}}{N}$$

Ecuación (2)

- 15 en la que PV es la variable de proceso, FR es un caudal a través del alimentador, % FR es una razón de una velocidad de motor actual del alimentador con respecto a una velocidad de motor máxima del alimentador, y N es un factor de tiempo tomado del grupo que consiste en un número predeterminado de intervalos de tiempo y un periodo de tiempo predeterminado.



REIVINDICACIONES

1. Método para mantener un flujo uniforme en un sistema de manejo de material a granel (100, 200) que tiene un alimentador de material (102), un recipiente de material (101) configurado para descargar material al alimentador de material (102) y un vibrador (203) configurado para hacer vibrar el recipiente de material (101), **caracterizado por**

a. calcular periódicamente una variable de proceso (PV) asociada a una característica de flujo de material del alimentador durante el funcionamiento del alimentador; siendo la variable de proceso (PV) un factor de alimentación promedio calculado mediante la ecuación:

$$FF_{avg} = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{MF}{\%MS}}{N}$$

en la que  $FF_{avg}$  es el factor de alimentación promedio, MF es el caudal de masa a través del alimentador (102) y %MS es una razón de una velocidad de motor actual del alimentador (102) con respecto a una velocidad de motor máxima del alimentador (102) y N es un número predeterminado de intervalos de tiempo

b. determinar la pendiente de variable de proceso durante un intervalo de tiempo seleccionado, la pendiente de variable de proceso definida como una tasa de cambio en la variable de proceso (PV) de la etapa a;

c. determinar una diferencia entre la pendiente de variable de proceso y un valor umbral; y

d. ajustar el funcionamiento del vibrador (203) basándose en el valor de la diferencia determinada en la etapa c.

2. El método según la reivindicación 1, en el que la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral es indicativa de un estado de flujo en deterioro en el recipiente de material.

3. El método según la reivindicación 1, en el que ajustar el funcionamiento del vibrador (203) incluye aumentar la amplitud de vibración cuando la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral es menor de cero y disminuir la amplitud de vibración cuando la diferencia entre la pendiente de variable de proceso y el valor umbral es mayor de o igual a cero.

4. El método según la reivindicación 1, en el que ajustar el funcionamiento del vibrador (203) incluye una o más de las siguientes etapas: cambiar la amplitud de vibración y/o cambiar la frecuencia de vibración, y/o aumentar la amplitud de vibración una cantidad predeterminada cuando el valor de la diferencia en la etapa c es menor de cero.

5. El método según la reivindicación 1, en el que el intervalo de tiempo seleccionado se basa al menos en parte en un punto de referencia definido por el usuario, preferiblemente en donde el punto de referencia definido por el usuario se basa al menos en parte en un caudal seleccionado de material a través del alimentador.

6. El método según la reivindicación 1, que comprende además:

establecer una salida mínima para el vibrador (203); y  
ajustar la salida mínima para el vibrador (203) basándose en la diferencia determinada en la etapa c y/o en el que la frecuencia de vibrador es ajustable y el método comprende además:  
establecer la frecuencia de vibrador para funcionar a una frecuencia que se basa en un punto de resonancia de sistema.

7. El método según la reivindicación 2, en el que ajustar el funcionamiento del vibrador (203) tiene lugar antes de una alteración de flujo importante en el recipiente de material (101) y preferiblemente en donde la alteración de flujo importante se **caracteriza por** un caudal de material a través del recipiente de material (101) que es sustancialmente diferente de un caudal de material a través del alimentador de material (102).

8. El método según la reivindicación 1, que comprende además:  
ajustar el valor umbral en respuesta a la detección de un estado de flujo en el recipiente de material (101), mediante lo cual el recipiente de flujo se **caracteriza por** al menos una más de lo siguiente: el estado de flujo se **caracteriza por** la variable de proceso que es sustancialmente constante para un periodo seleccionado, y/o el estado de flujo se caracteriza por la variable de proceso que es sustancialmente diferente para un periodo seleccionado y/o el estado de flujo está asociado a una alteración de peso y/o el estado de flujo se toma del grupo que consiste en a) un cambio en flujo de masa del recipiente de material (101) en exceso de un valor predeterminado, b) tunelación vertical, c) formación de puente, y d) un tiempo importante sin un estado de flujo negativo.

9. El método según la reivindicación 1, en el que el ajuste de la etapa d incluye:  
disminuir al menos una de amplitud de vibrador y frecuencia de vibrador cuando el valor de la diferencia determinada en la etapa c es mayor de cero después de un periodo de tiempo seleccionado y/o comprendiendo el método además ajustar al menos una de frecuencia de vibrador y amplitud de vibrador basándose en el nivel de llenado en el recipiente

de material.

10. Sistema de transferencia de material a granel que comprende:

- 5 un recipiente de material a granel (101);  
 un adyuvante de proceso (103) con una salida de variable enganchado al recipiente de material a granel (101);  
**caracterizado por que** un alimentador (102) situado para recibir material a granel desde el recipiente de material a granel (101), y configurado para transferir el material a granel a través del alimentador (101); y
- 10 un sistema de control configurado para identificar una tendencia asociada a la transferencia de material a granel a través del alimentador y configurado para realizar un cambio en la salida de variable del adyuvante de proceso basándose en la tendencia, estando la tendencia está asociada a un indicador de proceso y el controlador está configurado para cambiar la salida de variable del adyuvante de proceso basándose al menos en parte en el indicador de proceso, cambiando el controlador la salida de variable basándose al menos en parte en una comparación del
- 15 indicador de proceso con respecto a un umbral de indicador, la variable de proceso es un factor de alimentación promedio calculado mediante la ecuación:

$$PV \equiv \frac{\sum_{n=1}^N \frac{FR}{\%FR}}{N}$$

- 20 en la que PV es la variable de proceso, FR es un caudal a través del alimentador, % FR es una razón de una velocidad de motor actual del alimentador con respecto a una velocidad de motor máxima del alimentador y N es un factor de tiempo tomado del grupo que consiste en un número predeterminado de intervalos de tiempo y un periodo de tiempo predeterminado.
- 25 11.El sistema según la reivindicación 10, en donde el sistema de control está configurado para
- a. calcular periódicamente una variable de proceso asociada a una característica de flujo de material del alimentador (102) durante el funcionamiento del alimentador (102);
  - b. determinar una pendiente de variable de proceso definida como una tasa de cambio en la variable de proceso
  - 30 durante un intervalo de tiempo seleccionado;
  - c. determinar una diferencia entre la pendiente de variable de proceso y un valor umbral; y
  - d. ajustar el funcionamiento del adyuvante de proceso (103) basándose en el valor de la diferencia determinada en la etapa c.
- 35 12. El sistema según la reivindicación 10, en el que el adyuvante de proceso (103) está montado en el exterior del recipiente de material (101), y el adyuvante de proceso es al menos una o más de los siguientes: el adyuvante de proceso (103) es un vibrador y/o el adyuvante de proceso se toma del grupo que consiste en un agitador vertical, un fuelle de aire, una bolsa de aire, un inyector de aire, un elemento de impacto, un tornillo sinfín, un agitador horizontal,
- 40 proceso es dinámicamente ajustable para permitir la aplicación variable de energía desde un nivel más bajo de energía cuando no se detectan los estados de flujo en deterioro hasta un nivel más alto de energía cuando se detectan los estados de flujo en deterioro.
- 45 13. El sistema según la reivindicación 10, en el que el recipiente de material (101) es una tolva de alimentación asimétrica y preferiblemente en el que el alimentador es un alimentador de pérdida de peso.
- 50 14. El sistema según la reivindicación 10, en el que la tendencia está asociada a un estado de flujo de material en el sistema (100, 200) y preferiblemente en el que el estado de flujo de material incluye una disparidad sustancial entre un caudal de material a través del recipiente de material y un caudal de material a través del alimentador (102) y/o en donde la tendencia está asociada a un indicador de proceso y el controlador está configurado para cambiar la salida de variable del adyuvante de proceso basándose al menos en parte en el indicador de proceso en donde preferiblemente el controlador (104, 204) cambia la salida de variable basándose al menos en parte en una comparación del indicador de proceso con respecto a un umbral de indicador, mediante lo cual preferiblemente el umbral de indicador se basa en una característica de procesado de material.

55

100

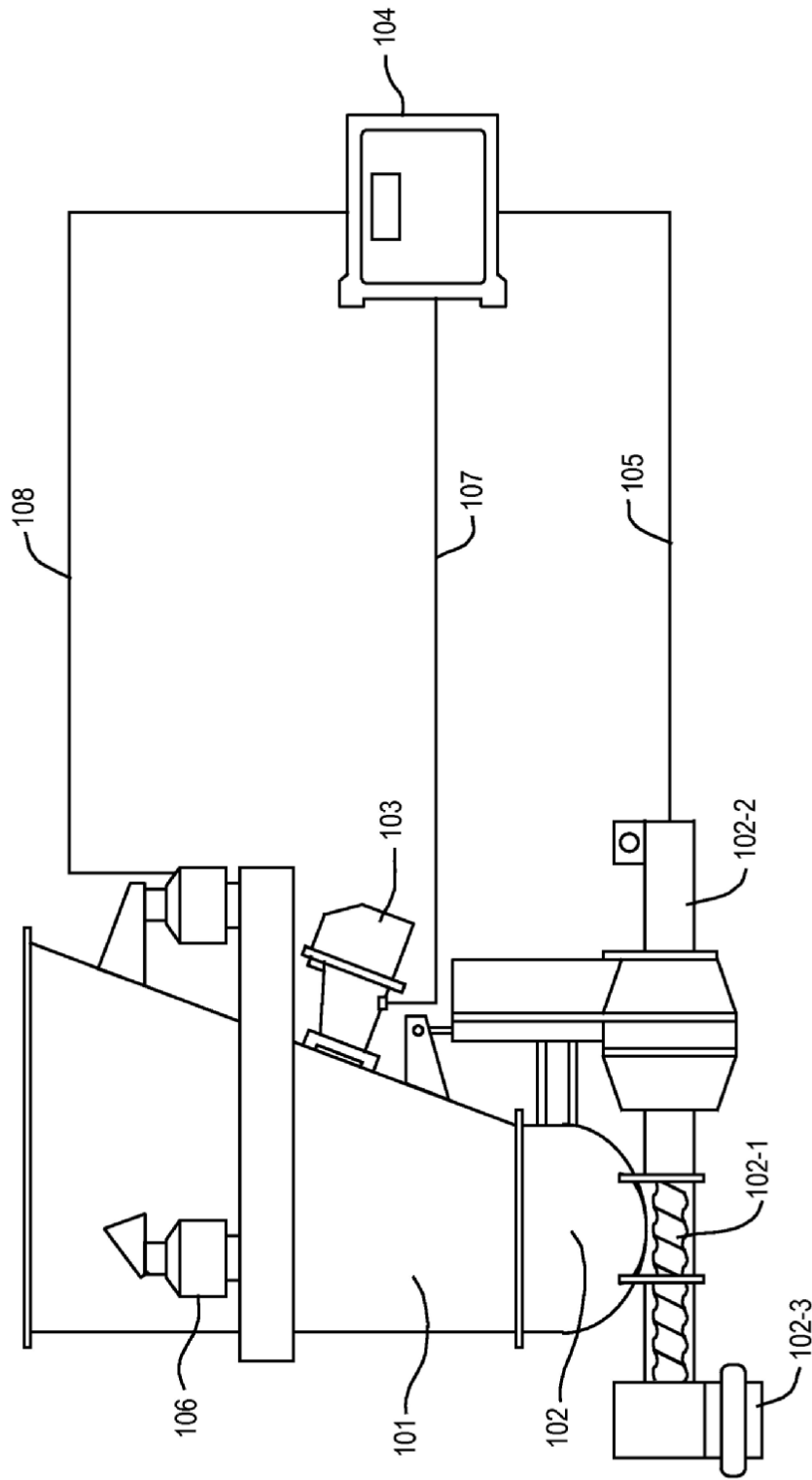
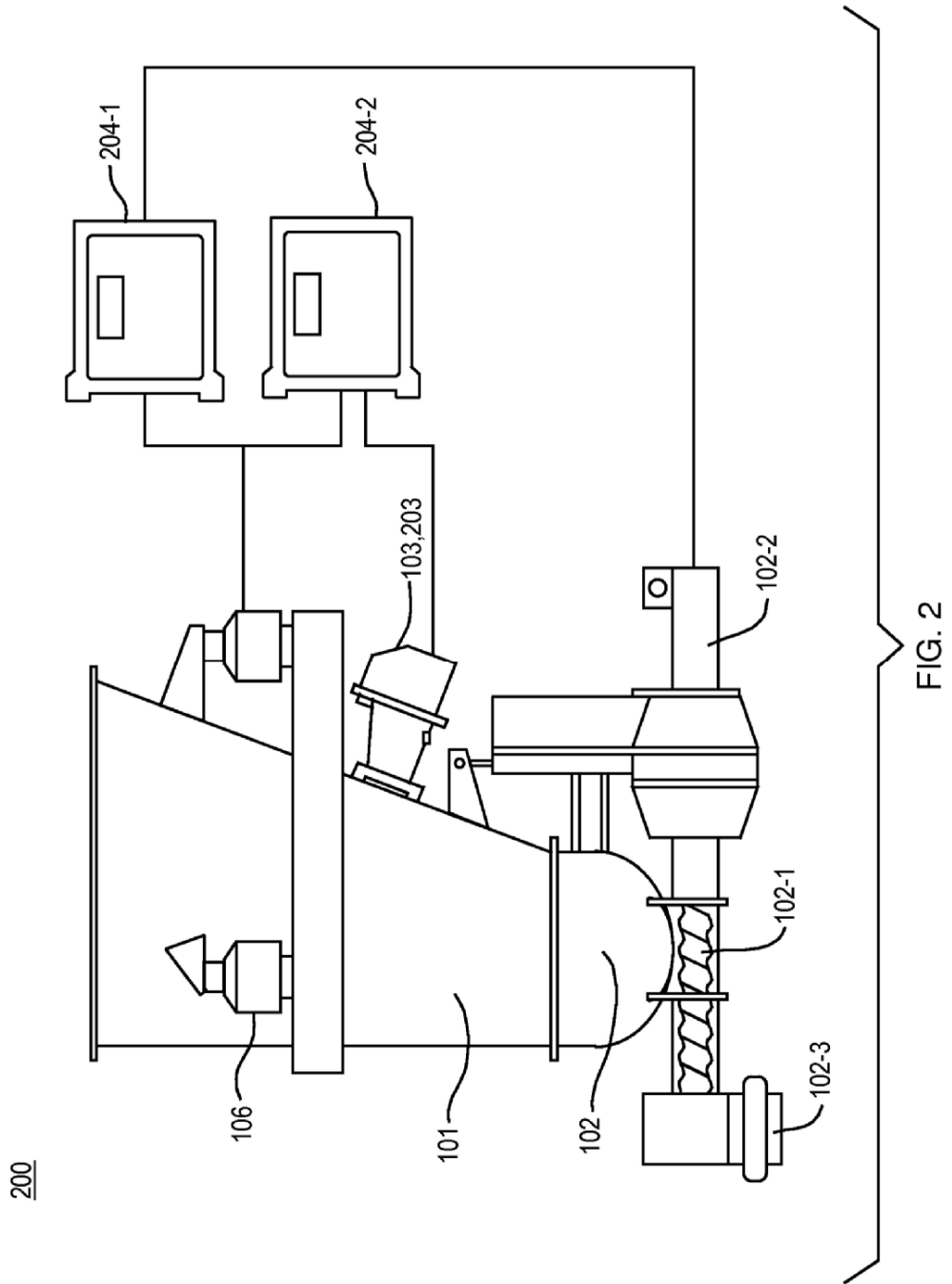
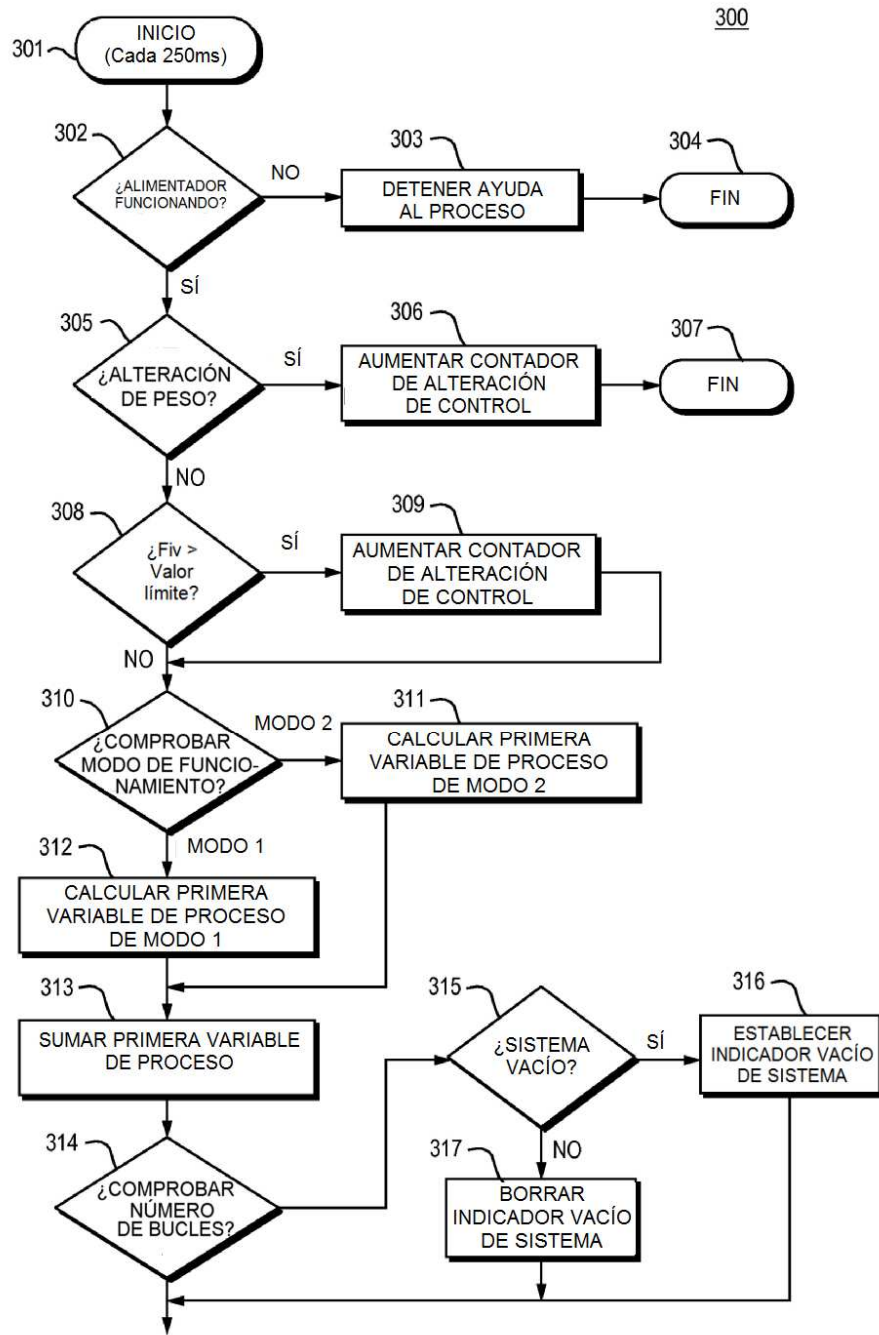


FIG. 1



200



A 318  
FIG. 3B

FIG. 3A

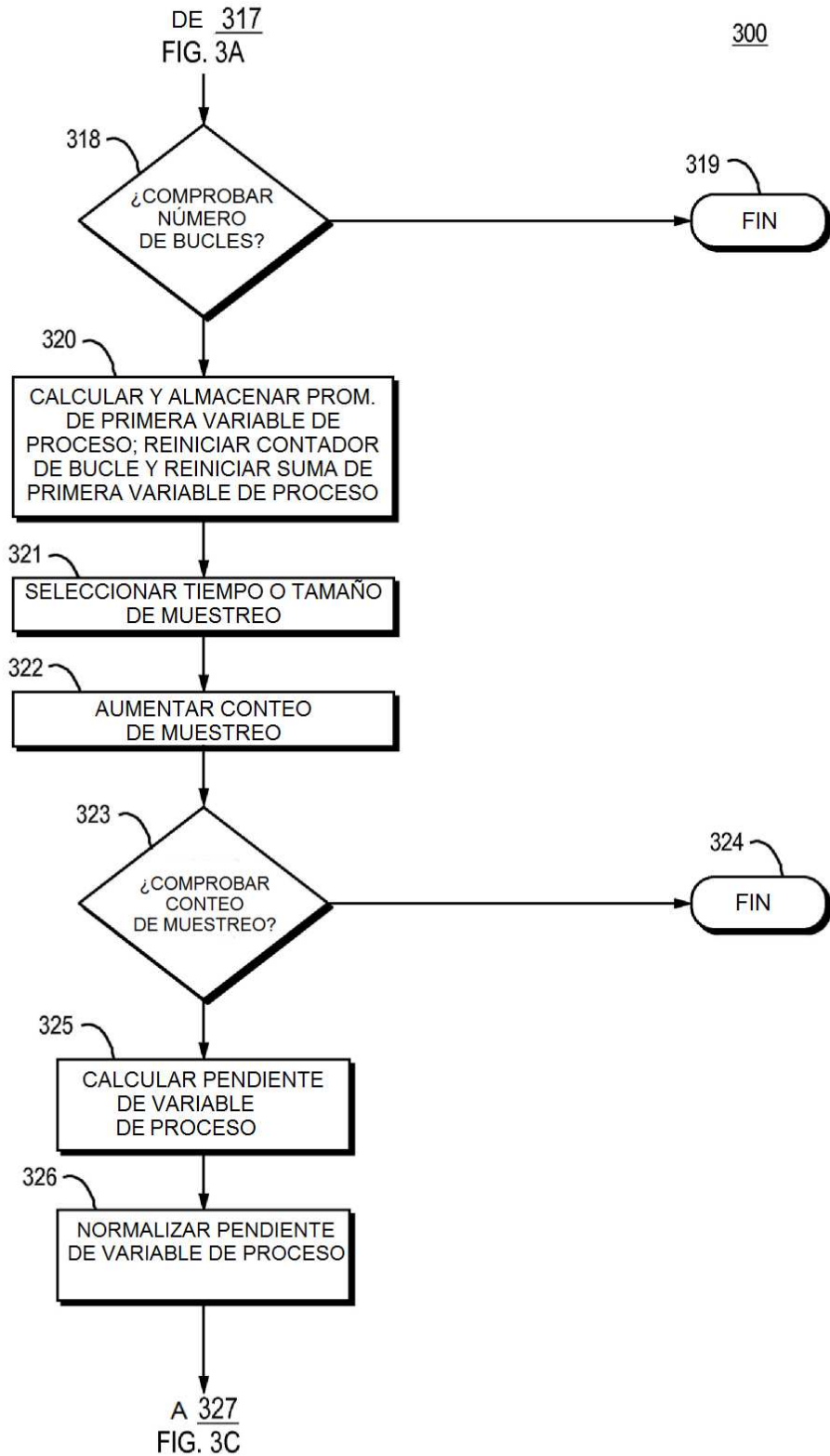


FIG. 3B

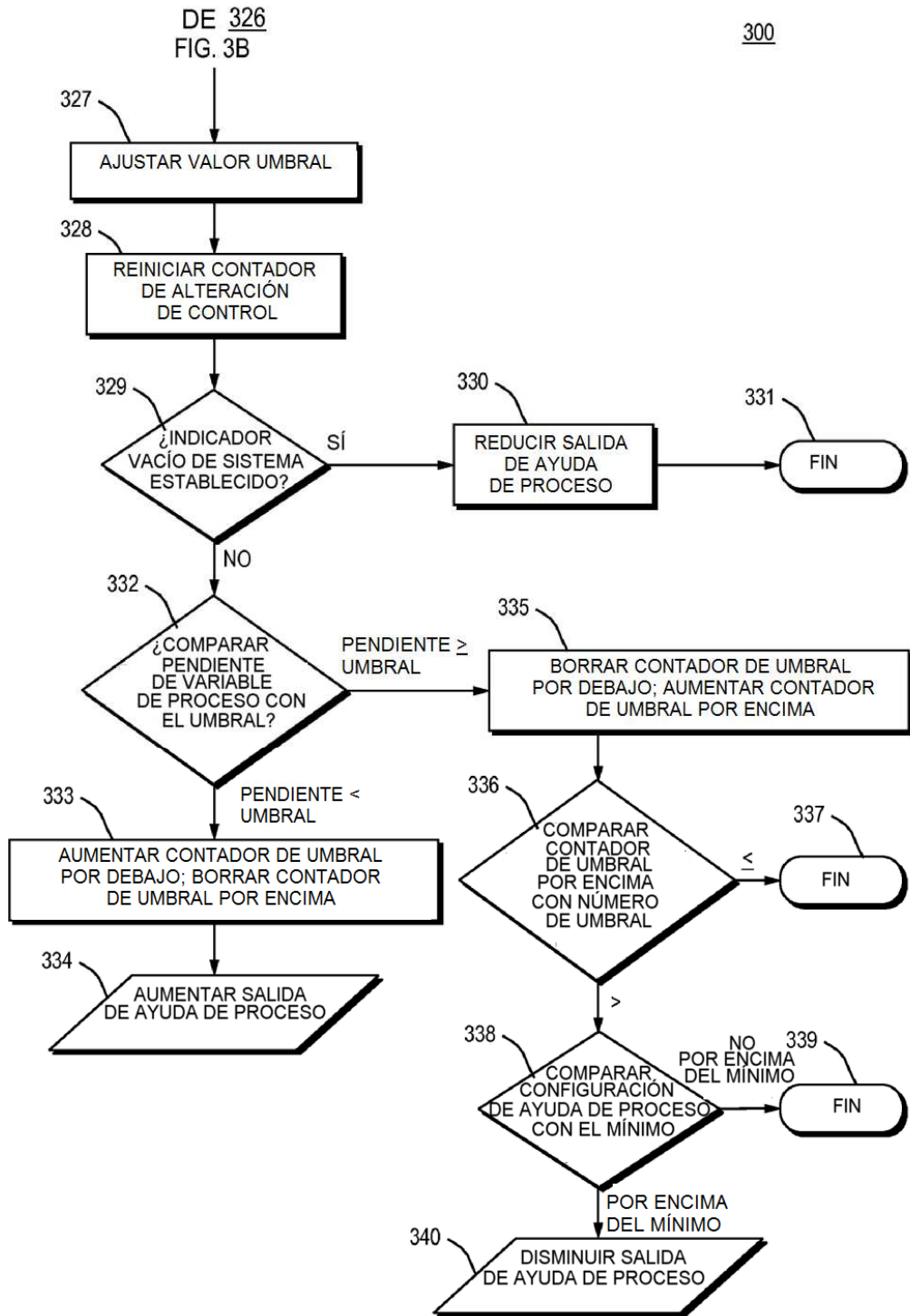


FIG. 3C

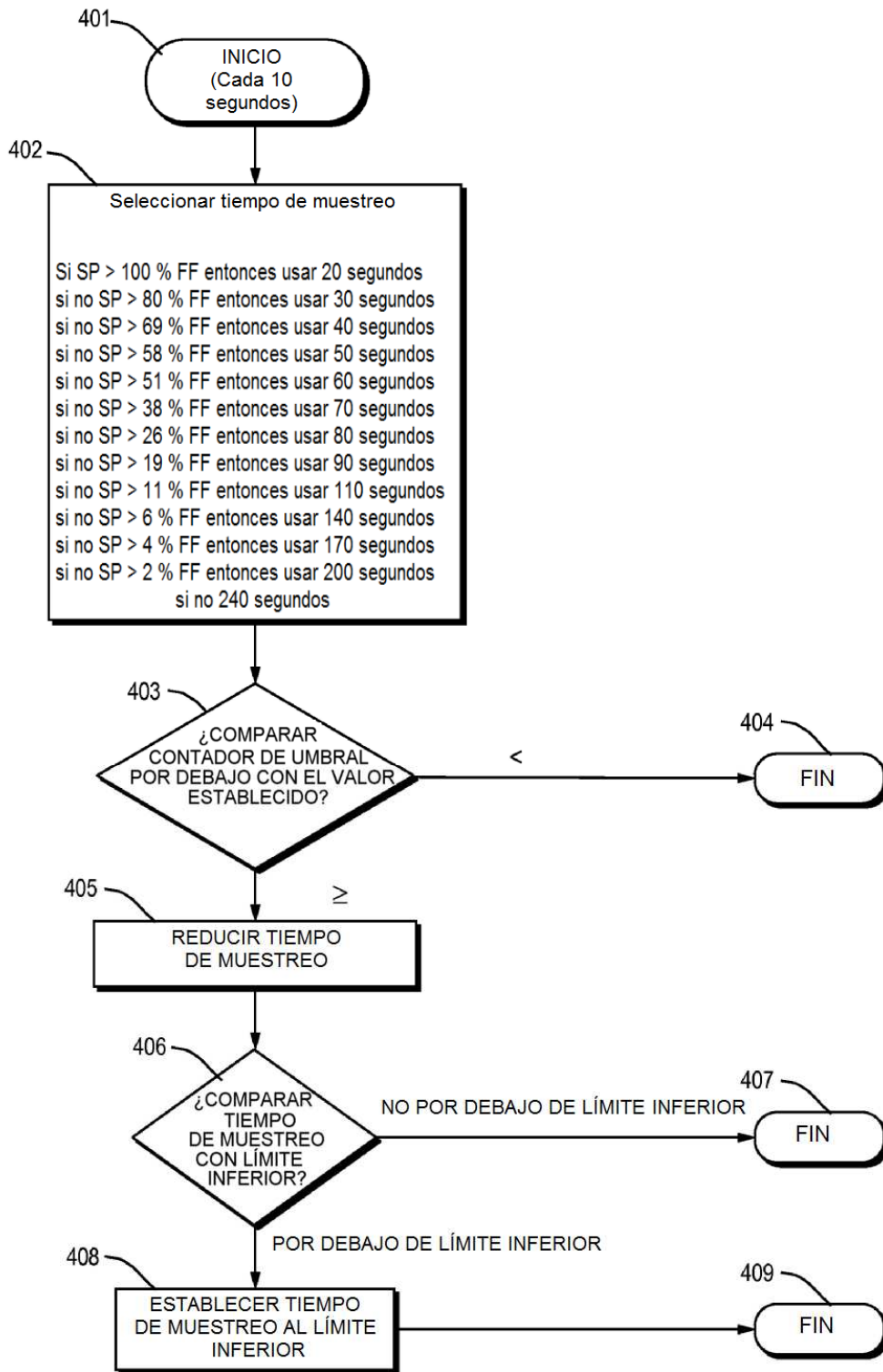


FIG. 4



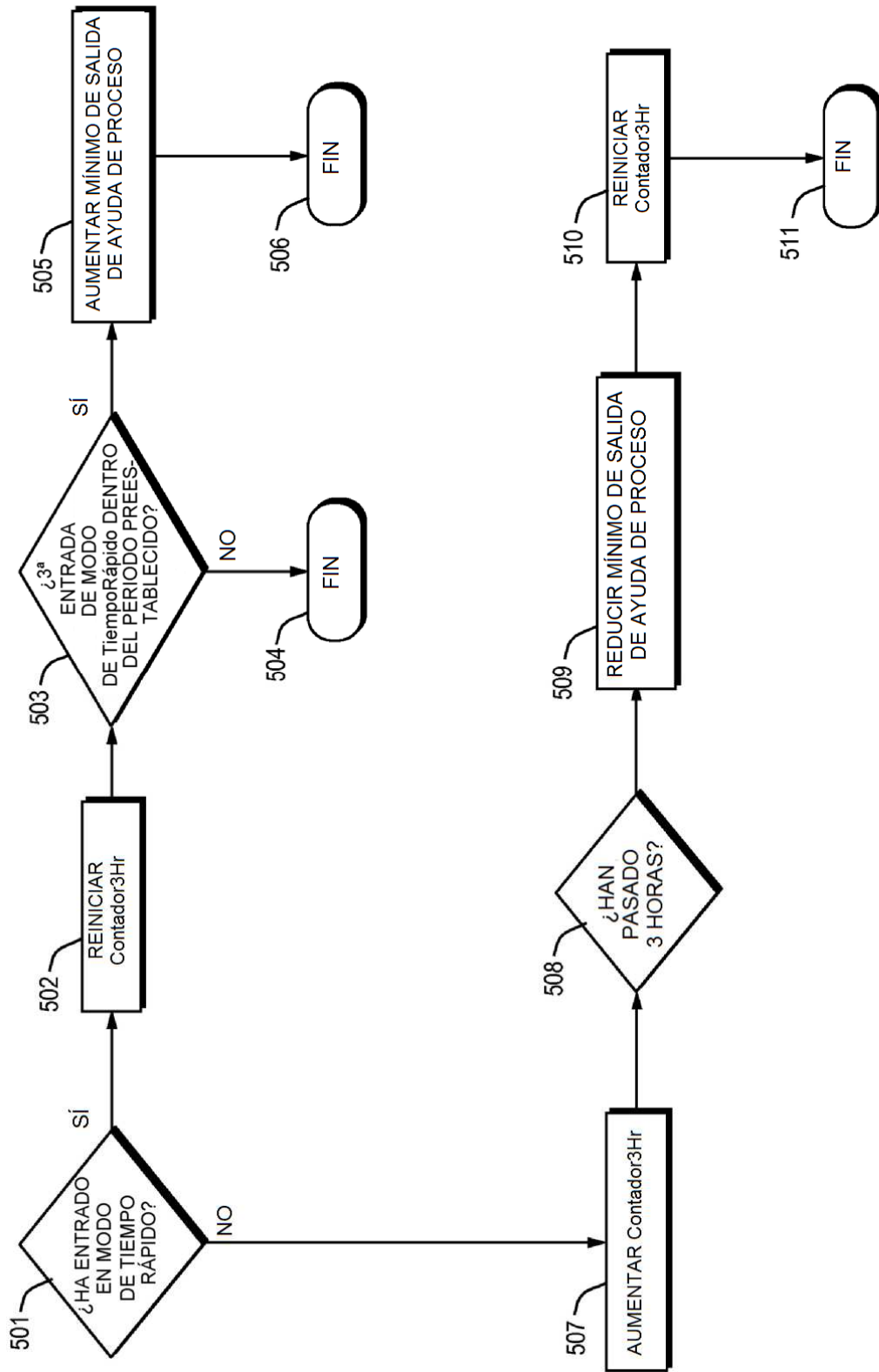


FIG. 5