SISTEMA DE DETECCIÓN DE OCLUSIONES Y MÉTODO PARA UN APARATO DE CONTROL DE FLUJO

REFERENCIA CRUZADA A UNA SOLICITUD RELACIONADA

[0001] Esta solicitud reivindica prioridad sobre la Solicitud Provisional de Patente de EE.UU. nro. 63/396,882, titulada "SISTEMA Y MÉTODO DE DETECCIÓN DE OCLUSIONES PARA UN APARATO DE CONTROL DE FLUJO", presentada el 10 de agosto de 2022, la cual se incorpora por referencia en su totalidad.

CAMPO TÉCNICO

[0002] La presente divulgación se refiere en general a un sistema y un método de control de flujo capaces de detectar una condición de un equipo de bombas montado en el aparato. Más específicamente, la detección de oclusiones para fórmulas espesas de alimentación.

ANTECEDENTES

[0003] La administración de fluidos que contienen medicamentos o nutrientes a un paciente es conocida de manera general en el arte. Típicamente, el fluido es administrado al paciente por un equipo de bombas recibido por un aparato del control de flujo, tal como una bomba, conectada con una fuente del fluido que administra el fluido a un paciente. Un aparato del control de flujo puede ser capaz de monitorizar y detectar las condiciones del flujo de un fluido que pueden ocurrir dentro del equipo de administración de alimentación cargado durante la operación del aparato del control de flujo. Generalmente, los sistemas de monitorización de flujo que son capaces de monitorear y detectar las condiciones de flujo pueden basarse en sensores dispuestos en relación con el equipo de administración de la alimentación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

[0004] A continuación, se presenta un resumen simplificado de una o más modalidades de la presente divulgación con el fin de proporcionar una comprensión básica de dichas modalidades. Este resumen no es una visión exhaustiva general de todas las modalidades contempladas y no pretende identificar elementos clave o críticos de todas las modalidades ni delimitar el alcance de alguna o de todas las modalidades. Su único propósito es presentar algunos conceptos de una o más modalidades de la presente divulgación de forma simplificada como preludio a la descripción más detallada que se presenta más adelante.

[0005] En un aspecto, la divulgación proporciona un sistema, método y medio legible por ordenador no transitorio que almacena instrucciones ejecutables por ordenador que pueden ser ejecutadas por un procesador para detectar el flujo de un fluido mediante un aparato de control. El sistema, el método y el medio legible por ordenador no transitorio pueden incluir una carcasa configurada para recibir un set de alimentación; un dispositivo de bombeo configurado para producir un flujo de fluido en el set de alimentación; y un procesador configurado para determinar una oclusión en el flujo del fluido basado en la detección de un sensor; en donde el flujo del fluido es de una fórmula espesa.

[0006] En algunos aspectos, las técnicas descritas en el presente documento se refieren a un método de detección de oclusión de una bomba de alimentación, método que incluye: determinar cuándo un set de alimentación que incluye un líquido está acoplado a la bomba de alimentación, en donde el líquido es una fórmula de alimentación; hacer avanzar una primera cantidad de la fórmula de alimentación a través de la bomba de alimentación mediante un conducto de la fórmula de alimentación, en donde la primera cantidad es un primer volumen del líquido; obtener una primera lectura del sensor de presión del conducto de la fórmula de alimentación; hacer avanzar una segunda cantidad de la fórmula de alimentación a través de la bomba de alimentación mediante el conducto de la fórmula de alimentación, en donde la segunda cantidad es un segundo volumen del líquido; obtener una segunda lectura del sensor de presión del conducto de la fórmula de alimentación; obtener una tercera lectura del sensor de presión del conducto de la fórmula de alimentación; y detectar cuándo hay una oclusión en el conducto de la fórmula de alimentación con base en al menos una de la primera lectura del sensor de presión, la segunda lectura del sensor de presión y la tercera lectura del sensor de presión.

[0007] En algunos aspectos, las técnicas descritas en el presente documento se refieren a una bomba de alimentación configurada para la detección de oclusión que incluye: una o más memorias; y uno o más procesadores acoplados a la una o más memorias y configurados, individualmente o en combinación, para: determinar cuándo un set de alimentación que incluye un líquido está acoplado a la bomba de alimentación, en donde el líquido es una fórmula de alimentación; hacer avanzar una primera cantidad de la fórmula de alimentación a través de la bomba de alimentación mediante un conducto de la fórmula de alimentación, en donde la primera cantidad es un primer volumen del líquido; obtener una primera lectura del sensor de presión del conducto de la fórmula de alimentación; hacer avanzar una segunda cantidad de la fórmula de alimentación a través de la bomba de alimentación mediante el conducto de la fórmula de alimentación, en donde la segunda cantidad es un segundo volumen del líquido;

obtener una segunda lectura del sensor de presión del conducto de la fórmula de alimentación; obtener una tercera lectura del sensor de presión del conducto de la fórmula de alimentación; y detectar la presencia de una oclusión en el conducto de la fórmula de alimentación con base en al menos una de la primera lectura del sensor de presión, la segunda lectura del sensor de presión y la tercera lectura del sensor de presión.

[0008] En algunos aspectos, las técnicas descritas en el presente documento se refieren a un medio legible por ordenador que incluye instrucciones almacenadas para la detección de oclusión, en donde las instrucciones son ejecutables por uno o más procesadores, individualmente o en combinación, para: determinar cuándo un set de alimentación que incluye un líquido está acoplado a una bomba de alimentación, en donde el líquido es una fórmula de alimentación; hacer avanzar una primera cantidad de la fórmula de alimentación a través de la bomba de alimentación mediante un conducto de la fórmula de alimentación, en donde la primera cantidad es un primer volumen del líquido; obtener una primera lectura del sensor de presión del conducto de la fórmula de alimentación; hacer avanzar una segunda cantidad de la fórmula de alimentación a través de la bomba de alimentación mediante el conducto de la fórmula de alimentación, en donde la segunda cantidad es un segundo volumen de líquido; obtener una segunda lectura del sensor de presión del conducto de la fórmula de alimentación; obtener una tercera lectura del sensor de presión del conducto de la fórmula de alimentación; y detectar la presencia de una oclusión en el conducto de la fórmula de alimentación con base en al menos una de la primera lectura del sensor de presión, la segunda lectura del sensor de presión y la tercera lectura del sensor de presión.

[0009] En algunos aspectos, las técnicas descritas en el presente documento se refieren a un set de alimentación configurado para la detección de oclusión de una bomba de alimentación que incluye: un líquido, en donde el líquido es una fórmula de alimentación; y un conducto de la fórmula de alimentación, en donde la bomba de alimentación está configurada para hacer avanzar una primera cantidad de la fórmula de alimentación a través del conducto de la fórmula de alimentación, y la primera cantidad es un primer volumen del líquido; en donde la bomba de alimentación está configurada además para: obtener una primera lectura del sensor de presión del conducto de la fórmula de alimentación; hacer avanzar una segunda cantidad de la fórmula de alimentación a través de la bomba de alimentación mediante el conducto de la fórmula de alimentación, en donde la segunda cantidad es un segundo volumen del líquido; obtener una segunda lectura del sensor de presión del conducto de la fórmula de alimentación; obtener una tercera lectura del sensor de presión del conducto de la fórmula de alimentación; y detectar cuándo hay una oclusión en el conducto de la fórmula de alimentación con base en

al menos una de la primera lectura del sensor de presión, la segunda lectura del sensor de presión y la tercera lectura del sensor de presión.

[0010] Las ventajas adicionales y las características novedosas relacionadas con las modalidades de la presente divulgación se expondrán en parte en la descripción que sigue, y en parte se harán más evidentes para los expertos en el arte al examinar lo que sigue o al aprender mediante la práctica de la misma.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0011] Los rasgos novedosos que se consideran característicos de la divulgación se exponen en las reivindicaciones adjuntas. En las descripciones que siguen, las partes similares están marcadas a lo largo de la memoria descriptiva y los dibujos con los mismos números, respectivamente. Las figuras de los dibujos no están necesariamente dibujadas a escala y ciertas figuras pueden mostrarse de forma exagerada o generalizada en aras de la claridad y la concisión. La divulgación en sí, sin embargo, así como un modo preferido de uso, otros objetos y avances de la misma, se entenderá mejor por referencia a la siguiente descripción detallada de aspectos ilustrativos de la divulgación cuando se lee junto con los dibujos adjuntos, en donde:

[0012] La FIG. 1 es una vista en perspectiva de un ejemplo de bomba de alimentación enteral y una porción fragmentaria de un set de alimentación (alimentación/descarga) recibido en la bomba de acuerdo con aspectos de la presente divulgación;

[0013] La FIG. 2 es una vista en perspectiva de la FIG. 1 con una carcasa de casete del set de alimentación retirado;

[0014] La FIG. 3 es la vista en perspectiva de la FIG. 2 con el set de alimentación retirado;

[0015] La FIG. 4 es un diagrama de bloques que ilustra elementos de un ejemplo de bomba de alimentación enteral que incluye un sistema de monitorización de flujo de acuerdo con aspectos de la presente divulgación;

[0016] La FIG. 5 es un diagrama de flujo de un método de ejemplo de una rutina de detección de oclusión de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación;

[0017] La FIG. 6 es un ejemplo de diagrama de bloques de varios componentes de hardware y otras características de un sistema informático que puede operar el sistema de control de acceso de acuerdo con aspectos de la presente divulgación;

[0018] La FIG. 7 es un diagrama de bloques de varios componentes de ejemplo del sistema, para su uso de acuerdo con aspectos de la presente divulgación; y

[0019] Las FIG. 8A - 8N ilustran resultados de ejemplo asociados con la rutina de detección de oclusión de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación.

Los caracteres de referencia correspondientes indican las partes correspondientes en todos los dibujos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0020] Haciendo referencia ahora a los aspectos de ejemplo ilustrados esquemáticamente en las FIG. 1-3, una bomba de alimentación enteral (en sentido amplio, "un aparato de control de flujo") y en lo sucesivo denominada indistintamente a lo largo de esta divulgación como "bomba" se indica generalmente en 1. La bomba 1 puede comprender una carcasa 3 construida para montar un casete, indicado generalmente en 5, y un set de alimentación (en sentido amplio, un "equipo de bomba"), una porción fragmentaria indicada generalmente en 7, recibida de forma extraíble en el casete. El set de alimentación 7 puede comprender un tubo indicado generalmente con 77 que proporciona una vía fluida entre una fuente de líquido nutricional y un líquido de lavado (FIG. 1). El tubo izquierdo 77 puede considerarse la porción de tubo aguas arriba conectada a una bolsa de alimentación, mientras que el tubo derecho 77 puede considerarse la porción de tubo aguas arriba conectada a una bolsa de lavado. Los tubos 83 proporcionan una vía fluida desde la bomba 1 hasta el usuario. En algunos aspectos de la divulgación, el usuario final puede ser un paciente o el administrador de la bomba de alimentación enteral. Como se explicará con más detalle a continuación, la bomba 1 puede comprender un sistema de monitorización del flujo 6 (FIG. 4) capaz de detectar e identificar el estado del set de alimentación 7 cargado en la bomba. Más especialmente, para la detección de oclusión en el caso de alimentación con una fórmula espesa. Tal como se utiliza en el presente documento, el término "carga" significa que el set de alimentación 7 está acoplado a la bomba 1, de modo que el set de alimentación está listo para funcionar con la bomba para suministrar líquido al paciente. En el presente documento, el término "conducto" se refiere a una porción de tubo.

[0001] En los aspectos ilustrados, el casete 5 se recibe de forma extraíble en un hueco de casete 8 de la carcasa 3 (FIG. 3). Se apreciará que la "carcasa", tal como se utiliza en el presente documento, puede incluir muchas formas de estructuras de soporte (no mostradas), incluyendo, sin limitación, estructuras de varias partes y estructuras que no encierran o alojan los componentes de trabajo de la bomba 1. Además, varios aspectos y características de la presente divulgación pueden implementarse sin la carcasa. Además, varios aspectos y características de la presente divulgación pueden implementarse sin el hueco 8. La bomba 1 también puede

comprender una pantalla de visualización 9 en la carcasa 3 que es capaz de mostrar información relativa al estado y funcionamiento de la bomba. Uno o más botones 11 que pueden estar próximos a la pantalla de visualización 9 pueden utilizarse para controlar y obtener información de la bomba 1, y uno o más dispositivos emisores de luz ("LED") 13 pueden proporcionar información sobre el estado de la bomba. En un aspecto de la divulgación, los dispositivos emisores de luz pueden ser cualquier forma de dispositivo que emita luces, por ejemplo, fibra óptica, diodos emisores de luz y similares. Por ejemplo, los LED 13 pueden indicar el funcionamiento correcto o incorrecto de la bomba 1. Además, por ejemplo, los LED también pueden indicar cuándo el fluido fluye o no fluye correcta o incorrectamente a través del set de alimentación 7. Pueden disponerse patas (no mostradas) en la parte inferior de la carcasa 3 para sostener la carcasa de modo que la pantalla de visualización 9 esté ligeramente inclinada hacia arriba para facilitar la visualización por parte de un usuario.

[0021] La pantalla de visualización 9 puede formar parte de un panel frontal (indicado generalmente con 19) de la carcasa 3 y puede estar fijada a la carcasa de forma desmontable. La bomba 1 puede incluir además una unidad de bombeo indicada generalmente con 23 que comprende un motor de bomba 27 (FIG. 4) conectado a un eje rotor. La carcasa 3 puede contener una batería (no mostrada) para alimentar el motor de la bomba. Puede utilizarse una fuente de energía distinta o adicional a la batería para accionar la bomba, incluyendo uno o más motores de cebado que impulsan la unidad de bombeo a través del eje del rotor. Otro ejemplo de bomba con eje de rotor se describe en la Publicación de Patente de EE.UU. nro. 2020/0352827, cuya descripción completa se incorpora aquí por referencia.

[0022] La unidad de bombeo 23 puede tener un rotor (indicado generalmente con 37) que puede acoplarse al eje del rotor. El rotor 37 puede incluir un disco interior 39, un disco exterior 41 y rodillos 43 (preferiblemente cuatro, pero solo se indican dos de ellos). El disco interior 39 y el disco exterior 41 se sitúan preferentemente en planos paralelos, espaciados entre sí y giratorios alrededor de un eje común. Los rodillos 43 están montados entre el disco interior 39 y el disco exterior 41 para la rotación planetaria alrededor del eje compartido de los discos 39, 41. Cada rodillo 43 también está montado en el disco exterior 41 para la rotación relativa a los discos 39, 41 sobre su propio eje longitudinal (FIG. 2 y 3), que puede ser paralelo al eje compartido de los discos 39, 41. A medida que los rodillos 43 giran alrededor del eje de los discos 39, 41, se acoplan a un tubo 45 (FIG. 2) del set de alimentación 7 para suministrar fluido a través del set de alimentación, mediante acoplamiento peristáltico, a un paciente cuando el set de alimentación se recibe en el casete 5 y el casete se acopla a la carcasa 3. También pueden

preverse e implementarse otros números de rodillos. Por ejemplo y sin limitación, pueden utilizarse también cinco o seis rodillos sin apartarse del alcance de la divulgación.

[0002] Los rodillos 43 pueden acoplarse al set de alimentación 7 para mover el fluido a través del set de alimentación. El suministro de fluido a través del set de alimentación puede referirse más adelante como suministro de alícuotas de la fórmula espesa. En el aspecto ilustrado, el motor de la bomba 27, el eje del rotor y el rotor 37 pueden considerarse en general "un dispositivo de bombeo". Estos componentes pueden considerarse individualmente "un dispositivo de bombeo". Se entenderá que las bombas peristálticas que utilizan mecanismos distintos de los rodillos pueden entrar dentro del ámbito de la presente divulgación. Sin embargo, se contemplan otros dispositivos de bombeo (por ejemplo, dispositivos no rotatorios).

[0023] En el presente documento, la parte de la tubería 77 del set de alimentación 7 que conduce al rotor 37 se denomina "aguas arriba", mientras que la tubería 83 que se aleja del rotor 37 hacia el paciente se denomina "aguas abajo". La rotación del rotor 37 comprime el tubo 45 del set de alimentación 7 para impulsar fluido (por ejemplo, un líquido nutritivo) en dirección al paciente desde el lado aguas arriba hacia el lado aguas abajo del set de alimentación. Aunque se muestra un ejemplo de set de alimentación 7, pueden utilizarse equipos de alimentación de otras configuraciones y otros tipos de equipos de bombas (no mostrados).

[0024] Refiriéndose a las FIG. 2-4, el sistema de monitorización 6 (FIG. 4) es capaz de detectar e identificar una condición del set de alimentación 7 cargado en el aparato. Por ejemplo, una condición del set de alimentación 7 puede estar relacionada con el flujo de líquido a través del equipo, si el equipo está montado correctamente en la bomba, si hay una oclusión, u otras circunstancias relativas al set de alimentación o a su funcionamiento. Por ejemplo, el flujo de líquido a través del equipo puede incluir la falta o el flujo inadecuado de líquido a través del equipo. Además, por ejemplo, si el equipo está mal montado en la bomba, es posible que el líquido no fluya correctamente a través del equipo. Además, por ejemplo, cuando el equipo está mal montado en la bomba, puede producirse una oclusión dentro de la tubería.

[0025] La bomba 1 puede comprender, además, un microprocesador 62 en comunicación con un sensor 64. El microprocesador 62 puede controlar y gestionar el funcionamiento de los diversos componentes de la bomba 1. El microprocesador 62 puede controlar y gestionar el funcionamiento de los diversos componentes de la bomba 1. Un subsistema de software 66 puede estar operativamente asociado con el microprocesador 62 y operativamente asociado con el sistema de monitorización 6 para proporcionar un medio para que la bomba 1 detecte e

identifique una condición del set de alimentación 7. Debe entenderse que, en el aspecto descrito, el sistema de monitorización del flujo 6, el subsistema de software 66, la electrónica de la bomba 68, el microprocesador 62 y la memoria 70 pueden considerarse en sentido amplio un “circuito de control”. Estos componentes pueden considerarse individualmente un “circuito de control”. Además, pueden utilizarse otros tipos de circuitos de control dentro del ámbito de la presente divulgación. Como se describe en referencia a las FIG. 6 y 7 a continuación, el circuito de control puede implementarse en relación con los diversos componentes. El interruptor 72 puede incluir una pluralidad de interruptores, por ejemplo, un botón de inicio, como se describe a continuación.

[0026] El sensor 64 puede comprender uno o más sensores ultrasónicos y/o sensores de presión. El sensor 64 puede estar situado en la carcasa 3 de la bomba 1 y posicionado para detectar la presencia de fluido, así como una o más propiedades de un fluido en el set de alimentación 7, por ejemplo, una oclusión del fluido en el set de alimentación. En el aspecto ilustrado, el sensor 64 está situado en el hueco 8 y está adaptado para recibir de forma segura una porción del tubo 45 cuando el set de alimentación 7 está cargado en la bomba 1. Para que el sensor 64 detecte la presencia de fluido en el tubo 45 del set de alimentación 7, el tubo puede acoplarse y retenerse dentro de una vía de sensor 105 (FIG. 3) configurada para recibir una porción aguas arriba y una porción aguas abajo del tubo 45. Una vez que el tubo 45 se acopla en la vía del sensor 105 y las partes restantes del set de alimentación 7 se acoplan a la bomba 1, el sistema de monitorización 6 puede entrar en funcionamiento. Por ejemplo, el sistema de monitorización 6 puede ser operativo cuando se ha identificado un acople positivo del tubo 45 dentro de la vía del sensor 105 mediante la recepción de una señal aceptable, por ejemplo, una señal ultrasónica, mediante uno o más detectores o receptores. El sensor 64 puede colocarse perpendicularmente a la dirección del set de alimentación 7. Por ejemplo, el sensor 64 puede colocarse para leer horizontalmente, mientras que el set de alimentación 7 puede colocarse para que el fluido fluya verticalmente.

[0027] En un aspecto de la divulgación, el sensor 64 puede comprender un primer componente de sensor 107, 109 para transmitir una señal ultrasónica a través de una porción aguas arriba y aguas abajo del tubo 45, respectivamente, y un segundo componente de sensor 107, 109 configurado para recibir y detectar la señal ultrasónica emitida desde el primer componente de sensor. Tras la recepción de la señal ultrasónica desde el primer componente sensor 107, 109, el segundo componente sensor 107, 109 puede detectar la presencia de fluido dentro del tubo 45 con base en las características de la señal ultrasónica recibida por el segundo componente sensor y comunicada al microprocesador 62. El primer y segundo componentes de sensor 107,

109 pueden comprender cada uno configuraciones de sensor idénticas o sustancialmente idénticas. Por ejemplo, cada componente de sensor 107, 109 puede comprender cristales ultrasónicos por lo que cada componente de sensor puede ser operado como un transmisor para transmitir la señal ultrasónica, o como un detector para detectar la señal ultrasónica dependiendo de la forma en que los componentes están energizados. Por lo tanto, la dirección de la señal ultrasónica no se limita a una sola dirección entre los componentes del sensor 107, 109, sino que puede dirigirse en ambas direcciones entre los componentes del sensor. En otro aspecto de la divulgación, el sensor 64 puede ser un sensor de presión o de fuerza.

[0028] El sensor 64 puede detectar la presencia o ausencia de fluido en el tubo para dar una indicación básica del estado de funcionamiento de la bomba 1. La señal ultrasónica emitida por los componentes 107, 109 del sensor puede responder a la presencia de fluido en el tubo 45, de modo que el fluido en el tubo producirá un aumento de la amplitud de la señal en comparación con una señal en donde no hay fluido en el tubo. De este modo, una señal ultrasónica que pase a través de un medio totalmente de aire no producirá una señal en el detector. Con base en las características de la señal ultrasónica recibida y comunicada al microprocesador 62, el subsistema de software 66 puede determinar si hay fluido presente en el set de alimentación 7. Pueden utilizarse otros tipos de sensores para medir una o más propiedades o características del fluido, incluida la viscosidad, distintos de los sensores ultrasónicos. El sistema de control de flujo 6 también puede detectar otras condiciones del set de alimentación 7, el fluido dentro del set de alimentación y el fluido acoplado con el set de alimentación sin apartarse del alcance de la divulgación.

[0029] En un aspecto de la divulgación, la bomba 1, descrita anteriormente, puede configurarse para funcionar con fórmula enteral espesa y alimentación licuada por tubo ("BTF"). La fórmula enteral espesa y la BTF se administran para prevenir o reducir las complicaciones relacionadas con la nutrición enteral y los síntomas de intolerancia, como náuseas, vómitos y reflujo gastroesofágico. Sin embargo, se necesita una mayor fuerza para impulsar los alimentos de alta viscosidad a través de los conectores y los tubos, lo que a menudo provoca falsas alarmas de oclusión cuando se administran mediante una bomba de alimentación enteral. Además, la administración de alimentación licuada por tubo puede complicarse por la presencia de trozos de alimentos sólidos que pueden obstruir el tubo de alimentación.

[0030] La Iniciativa Internacional de Estandarización de la Dieta para la Disfagia (IDDSI) es una norma mundial con terminología y definiciones para describir los alimentos de textura modificada y los líquidos espesados que se utilizan para las personas. El marco de la IDDSI consiste en un continuo de 8 niveles (0-7). Los niveles, por ejemplo, son los siguientes: 7 son

alimentos normales; 6 son alimentos blandos y del tamaño de un bocado; 6 son alimentos picados y húmedos; 4 son alimentos en puré/extremadamente espesos; 3 son alimentos licuados/moderadamente espesos; 2 son alimentos ligeramente espesos; 1 son alimentos ligeramente espesos; y 0 son alimentos poco espesos. Además, el marco IDDSI tiene dos partes diferenciadas, los alimentos sólidos y los líquidos. En concreto, los alimentos sólidos se clasifican entre los niveles 3 y 7, y los líquidos, entre los niveles 0 y 4. Por tanto, los niveles 3 y 4 se solapan con los niveles 3 y 4 de la clasificación. Así, los niveles 3 y 4 se solapan entre alimentos sólidos y líquidos. En un aspecto de la divulgación, los líquidos a los que se hace referencia como alimentos de alta viscosidad, fórmula enteral espesada o uso con alimentación licuada por tubo se clasifican entre un nivel de 2-4 en el marco IDDSI. En otro aspecto de la divulgación, los fluidos a los que se hace referencia como alimentos de alta viscosidad, fórmula enteral espesada o uso con alimentación licuada por tubo también incluyen alimentos ligeramente espesos, alimentos poco espesos y líquidos que se clasifican entre un nivel de 0-4 en el marco IDDSI.

[0031] Volviendo a la FIG. 5, se muestra un diagrama de flujo de un ejemplo de método 500 de una rutina de detección de oclusión de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación. Específicamente, la FIG. 5 está dirigida a una rutina de detección de oclusión para uso con alimentaciones de alta viscosidad y la bomba 1 como se ilustra en las FIG. 1-4 y descrita anteriormente. La mayoría de los algoritmos de detección de oclusión con bombas utilizan un sensor de fuerza para detectar aumentos de presión dentro de la tubería que pueden indicar una obstrucción que restringe el flujo de la nutrición enteral. Debido a su alta viscosidad, el bombeo normal de fórmulas enterales espesas y alimentaciones licuadas por tubo a menudo superan los umbrales de fuerza que de otro modo podrían indicar que un set de alimentación está ocluido. Normalmente, las alimentaciones licuadas por tubo se administran mediante jeringa o alimentación por gravedad para evitar el uso de una bomba de alimentación enteral que provoca falsas alarmas de oclusión. Las enfermeras y/o los cuidadores pueden diluir las alimentaciones licuadas por tubo con 2-8 onzas de líquido antes de la administración mediante la bomba de alimentación. La adición de este líquido puede exceder el volumen tolerable de alimento para un paciente, y restringir la capacidad de un paciente para recibir las calorías adecuadas. Además, las enfermeras y/o los cuidadores a veces modifican las bombas y/o los equipos de alimentación para anular las funciones de seguridad con el fin de desactivar la detección de oclusión y evitar falsas alarmas.

[0032] En vista de estos problemas conocidos descritos anteriormente, con el fin de distinguir entre una fórmula comercial fina que acumula presión cuando hay una oclusión, y una fórmula

espesa que bombea normalmente sin oclusión, el método 500 mide la caída de presión al final de un ciclo de alimentación. Una caída de presión igual o superior a aproximadamente 4 libras por pulgada cuadrada (psi), por ejemplo, puede indicar que el set de alimentación no está ocluido. En otro ejemplo, una caída de presión igual o superior a aproximadamente 3 psi, por ejemplo, puede indicar que el set de alimentación no está ocluido. Estos umbrales de 3 y 4 psi son ejemplos y dependen de la velocidad del flujo del fluido, por ejemplo, ml/h. Si no se produce este decaimiento al final del ciclo de alimentación, se evalúa el cambio de presión relativa del set de alimentación. Un aumento de la presión relativa de ~5 psi durante el ciclo de alimentación puede indicar una oclusión. Si se instala un set de alimentación en la bomba 1 con una oclusión existente, la bomba 1 no percibirá un descenso notable de la presión al final de un ciclo de alimentación, y puede que no perciba un aumento notable de la presión durante la alimentación. En este ejemplo, se evalúan los valores de fuerza asociados con las últimas 12 alícuotas para detectar un comportamiento errático. Aunque 12 alícuotas son un ejemplo, se puede promediar cualquier número de alícuotas. En un set de alimentación ocluido, el cambio promedio en la magnitud de las lecturas de fuerza tomadas después de la entrega de cada alícuota es >= 3 PSI. En un set de alimentación no ocluido, las lecturas de fuerza tomadas alícuota a alícuota son mucho más estables. Además de estos pasos fundamentales, cuando se ha detectado fluido en un equipo de fórmula espesa en el momento de la instalación, el rotor avanza 0,5 alícuotas antes de la apertura de la válvula del casete. Cuando se abre la válvula al comienzo de una alimentación, se libera cualquier presión residual y el set de alimentación vuelve a un estado sin presión. Esto devuelve un equipo utilizado previamente a las condiciones de base y permite evaluar fácilmente los cambios de presión. Obsérvese que los umbrales enumerados más arriba son a título de ejemplo y no afectan a la divulgación en su equipo, ya que pueden establecerse en función de distintos factores, por ejemplo, la velocidad de alimentación, el tamaño del tubo y/o el nivel de IDDSI, etc.

[0033] Como se sabe en el arte, una alícuota es una cantidad que es un divisor exacto de la cantidad total de una sustancia. Un ciclo de alimentación de X alícuotas está determinado por el tiempo. Por ejemplo, 1 ciclo de alimentación es 1 minuto de tiempo de alimentación. Además, como se indicó anteriormente, los valores/umbrales de PSI enumerados anteriormente se convierten a partir de lecturas de fuerza utilizando una constante de calibración de la bomba.

[0034] Pasando al bloque 502 del método 500 para la detección de oclusión en la alimentación con leche de fórmula espesa, una enfermera y/o un cuidador cargan un casete de leche de fórmula espesa en la bomba 1. En el bloque 504, el sistema determina si hay fluido aguas arriba. En el bloque 504, el sistema determina si hay fluido presente aguas arriba. La bomba 1 puede

estar configurada para ejecutar una rutina de detección de fluidos mediante la cual se acciona un sensor ultrasónico para emitir una señal ultrasónica a través de una porción de la tubería para determinar una condición del set de alimentación. Si la lectura del sensor está por encima de un umbral predeterminado, la bomba proporciona una indicación inicial de que hay fluido presente en la tubería. Si la lectura del sensor está en o por debajo del umbral predeterminado, la bomba proporciona una indicación de que no hay fluido presente en la tubería.

[0035] Si el sistema determina que no hay fluido presente dentro del sistema, el sistema abre la válvula en el bloque 506. La válvula 12, como se describe en referencia a las FIG. 1-3, es el lugar por el que el tubo ascendente entra en la bomba 1. La válvula 12 cierra/abre el lumen del tubo situado en la parte superior de la bomba. La válvula 12 cierra/abre el lumen del tubo situado en el set de alimentación y es un componente del casete. El cierre/apertura físico se realiza girando un mecanismo mecánico de la bomba que se acopla con el casete cuando se instala en la bomba 1. En el bloque 508, el sistema ceba el casete. El sistema puede cebar el casete llenando el tubo de alimentación con una porción del tubo de alimentación licuada. En el bloque 510, un usuario pulsa el botón “Inicio” o un botón de activación de la bomba 1. En el bloque 512, el sistema recoge datos de un sensor de fuerza, como se ha descrito anteriormente. Los datos recogidos se denominan “Valor A”. El valor A es la lectura de fuerza tomada al principio del primer ciclo del ciclo de alimentación antes de que el sistema inicie el bombeo en un algoritmo normal de alimentación por alícuotas en pausa. Un ejemplo de un algoritmo normal de alimentación alícuota-pausa se divulga en la Solicitud de Patente de EE.UU. No. 17/750,041, cuya divulgación completa se incorpora aquí por referencia. Además, nótese que los valores de fuerza se toman como PSI.

[0036] Volviendo al bloque 504, si el sistema determina que hay presencia de fluido aguas arriba, el sistema pasa al bloque 514. En el bloque 514, el rotor avanza 0,5 alícuotas. En el bloque 510, el usuario pulsa el botón “Start” o un botón de activación de la bomba 1. En el bloque 516, el sistema abre la válvula. En el bloque 518, el sistema hace una pausa de, por ejemplo, 2 segundos, pero puede ser de entre 1 y 3 segundos. Durante la pausa de 2 segundos, la presión en el sistema se estabiliza. En el bloque 520 el sistema recoge datos de un sensor de fuerza, como se ha descrito anteriormente, como Valor A. En el bloque 522, el rotor vuelve a avanzar 0,5 alícuotas para finalizar el suministro de la primera alícuota de la fórmula enteral espesa.

[0037] En el bloque 524, los pasos del sistema convergen para realizar los mismos pasos independientemente de la presencia o no de fluido aguas arriba. En el bloque 524, el sistema realiza la alimentación mediante un algoritmo de alimentación con fórmula espesa alícuota-

pausa. Como se discutió anteriormente, un ejemplo de un algoritmo de alimentación alícuota-pausa se divulga en la Solicitud de Patente de EE.UU. No. 17/750,041, cuya divulgación completa se incorpora aquí por referencia. En el bloque 536, el sistema recoge datos del sensor de fuerza, como se ha descrito anteriormente. Los datos recogidos se denominan "Valor L". El Valor L es la lectura de fuerza tomada después de que la alícuota final del ciclo ha sido entregada, pero antes de una pausa deliberada en el sistema. En el bloque 528, la pausa deliberada, por ejemplo, es de 5 segundos. En otro aspecto de la divulgación, la pausa deliberada puede ser de entre 2 y 7 segundos.

[0038] En el bloque 530, el sistema recoge datos del sensor de fuerza, como se ha descrito anteriormente. Los datos recogidos se denominan "Valor C". El Valor C es una lectura de fuerza tomada después de una pausa deliberada al final de un ciclo de alimentación. Por ejemplo, el Valor C se toma después de la pausa de 5 segundos en el sistema en el bloque 528.

[0039] En el bloque 532, el sistema resta el Valor L del Valor C, y determina si el resultado es menor o igual que un primer umbral en PSI (X_1). El primer umbral puede estar entre -10 y 2 PSI, más específicamente entre -6 y -2 PSI. y más específicamente-4 PSI. Si la comparación es afirmativa, se determina que el sistema no está ocluido en el bloque 540. Si el resultado es mayor que el primer umbral, el sistema pasa al bloque 534.

[0040] En el bloque 534, el sistema resta el valor A del valor C y determina si el resultado es mayor o igual que un segundo umbral en PSI (X_2). El segundo umbral puede estar entre 0 y 10 PSI, más específicamente entre 4 y 8 PSI, y más específicamente 5 PSI. Si la comparación es afirmativa, se determina que el sistema está ocluido. En el bloque 538, el sistema activa una alarma para notificar a la enfermera/cuidador de la oclusión. En un aspecto de la divulgación, la alarma puede ser visual, auditiva o una combinación de las mismas. La alarma visual puede ser proporcionada a un usuario por la pantalla 9 (FIG. 1) y/o los LED 13, y la alarma auditiva puede ser proporcionada a un usuario por un altavoz. La alarma puede ser proporcionada a un usuario para corregir, arreglar o ajustar problemas con el sistema. Si el resultado es menor que el segundo umbral, el sistema pasa al bloque 536.

[0041] En el bloque 536, el sistema determina si la media de Δ_{Ly} es mayor o igual que el tercer umbral en PSI (X_3). El tercer umbral puede estar comprendido entre -6 y 8 PSI, más específicamente entre -2 y 5 PSI, y más específicamente 3 PSI. Donde Δ_{Ly} es el cambio medio en la magnitud de las lecturas de fuerza tomadas después de cada alícuota-pausa durante las dos últimas revoluciones completas del rotor. En un aspecto de la divulgación, esto sería un total de 12 lecturas de fuerza. Obsérvese que este valor puede no incluir los valores C. Además, si la velocidad de alimentación es inferior a 21 ml/hora, solo 11 lecturas de fuerza pueden ser

implementadas para este cálculo. Si la comparación es afirmativa, se determina que el sistema está ocluido. En el bloque 538, el sistema activa una alarma para notificar a la enfermera/cuidador de la oclusión. Si la comparación es negativa, se determina que el sistema no está ocluido en el bloque 540.

[0042] Además, el bloque 536 también puede implementarse de forma independiente o dependiente de un algoritmo de oclusión aguas abajo cuando la bomba 1 funciona en modo de bolo máximo. El modo de bolo máximo es cuando la bomba 1 funciona a una velocidad máxima de alimentación (por ejemplo, 800 ml/h). El modo bolo máximo está disponible cuando se carga en la bomba 1 un casete de alimentación estándar (fórmula no espesa). Cuando funciona en modo bolo máximo, la bomba 1 puede funcionar a ciclos de 6 minutos. Así, partes del método y/o sistema, por ejemplo el bloque 536, pueden implementarse con cualquier bomba 1.

[0043] Los aspectos de la presente divulgación pueden describirse en el contexto general de instrucciones ejecutables por ordenador, como módulos de programa, ejecutadas por uno o más ordenadores u otros dispositivos. Las instrucciones ejecutables por ordenador pueden organizarse en uno o más componentes o módulos ejecutables por ordenador, incluyendo, pero sin limitarse a, rutinas, programas, objetos, componentes y estructuras de datos que realizan tareas particulares o implementan tipos de datos abstractos particulares. Los aspectos de la divulgación pueden implementarse con cualquier número y organización de dichos componentes o módulos. Por ejemplo, los aspectos de la divulgación no se limitan a las instrucciones específicas ejecutables por ordenador o a los componentes o módulos específicos ilustrados en las figuras y descritos en el presente documento. Otros aspectos de la divulgación pueden incluir diferentes instrucciones ejecutables por ordenador o componentes con mayor o menor funcionalidad que los ilustrados y descritos.

[0044] Además, el orden de ejecución o realización de las operaciones en los aspectos de la divulgación ilustrados y descritos en el presente documento no son esenciales, a menos que se especifique lo contrario. Es decir, las operaciones pueden realizarse en cualquier orden, a menos que se especifique lo contrario, y algunos aspectos de la divulgación pueden incluir más o menos operaciones que las aquí descritas. Por ejemplo, se contempla que la ejecución o realización de una operación particular antes, contemporáneamente con, o después de otra operación está dentro del alcance de los aspectos de la divulgación.

[0045] En funcionamiento, el microprocesador 62 ejecuta instrucciones ejecutables por ordenador como las ilustradas en las figuras para implementar aspectos de la divulgación. Los aspectos de la divulgación también pueden practicarse en entornos informáticos distribuidos

en los que las tareas son realizadas por dispositivos de procesamiento remotos conectados a través de una red de comunicaciones. En un entorno informático distribuido, los módulos de programa pueden estar ubicados en medios de almacenamiento informáticos tanto locales como remotos, incluyendo dispositivos de almacenamiento de memoria.

[0046] Los aspectos de la presente divulgación pueden implementarse utilizando hardware, software o una combinación de los mismos y pueden implementarse en uno o más sistemas informáticos u otros sistemas de procesamiento. En un aspecto de la presente divulgación, las características se dirigen hacia uno o más sistemas informáticos capaces de llevar a cabo la funcionalidad descrita en el presente documento. En la FIG. 6 se muestra un ejemplo de tal sistema informático 600.

[0047] El sistema informático 600 incluye uno o más procesadores, tal como el procesador 604. El procesador 604 está conectado a una infraestructura de comunicaciones 606 (por ejemplo, un bus de comunicaciones, una barra transversal o una red). Se describen varias modalidades de software en términos de este sistema informático de ejemplo. Después de leer esta descripción, será evidente para un experto en el/los arte(s) relevante(s) cómo implementar modalidades de la divulgación utilizando otros sistemas y/o arquitecturas de cómputo.

[0048] El sistema informático 400 puede incluir una interfaz de visualización 602 que envía gráficos, texto y otros datos desde la infraestructura de comunicación 606 (o desde una memoria intermedia de trama no mostrada) para su visualización en una unidad de visualización 630. El sistema informático 600 también incluye una memoria principal 608, preferiblemente una memoria de acceso aleatorio (RAM), y puede incluir una memoria secundaria 610. El sistema informático 600 también incluye una memoria principal 608, preferiblemente memoria de acceso aleatorio (RAM), y también puede incluir una memoria secundaria 610. La memoria secundaria 610 puede incluir una memoria de acceso aleatorio (RAM). La memoria secundaria 610 puede incluir, por ejemplo, una unidad de disco duro 612, y/o una unidad de almacenamiento extraíble 614, que representa una unidad de disquete, una unidad de cinta magnética, una unidad de disco óptico, una unidad flash de bus serie universal (USB), etc. La unidad de almacenamiento extraíble 614 lee desde y/o escribe en una unidad de almacenamiento extraíble 618 de una manera bien conocida. La unidad de almacenamiento extraíble 618 representa un disquete, una cinta magnética, un disco óptico, una unidad flash USB, etc., que es leída por la unidad de almacenamiento extraíble 614 y escrita en ella. Como se apreciará, la unidad de almacenamiento extraíble 618 incluye un medio de almacenamiento utilizable por ordenador que tiene almacenado software informático y/o datos.

[0049] Modalidades alternativas de la presente divulgación pueden incluir memoria secundaria 610 y pueden incluir otros dispositivos similares para permitir que los programas de ordenador u otras instrucciones se carguen en el sistema informático 600. Dichos dispositivos pueden incluir, por ejemplo, una unidad de almacenamiento extraíble 622 y una interfaz 620. Ejemplos de los mismos pueden incluir un cartucho de programa y una interfaz de cartucho (como la que se encuentra en dispositivos de videojuegos), un chip de memoria extraíble (como una memoria de solo lectura programable borrable (EPROM), o una memoria de solo lectura programable (PROM)) y el zócalo asociado, y otras unidades de almacenamiento extraíbles 622 e interfaces 620, que permiten transferir software y datos desde la unidad de almacenamiento extraíble 622 al sistema informático 600.

[0050] El sistema informático 600 también puede incluir una interfaz de comunicaciones 624. La interfaz de comunicaciones 624 permite transferir software y datos entre el sistema informático 600 y dispositivos externos. Ejemplos de interfaz de comunicaciones 624 pueden incluir un módem, una interfaz de red (tal como una tarjeta Ethernet), un puerto de comunicaciones, una ranura y tarjeta de la Asociación Internacional de Tarjetas de Memoria de Ordenador Personal (PCMCIA), etc. El software y los datos transferidos mediante la interfaz de comunicaciones 624 se presentan en forma de señales 628, que pueden ser señales electrónicas, electromagnéticas, ópticas o de otro tipo capaces de ser recibidas por la interfaz de comunicaciones 624. Estas señales 628 se proporcionan a la interfaz de comunicaciones 624 mediante una ruta de comunicaciones (por ejemplo, canal) 626. Esta ruta 626 transporta las señales 628 y puede implementarse utilizando alambre o cable, fibra óptica, una línea telefónica, un enlace celular, un enlace de radiofrecuencia (RF) y/u otros canales de comunicaciones. En el presente documento, los términos “medio de programa de ordenador” y “medio utilizable por ordenador” se utilizan para referirse en general a medios tales como una unidad de almacenamiento extraíble 618, un disco duro instalado en la unidad de disco duro 612, y las señales 628. Estos productos de programa de ordenador proporcionan software al sistema informático 600. Las modalidades de la presente divulgación se dirigen a tales productos de programa de ordenador.

[0051] Los programas de ordenador (también denominados lógica de control de ordenador) se almacenan en la memoria principal 608 y/o en la memoria secundaria 610. Los programas de ordenador también pueden recibirse mediante la interfaz de comunicaciones 624. Tales programas informáticos, cuando se ejecutan, permiten al sistema informático 600 ejecutar los parámetros de acuerdo con las modalidades de la presente divulgación, como se discute en el presente documento. En particular, los programas de ordenador, cuando se ejecutan, permiten

al procesador 604 ejecutar los parámetros de acuerdo con las modalidades de la presente divulgación. En consecuencia, tales programas de ordenador representan controladores del sistema informático 600.

[0052] En un aspecto en donde la divulgación se implementa utilizando software, el software puede almacenarse en un producto de programa informático y cargarse en el sistema informático 600 utilizando la unidad de almacenamiento extraíble 614, el disco duro 612 o la interfaz de comunicaciones 620. La lógica de control (software), cuando es ejecutada por el procesador 604, hace que el procesador 604 realice las funciones descritas en el presente documento. En otro aspecto de la presente divulgación, el sistema es implementado principalmente en hardware utilizando, por ejemplo, componentes de hardware, tales como circuitos integrados de aplicación específica (ASIC). La modalidad de la máquina de estado de hardware para realizar las funciones descritas en el presente documento será evidente para los expertos en el/los arte(s) relevante(s).

[0053] La FIG. 7 es un diagrama de bloques de varios componentes de un sistema de ejemplo, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. La FIG. 7 muestra un sistema de comunicación 700 que incluye uno o más accesores 760 (también denominados indistintamente en el presente documento como uno o más "usuarios"), una o más terminales 742. Las terminales 742 pueden incluir el sistema 100 y/o 200 descrito anteriormente, o un sistema relacionado y/o similar. Las terminales 742 pueden incluir el sistema 100 y/o 200, descritos anteriormente, o un sistema relacionado, y/o similares. En un aspecto, los datos para su uso de acuerdo con los aspectos descritos en el presente documento pueden ser introducidos y/o accedidos por accesores 760 mediante el terminal 742, tales como ordenadores personales (PC), miniordenadores, ordenadores centrales, microordenadores, dispositivos telefónicos, o dispositivos cableados/inalámbricos, tales como asistentes digitales personales ("PDA") y lectores RFID (por ejemplo, de mano, móviles, de oficina, etc.) acoplados a un servidor 743, como un PC, miniordenador, ordenador central, microordenador u otro dispositivo que tenga un procesador y un depósito de datos y/o conexión a un depósito de datos, mediante, por ejemplo, una red 744, como Internet o una intranet, y acoplamientos 745, 746, 764. Los acoplamientos 745, 746, 764 pueden incluir enlaces cableados, inalámbricos o de fibra óptica. En otra variación de ejemplo, el método y el sistema de acuerdo con los aspectos descritos en el presente documento operan en un entorno autónomo, como en un único terminal.

[0054] Los aspectos aquí tratados también pueden describirse e implementarse en el contexto de un medio de almacenamiento legible por ordenador que almacene instrucciones ejecutables por ordenador. Los medios de almacenamiento legibles por ordenador incluyen medios de

almacenamiento informático y medios de comunicación, y pueden ser unidades de memoria flash, discos versátiles digitales (DVD), discos compactos (CD), disquetes y casetes de cinta. Los medios de almacenamiento legibles por ordenador pueden incluir medios volátiles y no volátiles, extraíbles y no extraíbles, implementados en cualquier método o tecnología para el almacenamiento de información, como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos u otros datos.

[0055] Refiriéndose a las FIG. 8A-8N, se ilustran resultados de ejemplo asociados con la rutina de detección de oclusión de acuerdo con una modalidad de la presente divulgación. Las FIG. 8A-8N son resultados ejemplares que demuestran los pasos tomados para determinar los umbrales determinados e implementados en los bloques de 500 de la FIG. 5.

[0056] Refiriéndose a la FIG. 8A, se ilustra un gráfico de intervalo de cambio durante la pausa de la bomba, como se describió anteriormente. Especialmente, el gráfico ilustra diferencias de comportamiento entre conjuntos de alimentación ocluidos y no ocluidos, con una variedad de fórmulas licuadas/espesas, niveles IDDSI 2-4 a lo largo del tiempo en un periodo de inactividad de la bomba. El gráfico ilustra el cambio en la presión (psi) desde un tiempo cero (L), cuando se suministró la última alícuota en un ciclo de alimentación dado, hasta el tiempo transcurrido mostrado en el eje x. Los medios demuestran que los conjuntos de alimentación no ocluidos proporcionan una caída de presión durante un periodo de inactividad que no se observa en los conjuntos ocluidos. Obsérvese que hay cierto solapamiento en las distribuciones, que aparece resaltado.

[0057] Refiriéndose a la FIG. 8B, se ilustra una segunda gráfica de intervalo de cambio durante la pausa de la bomba, como se describió anteriormente. Este gráfico ilustra los conjuntos de alimentación no ocluidos del gráfico de la FIG. 8A, pero separados por tipo de fórmula. En particular, este gráfico ilustra que las fórmulas licuadas, y generalmente más espesas (IDDSI nivel 4 por ejemplo), demuestran una caída más significativa en la presión durante un tiempo de inactividad de la bomba, en comparación con las fórmulas más homogéneas, y generalmente más delgadas (IDDSI nivel 2 por ejemplo).

[0058] En referencia a la FIG. 8C, se ilustran las distribuciones de fórmulas mezcladas no ocluidas y fórmulas ocluidas. Específicamente, el gráfico ilustra un histograma del cambio de presión durante un periodo de reposo de 5 segundos (inactividad de la bomba) desde el momento en que se suministró la última alícuota en un ciclo de alimentación comparando conjuntos de alimentación ocluidos (todos los tipos de fórmula), en comparación con las fórmulas licuadas no ocluidas. El gráfico demuestra que existe una separación en las distribuciones que permite establecer un umbral. Especialmente, este gráfico proporciona la

base de cómo se derivó la primera parte del algoritmo de detección de oclusión de fórmulas espesas: (C-L) <= -4 psi (como se describió anteriormente con referencia al bloque 532 de la FIG. 5), en donde el Valor L es la lectura de fuerza tomada después de que se haya suministrado la última alícuota del ciclo de alimentación y el Valor C es la lectura de fuerza tomada después de una pausa deliberada de 5 segundos. Como se describió anteriormente, si se cumple este criterio, el sistema puede determinar que el set de alimentación no está ocluido.

[0059] En referencia a la FIG. 8D, se ilustra un histograma del Valor C menos el Valor A de las fórmulas homogéneas ocluidas y no ocluidas. Este gráfico ilustra situaciones en las que no hay una caída de presión durante una pausa de 5 segundos después de que se suministra la última alícuota en un ciclo de alimentación. Específicamente, este gráfico demuestra que hay un aumento de presión evidente solo en los conjuntos ocluidos, medido desde el comienzo del primer ciclo de alimentación antes del bombeo (Valor A) hasta 5 segundos después de la actividad de bombeo en un ciclo de alimentación dado (Valor C). Además, existe una separación en las distribuciones que permite establecer un umbral. Específicamente, este gráfico proporciona la base de cómo se derivó el segundo criterio para el algoritmo de detección de oclusión de fórmula espesa: (C-A)>= 5 psi (como se describió anteriormente con referencia al bloque 534 de la FIG. 5).

[0060] Refiriéndose a la FIG. 8E, en ella se ilustra generalmente un diagrama de flujo/algoritmo determinado en base a los datos interpretados por las FIG. 8A-8D. La precisión del algoritmo de la FIG. 8E fue probada usando una fórmula espesa, licuada (IDDSI 4) y agua (IDDSI 0) usando una variedad de tamaños de tubos nasogástricos a varias velocidades de alimentación. Los resultados de esta prueba para condiciones normales se ilustran en la FIG. 8F, descrita a continuación. Las condiciones normales indican que se cargó un set de alimentación sin oclusión en una bomba, se cebó el set de alimentación, se inició la alimentación sin problemas y se simuló una oclusión durante la alimentación normal sujetando el set de alimentación. Las condiciones mostradas en la FIG. 8F fueron suficientes para detectar oclusiones durante estas condiciones de uso.

[0061] La precisión del algoritmo de la FIG. 8E fue probada usando una fórmula espesa, licuada (IDDSI 4) y agua (IDDSI 0) usando una variedad de tamaños de tubos nasogástricos a varios ritmos de alimentación. Los resultados de esta prueba para condiciones no normales se ilustran en la FIG. 8G. Una condición no normal ocurre cuando un equipo ocluido se carga en una bomba antes de que se inicie una alimentación. Los criterios mostrados en la FIG. 8G no fueron suficientes para detectar oclusiones durante estas condiciones de uso.

[0062] Refiriéndose a la FIG. 8H, al observar las lecturas de fuerza (como se mide con una conversión analógica a digital, ADC, por ejemplo, un valor digital proporcional a una medición analógica) con el tiempo, como se ilustra en secuencias cronológicas por alícuota, hubo perfiles de presión más erráticos y ruidosos evidentes en los equipos de alimentación que estaban ocluidos que en los equipos de alimentación que estaban sin ocluir. Este comportamiento errático se cuantificó tomando el cambio medio de magnitud de alícuota a alícuota para las dos últimas vueltas del rotor (12 alícuotas). Se calculó el valor absoluto de la diferencia de fuerza punto a punto y luego se promedió $((|F_{L-11}-F_{(L-10)}|+ |F_{L-10}-F_{(L-9)}| + |F_{L-9}-F_{(L-8)}|+ |F_{L-8}-F_{(L-7)}|+ |F_{L-7}-F_{(L-6)}|+ |F_{L-6}-F_{(L-5)}| + |F_{L-5}-F_{L-4}|+ |F_{L-4}-F_{(L-3)}|+ |F_{L-3}-F_{(L-2)}|+ |F_{L-2}-F_{(L-1)}| + |F_{(L-1}-F_{(L-)}|)/11)$. Aunque la desviación estándar para evaluar el ruido en la respuesta de presión puede ser innecesaria para caracterizar el ruido relativo a la media, puede implementarse en el sistema/método. Por ejemplo, la desviación estándar puede implementarse para cuantificar aún más las tendencias y/o el comportamiento en cualquiera de las lecturas de la señal de presión.

[0063] Refiriéndose a la FIG. 8I, ilustra un cambio promedio en una magnitud de la presión de alícuota a alícuota para las últimas dos vueltas del rotor entre ocluido y no ocluido. En particular, se comparó un set de alimentación ocluido (la condición no normal, como se describe e ilustra en relación con la FIG. 8G y se etiqueta en este gráfico como de alta presión a alta presión o H2H) con un set de alimentación no ocluido (etiquetado en este caso como de baja presión a baja presión de L2L). La FIG. 8I ilustra el gráfico de valor individual de estos datos utilizando 6 bombas. 4 tipos de fórmulas diferentes, y 2 velocidades de alimentación diferentes. Las FIG. 8J-8L ilustran los mismos datos, pero desglosados por bomba, tipo de fórmula y velocidad de alimentación, respectivamente.

[0064] Refiriéndose a la FIG. 8M, ilustra el diagrama de flujo finalizado que demuestra el árbol de decisión para el algoritmo de detección de oclusión de fórmula gruesa después de tomar en consideración las FIG. 8A-8L en consideración como se describió anteriormente. Como referencia, y como se describió anteriormente, el valor de la fuerza C se adquiere al final de un ciclo de 1 minuto, 5 segundos después de que se suministra la última alícuota. El valor de fuerza L se adquiere después de la entrega de la última alícuota. El Valor de Fuerza A se adquiere inmediatamente antes de que se entregue la primera alícuota al inicio de una alimentación. El $Avg(\Delta_{L12})$ es el cambio promedio en magnitud de alícuota a alícuota para las últimas dos vueltas del rotor.

[0065] Refiriéndose a la FIG. 8N, ilustra los resultados de las pruebas del diagrama de flujo de la FIG. 8M al usar una variedad de bombas bajo prueba, velocidades de alimentación, tipos de fórmula y condiciones de uso. el 99,4 % de las oclusiones fueron detectadas después de 3 ciclos

de alimentación de 1 minuto con solo 0,05 % resultando en una falsa alarma. Estos resultados suponen una mejora significativa con respecto a los sistemas que no utilizan el algoritmo.

[0066] Si bien los aspectos descritos en el presente documento se han descrito en conjunción con los aspectos de ejemplo descritos anteriormente, diversas alternativas, modificaciones, variaciones, mejoras y/o equivalentes sustanciales, ya sean conocidos o que son o pueden ser actualmente imprevistos, pueden llegar a ser evidentes para los expertos medianamente versados en el arte. Por consiguiente, los aspectos de ejemplo, tal como se han expuesto anteriormente, pretenden ser ilustrativos, no limitativos. Se pueden realizar diversos cambios sin apartarse del espíritu y el alcance de la divulgación. Por lo tanto, la divulgación pretende abarcar todas las alternativas, modificaciones, variaciones, mejoras y/o equivalentes sustanciales conocidos o desarrollados posteriormente.

[0052]Por lo tanto, las reivindicaciones no pretenden limitarse a los aspectos aquí mostrados, sino que se les debe conceder todo el alcance coherente con el lenguaje de las reivindicaciones, en donde la referencia a un elemento en singular no pretende significar “uno y solo uno” a menos que se indique específicamente, sino más bien “uno o más”. Todos los equivalentes estructurales y funcionales de los elementos de los diversos aspectos descritos a lo largo de la presente divulgación que sean conocidos o que lleguen a ser conocidos posteriormente por los expertos en el arte se incorporan expresamente aquí por referencia y se pretende que queden comprendidos en las reivindicaciones. Además, nada de lo divulgado en el presente documento está destinado a ser dedicado al público, independientemente de si dicha divulgación se reclama explícitamente en las reivindicaciones. Ningún elemento de la reivindicación debe interpretarse como un medio más una función a menos que el elemento se recite expresamente utilizando la frase “medio para”.

[0067] Se entiende que el orden o jerarquía específicos de los procesos/flujogramas divulgados es una ilustración de enfoques de ejemplo. En función de las preferencias de diseño, se entiende que el orden o la jerarquía específicos de los procesos o diagramas de flujo pueden reorganizarse. Además, algunas características/pasos pueden combinarse u omitirse. Las reivindicaciones de métodos que se acompañan presentan elementos de las diversas características/pasos en un orden de ejemplo, y no pretenden limitarse al orden o jerarquía específicos presentados.

[0053]Además, la palabra “ejemplo” se utiliza aquí para significar “que sirve como ejemplo, instancia o ilustración”. Cualquier aspecto descrito aquí como “ejemplo” no debe interpretarse necesariamente como preferido o ventajoso sobre otros aspectos. A menos que se indique específicamente lo contrario, el término “algunos” se refiere a uno o más. Las combinaciones

como “al menos uno de A, B o C”, “al menos uno de A, B y C” y “A, B, C o cualquier combinación de los mismos” incluyen cualquier combinación de A, B y/o C, y pueden incluir múltiplos de A, múltiplos de B o múltiplos de C. Específicamente, combinaciones tales como “al menos uno de A, B o C,” “al menos uno de A, B, y C,” y “A, B, C, o cualquier combinación de los mismos” pueden ser A solamente, B solamente, C solamente, A y B, A y C, B y C, o A y B y C, en donde cualquiera de tales combinaciones puede contener uno o más miembro o miembros de A, B o C. Nada de lo aquí divulgado pretende ser dedicado al público independientemente de si tal divulgación se reclama explícitamente en las reivindicaciones.