(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 972 534**

(51) Int. Cl.:

***G16H 20/17*** (2008.01)

***G16H 20/60*** (2008.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.09.2017 PCT/EP2017/072557**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **15.03.2018 WO18046646**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.09.2017 E 17768406 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2023 EP 3485410**

(54) Título: **Nutrición enteral automatizada**

(30) Prioridad:

**09.09.2016 US 201662385650 P**
**22.11.2016 US 201662425344 P**
**08.12.2016 US 201662431704 P**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
**13.06.2024**

(73) Titular/es:

**AXIUM MTECH SA (100.0%)**
**Allée de la Petite Prairie 4**
**1260 Nyon, CH**

(72) Inventor/es:

**GANTER, CHRISTOPH;**
**JEDWAB, MICHAEL;**
**BENJAMIN, DORION;**
**MUEHLEMANN, NATALIA;**
**JOHNSON, ERIC y**
**BERNARD, STEVEN**

(74) Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Nutrición enteral automatizada

Antecedentes de la invención

La presente divulgación se refiere en general a los dispositivos y métodos para administrar múltiples fluidos, tales como las disoluciones de alimentación enteral. Más específicamente, la presente divulgación se refiere a un sistema y método para mejorar la prestación de nutrición mediante la automatización.

Cuando un paciente no puede comer normalmente, un equipo de infusión puede proporcionar una disolución enteral que contiene nutrición y medicamentos opcionales al paciente. El equipo de perfusión se puede utilizar con una bomba (por ejemplo, una bomba peristáltica) para regular la cantidad y la tasa a la que se administra la disolución enteral desde un depósito al paciente.

Por lo general, la cantidad de disolución enteral administrada al paciente debe controlarse con precisión, especialmente si la disolución enteral contiene compuestos potentes. En muchos sistemas de alimentación enteral, la conexión del tubo a una bomba peristáltica controla el flujo de líquido al paciente de acuerdo con la velocidad de la bomba peristáltica. Sin embargo, el exceso de líquido puede llegar al paciente debido a la gravedad, lo que se conoce como flujo libre y no sólo es indeseable, sino que puede ser peligroso. Así como una condición de flujo libre debido a la gravedad puede ser peligrosa, las velocidades de la tasa de flujo de la bomba que exceden ciertos umbrales también son indeseables.

Ciertos pacientes y entornos de pacientes requieren una nutrición enteral continua, que se puede administrar de acuerdo con una prescripción. Los sistemas actuales impulsan las prescripciones de acuerdo con una tasa de flujo establecida y un período de tiempo establecido para lograr un volumen total deseado. Por varias razones, la administración continua de nutrición enteral puede interrumpirse y, como resultado, la bomba se pone en pausa. Sin embargo, un inconveniente de pausar la bomba durante una nutrición enteral continua de los sistemas actuales es que la prescripción puede no completarse debido al tiempo de bombeo perdido durante la interrupción. WO2015184366A1 divulga una bomba de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 anexa.

El cumplimiento de la prescripción también puede verse afectado por variaciones en la precisión de la tasa de flujo del sistema de bombeo enteral. Los sistemas de bombeo enteral se clasifican típicamente para una precisión de +/-5 a 10 %. Este rango puede ser aún más amplio dependiendo de la configuración del sistema de bombeo. Las variaciones de precisión se ven afectadas por factores como la viscosidad de la nutrición, la altura de cabeza del recipiente de la nutrición, el tamaño del tubo de alimentación y las propiedades físicas del conjunto de tubos enterales.

Breve descripción de la invención

La presente divulgación proporciona un sistema de administración de nutrición enteral continuo o intermitente que permite a un usuario o médico introducir un volumen de suministro deseado o una receta, como objetivos nutricionales (por ejemplo, energía o calorías), en una bomba que calcula una tasa de flujo y otros parámetros (como los volúmenes restantes y el déficit energético) en consecuencia. A diferencia de los sistemas actuales que están impulsados por el flujo, el sistema de la presente divulgación generalmente se basa en el volumen y/o el objetivo nutricional. Específicamente, la presente divulgación permite a un usuario o a un médico especificar un volumen o un objetivo nutricional que debe suministrarse durante un suministro nutricional, un período de tiempo durante el cual debe suministrarse ese volumen/nutrientes y (en su caso) tasas máximas toleradas/cantidades en bolo. En tal realización, la tasa de flujo de la bomba u otro régimen de nutrición (por ejemplo, en caso de alimentación intermitente) se calibra automáticamente para lograr los objetivos nutricionales, el volumen y los parámetros de duración. Se debe entender que en varias otras realizaciones divulgadas en la presente, pero no parte de la invención reivindicada, mientras que una de las intenciones es definir el volumen total en un tiempo dado, la bomba puede aceptar alternativamente una entrada de uno o más de una combinación de volumen, tasa de flujo, o tiempo/duración del suministro. La calibración incluye una solicitud de confirmación por parte de un médico antes de comenzar el suministro para confirmar las tasas de flujo adaptadas a cada paciente individualmente. Al operar como un programa de administración de nutrición orientado a objetivos (por ejemplo, pero sin limitarse a, un programa de administración de nutrición impulsado por volumen o calorías), la presente divulgación proporciona un sistema que permite a un usuario o médico, durante el suministro de nutrición, pausar la infusión y el sistema calcula una tasa de flujo o un régimen de suministro de recuperación (por ejemplo, pero sin limitarse a, régimen de recuperación o intermitente) para lograr un 100 % de suministro según la prescripción a pesar de la interrupción de la infusión (o lo más cerca posible del 100 % teniendo en cuenta las tasas máximas de suministro y la tolerancia individual del paciente).

Debe entenderse que, dependiendo de la duración de la interrupción, la nueva tasa de flujo calculada puede superar una limitación de tasa de flujo segura de la bomba o una tasa umbral de tolerancia máxima especificada por un médico. En varias realizaciones, el sistema proporciona una indicación de si la tasa de flujo de recuperación calculado cae fuera de los límites de la bomba o el umbral de tolerancia. Si la tasa de flujo de recuperación calculada se encuentra fuera de los límites preestablecidos de la bomba o del umbral, el sistema calcula y muestra un porcentaje de suministro revisado por debajo del 100 % óptimo, y establece o propone automáticamente una nueva tasa de flujo para lograr de forma segura el

porcentaje de suministro revisado. Como se explica con mayor detalle a continuación, el sistema de una realización que no forma parte de la invención reivindicada calcula y muestra un porcentaje revisado de exceso de suministro de más del 100 % para prepararse para mejorar una interrupción futura prevista.

La alcance de la presente invención está determinado por las reivindicaciones adjuntas. En la presente divulgación figuran varias realizaciones de conformidad con las reivindicaciones anexas, como se especifica en lo sucesivo, y diversas realizaciones que no forman parte de las reivindicaciones anexas. En consecuencia, en una realización general, la presente divulgación proporciona una bomba con medios de control para proporcionar una composición nutricional enteral, la bomba tiene un accionamiento conectado funcionalmente a un controlador. El controlador y la bomba se adaptan para recibir un volumen objetivo u objetivos nutricionales de un primer volumen total de la composición que se suministrará en un primer período definido de tiempo. Con base en el primer volumen y el primer período de tiempo, la bomba calcula una primera tasa de suministro o régimen de suministro (por ejemplo, para uso intermitente). En caso de que se produzca un evento que modifique la tasa o el régimen de suministro externo o interno (por ejemplo, una interrupción o una pausa en el suministro) y mientras dure dicho evento, el controlador de la bomba recalcula una segunda tasa de suministro/régimen de nutrición adaptado al final del evento de modificación de la tasa de suministro externo o interno, con base en los objetivos de volumen/nutrición residuales de los primeros objetivos de volumen/nutrición y el tiempo restante desde el final del evento de modificación de la tasa/régimen de suministro externo o interno hasta el final del primer período de tiempo. Tras el cálculo de la segunda tasa/régimen de suministro adaptado, el suministro nutricional continúa con la segunda tasa/régimen de suministro adaptado. En una realización, la bomba se configura en función de una densidad calórica (por ejemplo, en kcal/ml) del primer objetivo nutricional.

Una ventaja de una o más realizaciones proporcionadas por la presente divulgación es permitir la interrupción o pausa de un suministro de nutrición enteral, al tiempo que modifica automáticamente la tasa de flujo y los regímenes de suministro para lograr los objetivos de la prescripción original.

Otra ventaja de una o más realizaciones proporcionadas por la presente divulgación es calcular una tasa de flujo y regímenes de suministro de recuperación después de una interrupción del suministro, en donde la tasa de flujo de la bomba se aumenta para cumplir con la prescripción a pesar de la pausa en el suministro. En varias realizaciones, la tasa de flujo de recuperación/cambios en el régimen de nutrición se muestran al usuario o al médico.

Otra ventaja de una o más realizaciones proporcionadas por la presente divulgación es determinar si una tasa de flujo máxima de recuperación después de una interrupción del suministro es suficiente para proporcionar el 100 % de la nutrición prescrita dentro del tiempo de tratamiento previsto.

Una ventaja de una o más realizaciones proporcionadas por la presente divulgación es, si la tasa de flujo/régimen de alimentación máximo de recuperación después de la interrupción del suministro no es suficiente para proporcionar el 100 % de la nutrición prescrita dentro del tiempo de tratamiento previsto, calcular el porcentaje reducido de prescripción proyectado a suministrar y mostrar ese porcentaje reducido de prescripción al usuario o médico.

Otra ventaja de una o más realizaciones que no forman parte de la invención reivindicada, aunque proporcionada por la presente divulgación, es, si se predice que es probable que se produzca una interrupción durante un suministro, ajustar la bomba a una tasa de flujo de suministro preventivo en donde la tasa de flujo de la bomba sea mayor que la tasa de flujo prescrita antes de que ocurran interrupciones. En tal realización, antes de una interrupción, el paciente recibe más nutrición de la prescrita, creando un amortiguador para de exceso de suministro contra el cual cualquier interrupción puede ser compensada. Debe entenderse que algunas realizaciones que no forman parte de la invención reivindicada utilizan tanto una tasa de flujo de bomba preventiva como una tasa de flujo de recuperación juntos para garantizar un suministro seguro de la nutrición prescrita incluso cuando se interrumpe el suministro.

Otra ventaja de una o más realizaciones proporcionadas por la presente divulgación es la integración de la bomba con un servidor central a través de una red hospitalaria, en donde la bomba establece una comunicación bidireccional con el servidor central para incorporar en las terapias de alimentación prescripciones específicas del paciente, cálculos de tasa de flujo/régimen de alimentación, y las limitaciones de la tasa de flujo de la bomba y la tolerancia del paciente.

La presente divulgación proporciona un sistema de bomba de conformidad con la reivindicación 1 anexa para suministrar una composición de nutrición enteral, en donde el sistema de bomba comprende una bomba, un dispositivo de entrada, un controlador, un dispositivo de memoria y un procesador. Con referencia a la FIGURA 7, el procesador está configurado para ejecutar las instrucciones almacenadas en el dispositivo de memoria para hacer que el controlador: mediante el dispositivo de entrada, permita a un usuario ingresar un primer parámetro de nutrición y una primera duración de un suministro de nutrición T1, en donde el primer parámetro de nutrición es un primer volumen de nutrición a suministrar V1 y la primera duración del suministro de nutrición T1 es un período de tiempo durante el cual debe suministrarse el primer volumen de nutrición. El controlador i) calcula una primera tasa de flujo de suministro (F1) de la bomba con base en el primer volumen de nutrición V1 y la primera duración T1, en donde la primera tasa de flujo de suministro es igual al primer volumen de nutrición V1 dividido por la primera duración T1, ii) pone en marcha la bomba de acuerdo con la primera tasa de flujo de suministro (F1), y iii) detiene la bomba en caso de una interrupción de la bomba de una segunda duración (i). Además, el controlador, después de la conclusión de la interrupción de la bomba, calcula un volumen de nutrición parcial suministrado (V2) y un volumen de nutrición restante a suministrar V3, en donde: V1 = V2 + V3. El controlador también

calcula una duración de tiempo parcial completada T2 y una duración de tiempo restante T3, en donde T1 = T2 + T3. El controlador también calcula una tasa de flujo de suministro propuesta (F2) de la bomba en función del volumen de nutrición restante a suministrar y la duración de tiempo restante, en donde la tasa de flujo de suministro propuesta (F2) de la bomba es igual al volumen de nutrición restante a suministrar V3 dividido por la duración de tiempo restante T3.

En el sistema de bomba de conformidad con la reivindicación 1 anexa, la tasa de flujo de suministro propuesta (F2) de la bomba es mayor que la primera tasa de flujo de suministro (F1) de la bomba.

En el sistema de bomba de conformidad con la reivindicación 1 anexa, las instrucciones incluyen una tasa de flujo máxima permitida de la bomba.

En el sistema de bomba de conformidad con la reivindicación 1 anexa, el procesador está configurado para ejecutar las instrucciones almacenadas en el dispositivo de memoria para hacer que el controlador determine si la tasa de flujo de suministro propuesta excede la tasa de flujo máxima permitida.

En el sistema de bomba de conformidad con la reivindicación 1 anexa, si la tasa de flujo de suministro propuesta no excede la tasa de flujo máxima permitida, el controlador reanuda la bomba de acuerdo con la tasa de flujo de suministro propuesta.

En la realización de acuerdo con la reivindicación 2 anexa, si la tasa de flujo de suministro propuesta excede la tasa de flujo máxima permitida, el controlador reanuda la bomba de acuerdo con la tasa de flujo máxima permitida y el controlador pide al usuario una entrada para reconfirmar o modificar la tasa de flujo máxima permitida.

En la realización de conformidad con la reivindicación 3 anexa, un volumen de nutrición total suministrado VT de acuerdo con la tasa de flujo máxima permitida por la duración de tiempo restante es menor que el primer volumen de nutrición a suministrar (V1).

En la realización de conformidad con la reivindicación 3 anexa, el procesador está configurado para calcular un volumen de nutrición de escasez neta (VS), en donde VS = V1 - VT, y una relación (R) del volumen de nutrición total suministrado y el primer volumen de nutrición a suministrar, en donde R = VT/V1.

Otra realización incluye un dispositivo de visualización operable con la bomba, el dispositivo de entrada, el controlador, el dispositivo de memoria y el procesador, en donde el procesador está configurado para mostrar el volumen de nutrición de escasez neta en el dispositivo de visualización.

En una realización, el procesador está configurado para mostrar la relación (R) en el dispositivo de visualización.

En una realización que no forma parte de la invención reivindicada, el primer parámetro de nutrición a suministrar es un primer objetivo de energía nutricional a suministrar (E1) o un primer objetivo de proteína nutricional a suministrar (P1).

Otra realización incluye, mediante el dispositivo de entrada, permitir que un usuario ingrese una densidad calórica (F1) de: el primer objetivo de energía nutricional a suministrar (E1) y/o el primer objetivo de proteína nutricional a suministrar (P1).

Otra realización que no forma parte de la invención reivindicada incluye el cálculo de una primera tasa de flujo de suministro de la bomba con base en uno o más de: el primer objetivo de energía nutricional a suministrar (E1), el primer objetivo de proteína nutricional a suministrar (P1) y la densidad calórica (F1) del primer objetivo de energía nutricional a suministrar (E1) y/o el primer objetivo de proteína nutricional a suministrar (P1).

Otra realización incluye, después de la conclusión de la interrupción de la bomba, el cálculo de una energía nutricional parcial (E2) u otro objetivo nutricional predefinido, y el cálculo de una energía nutricional restante (E3) u otro objetivo nutricional predefinido a suministrar, en donde E1 = E2 + E3.

Otra realización incluye, después de la conclusión de la interrupción de la bomba, el cálculo de una proteína nutricional parcial (P2) a suministrar y el cálculo de una proteína nutricional restante (P3) a suministrar, en donde P1 = P2 + P3.

La realización de conformidad con la reivindicación 4 anexa incluye el cálculo de un régimen nutricional propuesto para la alimentación intermitente.

En la realización de conformidad con la reivindicación 5 anexa, los parámetros de alimentación intermitente exceden un parámetro de alimentación predefinido.

Además, de acuerdo con la reivindicación 5 anexa, las instrucciones incluyen parámetros de alimentación intermitente máximos permitidos.

Además, de conformidad con la reivindicación 5 anexa, el procesador está configurado para ejecutar las instrucciones

almacenadas en el dispositivo de memoria para hacer que el controlador determine si la tasa de flujo de suministro propuesta excede los parámetros de alimentación intermitente máximos permitidos.

En la realización de conformidad con la reivindicación 6 anexa, si la tasa de flujo de suministro propuesta excede los parámetros de alimentación intermitente máximos permitidos, el controlador solicita al usuario una entrada para reconfirmar o modificar los parámetros de alimentación intermitente máximos permitidos.

En la realización de conformidad con la reivindicación 6 anexa, preferiblemente, una energía nutricional total suministrada (ET) o proteína nutricional total suministrada (PT) de acuerdo con la tasa de flujo máxima permitida para la duración de tiempo restante es menor que la primera energía nutricional suministrada (E1) o la primera proteína nutricional suministrada (P1), respectivamente.

En la realización de conformidad con la reivindicación 7 anexa, el procesador está configurado para calcular: una energía nutricional de escasez neta ES, en donde ES = E1 - ET, y una relación de energía ER de la energía nutricional total suministrada y la primera energía nutricional a suministrar, en donde ER = ET / E1; y/o una proteína nutricional de escasez neta PS, en donde PS = P1 - PT, y una relación de proteína PR de la proteína nutricional total suministrada y la primera proteína nutricional a suministrar, en donde PR = PT/P1.

En una realización, el procesador está configurado para calcular los déficits del objetivo nutricional de la escasez neta diaria y acumulada en función de uno o más de: volumen, energía, proteína u otro objetivo nutricional predefinido.

Otra realización incluye un dispositivo de visualización operable con la bomba, el dispositivo de entrada, el controlador, el dispositivo de memoria y el procesador, en donde el procesador está configurado para mostrar los déficits del objetivo nutricional de escasez neta diaria y acumulada en el dispositivo de pantalla.

En una realización, el procesador está configurado para mostrar la relación respectiva (ER, PR) en el dispositivo de visualización.

Otra realización que no forma parte de la invención reivindicada divulga un método para controlar una bomba para suministrar una composición nutricional enteral. El método comprende los pasos de: recibir un primer parámetro de nutrición y una primera duración de la administración de nutrición (T1) definiendo al menos una porción de una prescripción, en donde el primer parámetro de nutrición es un primer volumen de nutrición a suministrar (V1); poner en marcha la bomba con una primera tasa de flujo de suministro calculada con base en V1 y T1 de la prescripción; detener la bomba en caso de una interrupción de la bomba de una segunda duración. Después de la segunda duración, calcular una tasa de flujo de suministro propuesta con base en una duración de tiempo parcial restante (TR) desde la primera duración del suministro de nutrición de la prescripción y un volumen de nutrición parcial suministrado (VR) desde el primer volumen de nutrición de la prescripción.

Otra realización del método no reivindicado comprende los pasos para determinar si la tasa de flujo de suministro propuesta excede una tasa de flujo máxima permitida de la bomba.

En otra realización del método no reivindicado, si la tasa de flujo de suministro propuesta excede la tasa de flujo máxima permitida, reiniciar la bomba después de que la interrupción haya concluido con la tasa de flujo máxima permitida durante el tiempo parcial restante o hasta una interrupción posterior.

En otra realización del método no reivindicado, si la tasa de flujo de suministro propuesta no excede la tasa de flujo máxima permitida, reiniciar la bomba después de que la interrupción haya concluido con la tasa de flujo de suministra propuesta durante el tiempo parcial restante o hasta una interrupción posterior.

En otra realización del método no reivindicado, la tasa de flujo de suministro propuesta se calcula para permitir que la bomba proporcione el primer volumen de nutrición dentro de la primera duración de suministro nutricional de la prescripción, a pesar de la interrupción de la bomba.

En otra realización del método no reivindicado, la tasa de flujo de suministro propuesta aumenta a medida que aumenta la segunda duración de la interrupción de la bomba.

Otra realización del método no reivindicado incluye el cálculo de un volumen de nutrición de escasez neta (VS), en donde VS = V1 - VT, y en donde VT es un volumen de nutrición total suministrado (VT) de acuerdo con la tasa de flujo máximo permitida para el tiempo restante, y una relación (R) del volumen total de nutrición suministrado y el primer volumen de nutrición a suministrar, en donde R = VT/V1.

Otra realización del método no reivindicado incluye mostrar, en un dispositivo de visualización asociado con la bomba, el volumen de nutrición de escasez neta (VS).

Otra realización del método no reivindicado incluye mostrar, en un dispositivo de visualización asociado con la bomba, la relación (R).

En una realización del método no reivindicado, el primer parámetro de nutrición es un primer objetivo de energía nutricional a suministrar (E1) o un primer objetivo de proteína nutricional a suministrar (P1).

En una realización del método no reivindicado, la primera tasa de flujo de suministro se calcula con base en al menos E1 y P1 de la prescripción.

Otra realización del método no reivindicado incluye el cálculo de un régimen nutricional propuesto para la alimentación intermitente.

Otra realización del método no reivindicado incluye la definición de una tasa de flujo máxima permitida de la bomba.

Otra realización del método no reivindicado incluye la definición de al menos un parámetro de alimentación intermitente máximo permitido.

Otra realización del método no reivindicado incluye la definición de al menos un parámetro de alimentación intermitente mínimo permitido.

Otra realización del método no reivindicado comprende los pasos para determinar si el régimen intermitente propuesto excede al menos un parámetro de alimentación intermitente máximo permitido.

En una realización del método no reivindicado, el usuario puede modificar al menos un parámetro de alimentación intermitente máximo permitido.

La presente divulgación también proporciona un medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina que incluye instrucciones legibles por máquina para hacer que un procesador ejecute un método para usar con un dispositivo médico y una bomba asociada para automatizar el suministro de nutrición enteral. El método consiste en recibir un primer parámetro de nutrición y una primera duración de la administración de nutrición (T1) que define al menos una porción de una prescripción, en donde el primer parámetro de nutrición es un primer volumen de nutrición a suministrar (V1). El método comprende además la puesta en marcha de la bomba con una primera tasa de flujo de suministro calculada con base en V1 y T1 de la prescripción y la parada de la bomba en caso de una interrupción de la bomba de una segunda duración. El método comprende además, una vez concluida la segunda duración, calcular una tasa de flujo de suministro propuesta con base en una duración de tiempo parcial restante (TR) desde la primera duración del suministro de nutrición de la prescripción y un volumen de nutrición parcial suministrado (VR) desde el primer volumen de nutrición de la prescripción. El método comprende además la comparación de la tasa de flujo de suministro propuesta con una tasa de flujo máxima permitida, y si la tasa de flujo de suministro propuesta excede la tasa de flujo máxima permitida: reiniciar la bomba a la tasa de flujo máxima permitida, y calcular y mostrar la tasa de flujo máxima permitida en un dispositivo de visualización asociado a la bomba. Si la tasa de flujo de suministro propuesta no excede la tasa de flujo máxima permitida, reiniciar la bomba a la tasa de flujo de suministro propuesta.

En otra realización no reivindicada del medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina, el primer parámetro de nutrición es un primer objetivo de energía nutricional a suministrar (E1).

En otra realización del medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina comprende el paso de definir una densidad de energía de la prescripción.

En otra realización no reivindicada del medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina, el primer parámetro de nutrición es un primer objetivo de proteína nutricional a suministrar (P1).

En otra realización del medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina comprende el paso de definir una relación de proteínas de la prescripción.

En otra realización del medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina comprende el paso de definir al menos un parámetro de alimentación intermitente máximo permitido.

En otra realización del medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina, toda la tasa de flujo máxima permitida y al menos un parámetro de alimentación intermitente máximo permitido pueden ser modificados por un usuario. En una realización, la presente divulgación proporciona un sistema de bomba para suministrar una composición de nutrición enteral, en donde el sistema de bomba comprende una bomba, un dispositivo de entrada, un controlador, un dispositivo de memoria y un procesador. El procesador está configurado para ejecutar las instrucciones almacenadas en el dispositivo de memoria para hacer que el controlador reciba una primera prescripción de nutrición, incluyendo la primera duración de un suministro nutricional y un primer volumen de nutrición a suministrar y calcular una primera tasa de flujo de suministro de la bomba con base en el primer volumen de nutrición y la primera duración. El controlador está configurado además para recibir una entrada de interrupción anticipada asociada con una interrupción probable de la administración de nutrición durante la primera duración de la administración de nutrición, calcular una tasa de flujo de suministro preventivo de la bomba con base en al menos la primera tasa de flujo de suministro y la entrada de interrupción anticipada, y poner

en marcha la bomba de acuerdo con la tasa de flujo de suministro preventiva.

En una realización, la entrada de interrupción anticipada incluye una duración de interrupción anticipada.

En una realización, el controlador está configurado para recibir una segunda entrada de interrupción anticipada asociada con una segunda interrupción probable de la alimentación, en donde la segunda entrada de interrupción anticipada incluye una segunda duración de interrupción anticipada.

En una realización, la tasa de flujo de suministro preventiva se calcula con base en al menos la primera tasa de flujo de suministro, la entrada de interrupción anticipada y la segunda entrada de interrupción anticipada.

En una realización, la tasa de flujo de suministro preventiva aumenta a medida que aumenta la duración de interrupción anticipada.

En una realización, la tasa de flujo de suministro preventiva aumenta a medida que aumenta la suma de la duración de interrupción anticipada y la segunda duración de interrupción anticipada.

En una realización, la tasa de flujo preventiva es más alta que la primera tasa de flujo de suministro.

En otra realización, la presente divulgación proporciona un sistema de bomba para suministrar una composición de nutrición enteral, en donde el sistema de bomba comprende una bomba, un dispositivo de entrada, un controlador, un dispositivo de memoria y un procesador. El procesador está configurado para ejecutar las instrucciones almacenadas en el dispositivo de memoria para hacer que el controlador: mediante el dispositivo de entrada, permita a un usuario ingresar un primer parámetro de nutrición y una primera duración de un suministro de nutrición (T1), en donde el primer parámetro de nutrición es un primer volumen de nutrición a suministrar (V1). El controlador calcula una primera tasa de flujo de suministro de la bomba con base en el primer volumen de nutrición (V1) y la primera duración (T1), y pone en marcha la bomba de acuerdo con la primera tasa de flujo de suministro. En el caso de una interrupción de la bomba de una duración de interrupción, el sistema determina si la duración de la interrupción excede un umbral de duración de la interrupción. Si la duración de la interrupción no excede el umbral de duración de la interrupción, el sistema continúa operando la bomba de acuerdo con la primera tasa de flujo de suministro. Si la duración de la interrupción excede el umbral de duración de la interrupción y después de la conclusión de la interrupción de la bomba, el sistema calcula: un volumen de nutrición parcial suministrado (V2) y un volumen de nutrición restante a suministrar (V3), en donde: V1 = V2 + V3; una duración de tiempo parcial completada (T2) y una duración de tiempo restante (T3), en donde T1 = T2 + T3; y una tasa de flujo de suministro propuesta de la bomba con base en el volumen de nutrición restante a suministrar y la duración de tiempo restante.

En una realización, el controlador está configurado para, si la duración de la interrupción no excede el umbral de duración de la interrupción, y en el caso de una N-ésima interrupción de la bomba de una N-ésima duración de la interrupción, determinar si la suma de la duración de la interrupción y la N-ésima duración de la interrupción excede el umbral de duración de la interrupción.

En una realización, la operación de la bomba se continúa y la tasa de flujo de suministro propuesta no se calcula hasta que la suma de la duración de la interrupción y la N-ésima duración de la interrupción excede el umbral de duración de la interrupción.

En una realización, la interrupción de la bomba es una oclusión.

En una realización, la interrupción de la bomba es una detección de una anormalidad en el suministro de nutrición o debido a una alarma de aire en línea.

Una realización se refiere a una bomba que tiene medios de control para suministrar una composición nutricional enteral y una funcionalidad de accionamiento conectada a los medios de control. Los medios de control se adaptan para: recibir un volumen objetivo de un primer volumen total de la composición a suministrar en un primer período de tiempo definido y comenzar el suministro con una primera tasa de suministro calculada con base en el primer volumen y el primer período de tiempo. Los medios de control se adaptan además para ser proporcionarse con la ocurrencia y la duración de cualquier evento de modificación de la tasa de suministro externa o interna, especialmente una parada del suministro y para recalcular una segunda tasa de suministro adaptada al final del evento de modificación de la tasa de suministro externa o interna en función del volumen residual del primer volumen y el tiempo restante desde el final del evento de modificación de la tasa de suministro externa o interna y al final del primer período de tiempo. Después de recalcular la segunda tasa de suministro adaptada, el medio de control indica a la funcionalidad de accionamiento que continúe el suministro con la segunda tasa de suministro adaptada.

En una realización, el evento de modificación de la tasa de suministro externa o interna es una pausa del suministro mediante un comando externo o interno de parada o pausa.

Una realización que no forma parte de la invención reivindicada incluye un método para controlar una bomba para

suministrar una composición nutricional enteral, que comprende varios pasos. Los pasos incluyen recibir un volumen de señal de un primer volumen de la composición a suministrar en un primer período de tiempo definido, y comenzar el suministro con una primera tasa de suministro calculada con base en el primer volumen y el primer período de tiempo. Los pasos incluyen además la recepción de la ocurrencia y la duración de cualquier evento de modificación de la tasa de suministro externa o interna, especialmente una parada del suministro y el nuevo cálculo de una segunda tasa de suministro adaptada al final del evento de modificación de la tasa de suministro externa o interna en función del volumen residual del primer volumen y el tiempo restante desde el final del evento de modificación de la tasa de suministro externa o interna hasta el final del primer período de tiempo. Después del nuevo cálculo, el método continúa el suministro con la segunda tasa de suministro adaptada. En una realización, un controlador de una bomba está programado para ejecutar el método. En una realización, un producto de programa de software de computadora está configurado para ejecutar el método cuando se ejecuta en un dispositivo de computación conectado funcionalmente a una bomba.

Una realización que no forma parte de la invención reivindicada incluye un método para controlar una bomba para suministrar una composición de nutrición enteral, que comprende varios pasos. Con referencia a la FIGURA 8, los pasos incluyen recibir un primer parámetro de nutrición y una primera duración de un suministro de nutrición (T1), en donde el primer parámetro de nutrición es un primer volumen de nutrición a suministrar (V1). El controlador calcula una primera tasa de flujo de suministro (F1) de la bomba con base en el primer volumen de nutrición (V1) y la primera duración (T1), pone en marcha la bomba de acuerdo con la primera tasa de flujo de suministro (F1) y detiene la bomba en caso de una interrupción de la bomba de segunda duración (I). Además, el controlador, después de la conclusión de una interrupción de la bomba, calcula un volumen de nutrición parcial suministrado (V2), un volumen de recuperación (V4) y un volumen residual a suministrar (V5), en donde V1 = V2 + V4 + V5. El controlador también calcula una duración de tiempo parcial completada (T2) y un tiempo de recuperación (T4) y una duración de tiempo residual (T5), en donde T1 = T2 + T4 + T5. El controlador también calcula una tasa de flujo de suministro propuesta (F2) de la bomba en función de una restricción de flujo de recuperación máxima permitida. El controlador también determina una tasa de flujo residual (F3).

En una realización que no forma parte de la invención reivindicada, el controlador calcula la tasa de flujo residual (F3) con base en el volumen residual (V5) y el tiempo residual (T5), en donde F3 = V5 / T5.

En una realización que no forma parte de la invención reivindicada, la tasa de flujo residual (F3) es igual a la primera tasa de flujo de suministro (F1).

En una realización que no forma parte de la invención reivindicada, la tasa de flujo de suministro propuesta (F2) es mayor que la tasa de flujo residual (F3).

En una realización que no sea parte de la invención reivindicada, la tasa de flujo de suministro propuesta (F2) es igual a la restricción de la tasa de flujo de recuperación máxima permitida.

En una realización que no forma parte de la invención reivindicada, el tiempo de recuperación T4 = [V1 - V2 -F1 * (T1 - T2)]/(F2-F1)

Una realización que no forma parte de la invención reivindicada incluye un método para controlar una bomba para suministrar una composición nutricional enteral, que comprende varios pasos. En primer lugar, el sistema de bomba recibe un primer parámetro de nutrición y una duración asignada de la administración de nutrición que define una prescripción, en donde el primer parámetro de nutrición es un primer volumen de nutrición a suministrar. El sistema de bomba entonces inicia la bomba con una primera tasa de flujo de suministro y detiene la bomba en caso de una interrupción de la bomba de una primera duración. Después de la primera duración, el sistema de bomba calcula una tasa de flujo de suministro propuesta con base en: (1) una duración de tiempo parcial restante a partir de la duración asignada de la administración de nutrición de la prescripción; y (2) un volumen de nutrición parcial suministrado a partir del primer volumen de nutrición de la prescripción. A continuación, el sistema de bomba determina si la tasa de flujo de suministro propuesta calculada es mayor que una tasa de flujo de recuperación máxima permitida preprogramada. Si la tasa de flujo de suministro propuesta calculada es superior a la tasa de flujo máxima permitida preprogramada, el sistema de bomba calcula un volumen de nutrición restante a suministrar igual al primer volumen de nutrición a suministrar menos el volumen parcial de nutrición suministrado y calcula una segunda duración de tiempo igual al volumen de nutrición restante a suministrar dividido por la tasa de flujo de recuperación máxima permitida.

En una realización que no forma parte de la invención reivindicada, el sistema de bomba también ofrece a un usuario la opción de extender el suministro de la composición nutricional enteral si la tasa de flujo de suministro propuesta calculada es mayor que la tasa de flujo de recuperación máxima permitida preprogramada.

En una realización que no forma parte de la invención reivindicada, si el usuario ejerce la opción de extender el suministro, el sistema de bomba hace funcionar la bomba más allá de la duración asignada del suministro de nutrición para suministrar el primer volumen nutricional de la prescripción.

Las características y ventajas adicionales se describen en la presente y serán evidentes a partir de la siguiente Descripción detallada y las Figuras.

Breve descripción de las figuras

**FIG. 1** muestra los perfiles de tasa de flujo y volumen de un sistema de nutrición enteral de la técnica anterior que sufre interrupciones o pausas en el suministro.

**FIG. 2** muestra los perfiles de tasa de flujo y volumen de un sistema automatizado de nutrición enteral de la presente divulgación y de acuerdo con las reivindicaciones anexas que sufre interrupciones o pausas en el suministro, seguido de ajustes de la tasa de flujo de recuperación.

**FIG. 3** muestra los perfiles de tasa de flujo y volumen de un sistema automatizado de nutrición enteral de la presente divulgación y de acuerdo con las reivindicaciones anexas que sufre interrupciones o pausas en el suministro, seguido de ajustes de la tasa de flujo de recuperación sujetos a las limitaciones máximas de la tasa de flujo de recuperación.

**FIG. 4** muestra el detalle de la Sección IV de la FIG. 3.

**FIG. 5** muestra los perfiles de tasa de flujo y volumen de un sistema automatizado de nutrición enteral de la presente divulgación que no está cubierto por las reivindicaciones anexas que sufre interrupciones o pausas en el suministro, seguido de ajustes de la tasa de flujo por exceso de suministro.

**FIG. 6** muestra el perfil del volumen suministrado de un sistema de nutrición intermitente de la presente divulgación y de acuerdo con algunas reivindicaciones dependientes anexas.

**FIG. 7** muestra un perfil de volumen suministrado de un sistema de nutrición enteral que sufre una interrupción o pausa en el suministro de acuerdo con las reivindicaciones anexas.

**FIG. 8** muestra los perfiles de tasa de flujo y volumen de un sistema automatizado de nutrición enteral de la presente divulgación que no está cubierto por las reivindicaciones anexas que sufre interrupciones o pausas en el suministro, seguido de ajustes de la tasa de flujo de recuperación con base en una restricción de la tasa de flujo de recuperación máxima admisible.

**FIG. 9** muestra los perfiles de tasa de flujo y volumen de un sistema automatizado de nutrición enteral de la presente divulgación y de acuerdo con las reivindicaciones anexas que sufre interrupciones o pausas en el suministro, seguido de ajustes de la tasa de flujo de recuperación con base en una restricción de la tasa de flujo máxima admisible; seguido de una extensión del tiempo total de suministro para suministrar el 100 % de la nutrición prescrita.

Descripción detallada

Tal como se utiliza en esta divulgación y en las reivindicaciones anexas, las formas singulares “un”, “una”, “el” y “la” incluyen referentes plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Así, por ejemplo, la referencia a “un fluido” o “el fluido” incluye dos o más fluidos.

Las palabras “comprende” y “comprender” deben interpretarse de manera inclusiva y no exclusiva. Del mismo modo, los términos “incluye”, “incluyendo” y “o” deben interpretarse como inclusivos, a menos que esa interpretación esté claramente prohibida a partir del contexto.

Sin embargo, los dispositivos y aparatos divulgados en la presente pueden carecer de cualquier elemento que no se divulgue específicamente. Por lo tanto, la divulgación de una realización utilizando el término “comprende” incluye una divulgación de las realizaciones “que consisten esencialmente en” y “que consisten en” los componentes identificados. Del mismo modo, los métodos divulgados en la presente pueden carecer de cualquier paso que no se divulgue específicamente en la presente. Por lo tanto, la divulgación de una realización utilizando el término “comprende” incluye una divulgación de las realizaciones “que consisten esencialmente en” y “que consisten en” los pasos identificados.

El término “y/o” utilizado en el contexto de “X y/o Y” debe interpretarse como “X” o “Y”, o “X e Y”. Cuando se usan en la presente, los términos “ejemplo” y “tal como”, particularmente cuando están seguidos de una lista de términos, son meramente ejemplares e ilustrativos y no deben considerarse exclusivos ni exhaustivos. Cualquier realización divulgada en la presente puede combinarse con cualquier otra realización divulgada en la presente a menos que se indique explícitamente lo contrario.

Tal como se usa en la presente, se entiende que “aproximadamente” se refiere a números en un rango de números, por ejemplo, el rango de -10 % a +10 % del número al que se hace referencia, preferiblemente dentro de -5 % a +5 % del número al que se hace referencia, más preferiblemente dentro de -1 % a +1 % del número al que se hace referencia, más preferiblemente dentro de -0,1 % a +0,1 % del número al que se hace referencia.

Las bombas de alimentación enteral son dispositivos que controlan el tiempo y la cantidad de nutrición suministrada a un paciente durante la alimentación enteral. La alimentación enteral es la administración de líquidos nutritivos a un paciente que no puede comer a través de las rutas normales de ingestión. La administración enteral ocurre típicamente a través de un conjunto de tubos entre una bolsa de alimentación y un catéter insertado en el paciente. Un casete desechable normalmente lleva al menos una porción de los tubos para que los tubos usados puedan desecharse fácilmente.

Las bombas de alimentación enteral pueden funcionar como parte de un sistema de suministro de nutrición independiente o como parte de una red interconectada más grande de aparatos de bombeo, controladores, servidores y bases de datos. Para varias administraciones de alimentación enteral, un médico o un clínico proporciona una prescripción para una cantidad (por ejemplo, volumen, calorías) y duración del régimen de alimentación continua o de alimentación intermitente con base en el perfil de cada paciente individual. Debe entenderse que varios sistemas de bombas de alimentación enteral

de la presente divulgación están configurados para permitir la entrada de una prescripción de alimentación, ya sea a través de un controlador en la propia bomba o un controlador en un servidor remoto o separado conectado a la bomba a través de una red adecuada. En algunas realizaciones, un controlador asociado con la bomba está configurado para operar la velocidad de bombeo, la duración del suministro de fluido nutricional/enteral y el tiempo de bombeo con base en diversos factores controlables por uno o más del paciente, el médico, indirectamente por la prescripción, y/o automáticamente por el controlador de la bomba.

En varias realizaciones de la presente divulgación, un sistema de bomba de alimentación enteral incluye una interfaz de usuario asociada o un dispositivo de visualización adecuado (en lo sucesivo, "interfaz de usuario") que permite la interacción entre el paciente o el médico y el sistema de bomba a través de un dispositivo de entrada asociado adecuado. En varias realizaciones, un usuario o médico, a través del dispositivo de entrada y la interfaz de usuario, tiene la capacidad de al menos programar la bomba con parámetros de bombeo, introducir una prescripción para el paciente y monitorear un suministro continuo o intermitente de la bomba de alimentación enteral. Debe entenderse que tales entradas de programación de bombas se pueden lograr de forma remota de acuerdo con métodos de programación remota conocidos, así como localmente utilizando un dispositivo de entrada asociado.

En diversas realizaciones, una prescripción típica para un sistema de bomba de la presente divulgación define al menos uno o más de: (1) un volumen de nutrición a suministrar al paciente; (2) un perfil de tasa de flujo que controle la tasa de suministro de la nutrición al paciente; (3) un período de tiempo o duración durante el cual se espera que la nutrición total se administre al paciente; (4) energía prescrita al paciente; (5) proteína u otro macro/micronutriente prescritos por día durante el período determinado; y (6) tipo de nutrición (por ejemplo, hiperproteinina o hipercalórica). En varias realizaciones con suministros intermitentes, una prescripción también podría incluir paradas de suministro planificadas (como se discute e ilustra con más detalle a continuación), interrupciones planificadas, alimentaciones en bolo, y mínimos y máximos en alimentaciones en bolo, parámetros de alimentación intermitentes máximos permitidos, duraciones de interrupción pre-planificadas, tasa de flujo, tasa de flujo de recuperación y tasas de flujo de exceso de suministro. Las realizaciones discutidas en la presente se pueden utilizar no sólo para el suministro de nutrición, sino también para la hidratación de un paciente. Por ejemplo, en varias realizaciones de hidratación, el líquido que se suministra puede ser agua o té.

En varias realizaciones, la bomba incluye un umbral de duración de interrupción, por debajo del cual la bomba no pasa por el cálculo completo de recalibración, y ajuste de la tasa de flujo y reajuste descritos en la presente. Por ejemplo, en una realización, si un sistema de suministro experimenta una pluralidad de pausas menores que son de duración muy corta (o interrupciones de la bomba), las paradas de alimentación pueden no agregarse a una interrupción lo suficientemente significativa como para justificar el nuevo cálculo de los tasa de flujo o el líquido total suministrado durante la alimentación. En varias realizaciones, las paradas, pausas o interrupciones de la bomba de alimentación pueden ser oclusiones aguas arriba o aguas abajo de las tuberías de alimentación, cortes de energía temporales a la bomba, u otras anomalías detectadas en el suministro de nutrición, tal como aire detectado en las líneas de alimentación, parada manual corta de la bomba por cualquier razón conocida, errores de bomba que causan una pausa en el suministro, o salidas de sensores de la bomba que indican lecturas que exceden los valores de seguridad umbral almacenados en el dispositivo de memoria de la bomba.

Debe entenderse que, si bien un número aceptable de interrupciones de la bomba puede abreviarse lo suficiente en conjunto para no afectar negativamente a el suministro general, el sistema de bomba de varias realizaciones monitorea la duración total de la interrupción y la compara con un umbral preestablecido o predefinido. En algunas realizaciones, el umbral predeterminado es un parámetro de una duración introducida o calculada para el suministro en particular. Si, por ejemplo, las interrupciones de la bomba incluyen una pluralidad de oclusiones cortas o interrupciones cuya duración acumulada es inferior al parámetro de umbral predeterminado, la bomba continúa con la alimentación sin un ajuste ni recalculación. Si, por otro lado, la duración acumulada de las oclusiones o interrupciones cortas excede el parámetro de umbral predeterminado (por ejemplo, más de 1 o 2 minutos), el sistema de bomba recalcula las tasas de flujo para garantizar una alimentación precisa de cualquiera de las maneras descritas en la presente.

Se debe entender que cada uno de los parámetros anteriores puede ser definido directamente por el operador a través de la prescripción, o puede ser calculado directa o indirectamente con base en uno o más parámetros u otras variables. Por ejemplo, en varias realizaciones, el volumen a suministrar dividido por la tasa de flujo promedio de la bomba calculará la duración total del suministro. En varias realizaciones, el volumen a suministrar se puede calcular a partir de la información del código de barras u otro mecanismo de identificación adecuado situado en la bolsa de alimentación o el producto. En varias realizaciones, el código de barras también puede informar a la bomba del tipo de alimentación y mostrar esa información en el dispositivo de visualización. Se debe entender que, debido a que la bomba está informada del tipo de alimentación, la pantalla puede actualizar al usuario en tiempo real de los parámetros acumulados del alimento suministrado, tal como la cantidad de proteínas o calorías.

Durante la alimentación enteral continua, por varias razones, un paciente puede necesitar pausar el suministro de nutrición durante un período de tiempo. Por ejemplo, la nutrición enteral puede mantenerse o interrumpirse en varios períodos de tiempo para que las intervenciones diagnósticas o terapéuticas se sometan a diferentes procedimientos (incluyendo, pero sin limitarse a, procedimientos junto a la cama, extubación/intubación, procedimientos en quirófano o procedimientos en la sala de radiología). Es posible que los pacientes deseen deambular lejos del sistema de bombeo, que sea necesario

reponer el depósito o la fuente de nutrición que se suministra al paciente, o el tratamiento puede interrumpirse por cualquier otro motivo previsto o imprevisto, como una radiografía u otra valoración de detección. En varias realizaciones de la presente divulgación, dicha pausa se habilita instruyendo al controlador para detener la bomba mediante el dispositivo de entrada adecuado. Además, algunas realizaciones incluyen un controlador que hace que la bomba interrumpa automáticamente el suministro de nutrición por varias razones.

Durante la alimentación enteral intermitente, la prescripción se subdivide en varias sesiones de alimentación con una o más paradas de suministro planificadas (en lugar de interrupciones). Las interrupciones inesperadas a menudo interrumpen la alimentación intermitente al igual que lo hacen para la alimentación continua. Por lo tanto, se debe entender que la discusión en la presente de las interrupciones (esperadas o inesperadas) puede ser remediada por los métodos descritos tanto para la alimentación intermitente como continua.

En el caso de una interrupción de la alimentación, uno o más de los parámetros de la bomba definidos de la prescripción se verán afectados, lo que podría afectar a uno o más de los parámetros de la bomba calculados. Por lo tanto, una interrupción en el suministro de nutrición puede causar el incumplimiento de la prescripción de acuerdo con sus requisitos previstos. Por ejemplo, como funcionan la mayoría de los sistemas anteriores, si la tasa de flujo de la bomba es un parámetro definido, y la duración total del suministro es un parámetro definido, una interrupción dará como resultado efectivamente una duración más baja del tiempo de bombeo activo en la tasa de flujo de la bomba establecida, y, por lo tanto, se suministrará menos de la nutrición total prevista al paciente. También es posible (caso común en la práctica actual) que ninguno de los parámetros de la bomba se vea afectado (debido a que el parámetro más utilizado es la tasa de flujo para la alimentación continua) y cuando se reanude el suministro después de la pausa de la bomba, la bomba continuará el suministro, lo que puede no notarse en ausencia de monitoreo del suministro de nutrición (ya sea en relación con el sistema de información o manualmente). Un estudio reciente en más de 160 unidades de cuidados intensivos ("UCI") en muchos países mostró que, en promedio, sólo el 60 % de las calorías y proteínas prescritas se administran a los pacientes de UCI. En la presente divulgación, sin embargo, si los objetivos nutricionales/volumen y la duración son parámetros definidos y la tasa de flujo es un parámetro calculado, el ajuste automático de la tasa de flujo descrito en la presente (por ejemplo, la tasa de flujo de recuperación) permite al sistema mitigar cualquier deficiencia de volumen de nutrición administrada al paciente en caso de una interrupción.

Independientemente de la razón de la interrupción de la bomba, la fuente que causa la interrupción de la bomba, o qué parámetros de prescripción se definen y cuáles se calculan, debe tenerse en cuenta que un evento de interrupción de cualquier duración afecta el volumen/objetivo del suministro de nutrición total esperado según lo prescrito por la prescripción. Como se discute con mayor detalle a continuación, una forma de mejorar los efectos no deseados de un evento de interrupción del suministro planificado o no planificado es hacer que la bomba regule su tasa de flujo (o régimen de alimentación para el modo intermitente) para compensar la duración de la interrupción sin sacrificar el volumen total/calorías totales a suministrar. Para fines de la discusión, cualquier ajuste de la tasa de flujo o régimen de alimentación de la bomba para compensar el tiempo de inactividad de la bomba durante una interrupción o pausa de suministro se denominará "tasa de flujo de recuperación". Típicamente, aunque no siempre, la tasa de flujo de recuperación es una tasa más alta que la tasa de flujo programada o calculada prevista por la prescripción para la administración de nutrición. Debe entenderse que la tasa de flujo de recuperación, si bien suele ser superior a la tasa de flujo programada, también puede estar sujeta a una restricción de tasa de flujo de recuperación máxima permitida preestablecida (parámetros preestablecidos del régimen intermitente). Con base en uno o más de la condición del paciente, los parámetros y métricas del paciente, el perfil nutricional, o cualquier parte de la prescripción de alimentación enteral, la bomba de alimentación enteral puede restringirse a una tasa de flujo máxima, más allá de la cual no se permite que supere la tasa de flujo de suministro prescrita ni la tasa de flujo de recuperación. Debe tenerse en cuenta que la tasa de flujo máxima permitida preestablecida puede diferir de la tasa de flujo máxima permitida preestablecida prescrita. En varias realizaciones, la tasa de flujo de recuperación puede variar de las tasas de flujo preestablecidas.

En diversas realizaciones, el volumen/objetivo del suministro total de nutrición prevista según lo prescrito por la prescripción se ajusta en previsión de una posible interrupción. Ya sea planificadas o no planificadas, con base en alimentaciones pasadas, la presencia de interrupciones del suministro se puede predecir con un grado razonable de probabilidad. En los casos en que un régimen probablemente incluya una interrupción, la bomba puede programarse para regular su tasa de flujo más alta antes de una interrupción de modo que, cuando se produce tal interrupción, el paciente ya ha recibido un exceso de nutrición en comparación con la tasa de flujo programada. Debido a que el paciente está adelantado debido al suministro excesivo, la interrupción anticipada tiene un exceso de nutrición a partir del cual se compensará la escasez de nutrición resultante del tiempo inactivo de la bomba, y el régimen coincide más estrechamente con la prescripción después de la interrupción. Debe entenderse que tal realización incluye un aumento preventivo de la tasa de flujo, que es similar a una tasa de flujo de recuperación discutida anteriormente. Mediante el uso de una tasa de flujo incrementada preventiva, la bomba no necesita maximizar agresivamente una tasa de flujo de recuperación después de una interrupción.

En varias realizaciones, el sistema de bomba es un sistema de bomba adaptativo que está programado para recibir una variedad de diferentes entradas relacionadas con las interrupciones previstas. Uno de estos sistemas de bomba adaptativo anticipa o predice proactivamente interrupciones basadas en las entradas (por ejemplo, interrupciones pasadas típicas del paciente, institución, centro o médico en particular) y modifica la tasa de flujo de suministro de la bomba calculada similar a la tasa de flujo incrementada preventiva discutida anteriormente. Por ejemplo, en una realización de

este sistema de bomba adaptativo, un paciente hipotético se desconectó en el pasado durante aproximadamente 30 minutos a las 10:00 am para bañarse y para que la habitación se limpiara. Durante los primeros días de esta interrupción consistente, el sistema de bomba adaptativo registraría esas interrupciones y aprendería de esos eventos para crear una entrada e instruir al sistema a modificar su tasa de flujo preventivo en suministros futuros para compensar la interrupción probable de 30 minutos a las 10:00 am. En una de estas situaciones, por ejemplo, la tasa de flujo preventiva puede necesitar ser un 10 % más alta para compensar la interrupción planificada de 30 minutos y aun así alcanzar el 100 % del volumen de alimentación prescrito. Se debe entender que, cuanto más anticipadas o predichas las interrupciones, y cuanto más larga sea la duración de la suma total de interrupciones predichas, mayor será el ajuste de la tasa de flujo preventiva realizado al suministro.

El sistema de bomba adaptativo de esta y otras realizaciones evita la situación potencialmente indeseable en la que el paciente se queda por debajo del volumen óptimo de alimentación prescrito al 100 % debido a una interrupción que era totalmente predecible. Se debe entender que varios sistemas de bomba adaptativos de la divulgación actual pueden incorporar cualquier número concebido de entradas de escenarios conocidos que puedan causar interrupciones anticipadas o predichas en el régimen de alimentación de un paciente.

Debe entenderse que, mediante el uso de un dispositivo de memoria asociado o conexión de datos y las entradas relativas a las interrupciones anticipadas, el sistema de bomba adaptativa de la presente divulgación también puede aprender y rastrear la probabilidad de que ocurran interrupciones futuras en realidad frente a las que fueron planeadas o consideradas en la modificación de la tasa de flujo preventiva. Por ejemplo, si la hipotética interrupción de 30 minutos anterior ocurriera tres días consecutivos a las 10:00 am, el sistema de bomba adaptativa de una realización sería capaz de asignar un alto grado de probabilidad de que la misma interrupción ocurriera también en el cuarto día. Se debe entender que, a medida que la precisión de sus predicciones cambia y la bomba se actualiza dinámicamente en función de las ocurrencias reales, el sistema de bomba adaptativa también puede regular la tasa de flujo preventiva asociada con la interrupción prevista en consecuencia. Por ejemplo, si la probabilidad de la interrupción de 30 minutos a las 10:00 am ha disminuido significativamente, pero la interrupción todavía tiene alguna probabilidad de ocurrir, el sistema de bomba adaptativo podría cubrir automáticamente la posibilidad de que la interrupción ocurra reduciendo la tasa de flujo preventivo para suministrar solo un 5 % más que la prescripción, en lugar de un 10 % más que la prescripción. Se debe entender que varios factores diferentes pueden incorporarse en la modificación del suministro de la tasa de flujo preventiva.

En algunas realizaciones del sistema de bomba adaptativo, las entradas de predicción de interrupción que se rastrean y modifican son específicas para el paciente o específicas para la institución. Se debe entender que las entradas específicas del paciente pueden discernirse a partir de la información proporcionada por el médico o el usuario, así como de datos anteriores sobre las interrupciones experimentadas. Las entradas específicas de la institución al sistema de bomba adaptativo pueden ser afectadas por el enfermero asociado al paciente específico, la unidad de la institución en la que se ingresa el paciente o cualquier otra variable hospitalaria o institucional conocida que pueda afectar o interrumpir el régimen de alimentación del paciente.

Se debe entender que, en varias realizaciones, la tasa de flujo preventivo y la tasa de flujo de recuperación también se pueden utilizar juntos. Por ejemplo, en un régimen de alimentación ejemplar, si una interrupción es lo suficientemente larga, incluso el máximo de la tasa de flujo de recuperación después de la interrupción puede no ser suficiente para suministrar la prescripción completa. En tal caso, el empleo de un híbrido que también utilice un aumento de la tasa de flujo preventiva acumularía reservas de la nutrición suministrada más allá del suministro prescrito previsto, de modo que, después de la interrupción inusualmente larga, la tasa de flujo de recuperación (si es necesario) se puede configurar adecuadamente para suministrar el volumen completo al paciente según lo prescrito.

En varias realizaciones, la bomba está programada para proporcionar un régimen de alimentación intermitente en lugar de continuo. En tal realización, el sistema se programa con parámetros de alimentación intermitentes máximos permitidos. Uno de estos ejemplos incluye parámetros sugeridos por las bombas, pero que requieren confirmación o modificación por parte del usuario o el médico para tener en cuenta la tolerancia individual del paciente, los síntomas y/o la condición. Como se discute con mayor detalle a continuación, durante un régimen de alimentación intermitente, una prescripción podría incluir paradas de alimentación preplanificadas de duración establecida. En varias realizaciones, se preplanifica una alimentación en bolo en varias etapas del suministro (tanto continuo como intermitente). En las realizaciones intermitentes en las que se omiten las alimentaciones en bolo durante una parada (planificada o no), la duración prevista de las paradas de alimentación se puede reducir para lograr todos los bolos. Alternativamente, si se pierde una alimentación en bolo, en lugar de regular la duración planificada de la parada de alimentación, las cantidades futuras en bolo podrían aumentarse para cumplir con el suministro total. Se debe entender que otra realización alternativa utiliza una combinación de ambos métodos para lograr el suministro completo: acortando la duración de parada y aumentando las cantidades en bolo futuras. Para mayor seguridad, un intervalo mínimo en bolo y una cantidad máxima en bolo podrían incluirse en la prescripción. Se debe entender que también se podría utilizar un rango de parámetros para compensar el déficit, tal como el tiempo, la tasa de flujo o la densidad calórica.

En algunas realizaciones, un médico o un clínico tiene permiso para anular manualmente cualquiera de las restricciones de tasa de flujo máxima (por ejemplo, tasa de flujo de recuperación máxima permitida preestablecida, una tasa de flujo prescrita máxima permitida preestablecida, y una tasa de flujo preventiva máxima permitida preestablecida). En una de estas realizaciones, el sistema notifica al médico o clínico que se ha alcanzado una tasa de flujo máxima preestablecida

por la bomba o por un médico clínico, y proporciona la opción de exceder la tasa de flujo máxima preestablecida. En una realización de suministro intermitente, el médico o clínico tiene permiso para anular manualmente cualquiera de las cantidades de alimentación en bolo mínimas o máximas, la duración planificada de la parada, así como las restricciones de tasa de flujo descritas anteriormente.

En una realización, la seguridad puede aumentar para un paciente que recibe infusión de insulina mediante una validación obligatoria (por un profesional de la salud) de todos los cambios en las tasas de alimentación propuestos por el sistema de bomba. Ejemplos de tales cambios que requieren validación son aquellos que pueden tener implicación en la infusión de insulina.

Si bien no completar una prescripción es indeseable y debe evitarse si es posible, tales situaciones a menudo son inevitables cuando una interrupción es lo suficientemente larga. En algunas situaciones, la tasa de flujo de recuperación máxima permitida preestablecida sigue siendo insuficiente para proporcionar la nutrición total prescrita dentro del plazo de suministro prescrito. En tales casos, es beneficioso calcular e informar al usuario y/o clínico sobre el porcentaje de prescripción parcial que se completará dentro del marco de tiempo de suministro prescrito. Puede resolverse cambiando la prescripción a una fórmula enteral de mayor densidad calórica dentro de los límites de la tolerancia del paciente.

Por ejemplo, en una realización que se analiza con mayor detalle a continuación, la duración de una interrupción del suministro excede la cantidad de tiempo por el cual una tasa de flujo de recuperación máxima permitida podría compensar completamente dentro del plazo de suministro prescrito. En tal caso, el sistema de bomba está configurado para calcular y mostrar un estado de suministro al usuario, incluyendo cuánto del suministro prescrito se puede suministrar de acuerdo con la tasa de flujo máxima permitida. En varias realizaciones, el estado de suministro que se visualiza incluye un porcentaje de actualización en tiempo real de la cantidad de nutrición prescrita que se suministrará en función de los diferentes perfiles de tasa de flujo. Además, en varias realizaciones, el dispositivo de visualización puede incluir un estado de un porcentaje de actualización en tiempo real de cuánta nutrición prescrita se ha suministrado realmente en ese punto de la alimentación. También puede mostrar déficit nutricional diario o acumulado (por ejemplo, calorías o proteínas). A medida que las tasas de flujo cambian a lo largo de la alimentación enteral (ya sea la tasa de flujo prescrita, la tasa de flujo de recuperación u otra tasa de flujo transicional), el sistema de bomba está configurado para reajustar automáticamente y mostrar el porcentaje de suministro total esperado o el volumen actual o el déficit de calorías/otros nutrientes expresado en consecuencia (por ejemplo, kcal). Las extrapolaciones calculadas y mostradas pueden ser, pero no necesariamente son, lineales basadas en una primera tasa de flujo y un segundo tasa de flujo. El estado del porcentaje de suministro actualizado en tiempo real también se puede regular de forma dinámica en función de una pluralidad de tasas de flujo propuestas frente a tasas de flujo reales, teniendo en cuenta las tasas de flujo ascendentes y el volumen de nutrición actual suministrado, en lugar del volumen de nutrición previsto.

En una realización de ejemplo, una prescripción no se suministró en su totalidad dentro del plazo de suministro prescrito, incluso cuando funcionaba con la tasa de flujo de recuperación máxima permitida. Cuando el sistema de bomba se haya reanudado tras una interrupción, y la reanudación se establece en la tasa de flujo de recuperación máxima permitida, el sistema de una realización extrapolará automáticamente la cantidad máxima de nutrición que se puede suministrar en la tasa de flujo de recuperación máxima permitida dentro de la cantidad de tiempo restante en la prescripción. La bomba proporcionará una opción de suministro extendido para lograr el suministro completo de la prescripción.

Por ejemplo, si después de una interrupción, la prescripción se suministró al 80 %, el sistema de bomba calculará que, incluso con la tasa de flujo máxima permitida para el resto del suministro, la prescripción sólo se suministrará al 90 % al final del tiempo asignado. En tal realización, el sistema de bomba calculará que el suministro no alcanzará el 100 % de la prescripción dentro del tiempo asignado y notificará al paciente o clínico en consecuencia. En una realización ejemplar, el sistema de bomba proporciona una opción para extender el tiempo del suministro por una duración calculada para alcanzar el suministro de nutrición del 100 %. En la realización discutida anteriormente, en el momento de la reanudación del suministro después de una interrupción, el sistema de bomba puede notificar al paciente que, aunque el 80 % del suministro se ha completado, incluso bajo la tasa de flujo máxima permitida de recuperación, sólo el 90 % puede ser suministrado. Sin embargo, si el paciente o el médico está dispuesto a extender el tiempo de suministro por una duración calculada de tiempo, el 100 % de la nutrición puede ser suministrado. Se debe entender que el sistema de bomba se puede configurar para calcular la duración de suministro extendida en función de una tasa de flujo de recuperación máxima permitida, una tasa de flujo de anulación de un médico, o cualquier otra tasa de flujo adecuada encontrada durante el suministro que se describe en la presente. Véase la FIG. 9 y la discusión acompañante a continuación para una realización de ejemplo de una opción de suministro extendida para lograr el suministro completo de la prescripción.

En una realización intermitente, que también se muestra e ilustra a continuación, la duración de una o más paradas de suministro planificadas se puede regular en función de interrupciones no planificadas. Además, la existencia y duración de una o más paradas de suministro planificadas pueden afectar la tasa de flujo de recuperación y la urgencia con la que el sistema intenta realinear el perfil de flujo de alimentación con el de su prescripción. En otras palabras, si un suministro intermitente tiene cinco paradas planificadas, y después de que la primera parada planificada tenga retraso del 20 % de la prescripción debido a interrupciones no planificadas, el sistema puede reajustar la tasa de flujo de recuperación para alcanzar de manera más conservadora el 100 % de suministro al final de todas las sesiones de alimentación que si sólo hubiera dos paradas planificadas. En el primer escenario de cinco paradas, después de la primera parada, el sistema sabe que habrá cinco sesiones de alimentación más durante las cuales se puede compensar el déficit relativo del 20 %.

En el segundo escenario de dos paradas, sin embargo, sólo hay dos sesiones de alimentación subsiguientes para compensar el déficit del 20 % en el momento de la primera parada. Por lo tanto, el segundo escenario requeriría una tasa de flujo de recuperación más agresiva o una tasa de flujo de exceso de suministro para las menos sesiones de alimentación restantes que el primer escenario. Debe entenderse que, en cada caso, el sistema de administración intermitente podría incluir una tasa de flujo de exceso de suministro planificada en la prescripción para dirigirse a una finalización temprana en la anticipación de interrupciones o alimentación en bolo faltante. Además, para ambos ejemplos ilustrativos, las tasas de flujo de recuperación/exceso de suministro podrían incrementarse junto con la disminución de la duración de la parada según sea necesario para alcanzar el 100 % de suministro.

Con referencia a la FIGURA 1, dos gráficos ilustran el perfil de suministro de nutrición de un dispositivo típico de la técnica anterior. En este perfil de flujo 100, el gráfico superior 110 muestra la tasa de flujo de la bomba frente al tiempo. El gráfico inferior 120 muestra el volumen total suministrado frente al tiempo. Las unidades de tiempo son continuas desde el gráfico de tasa de flujo 110 hasta el gráfico de volumen suministrado 120. Se debe entender que las unidades discutidas en la presente pueden ser unidades adecuadas para la tasa de flujo, volumen y tiempo, y las que se muestran en las figuras son meramente ejemplares. Se han añadido líneas punteadas para identificar más fácilmente el volumen, la tasa de flujo y los umbrales de tiempo en varios puntos del suministro (cada uno etiquetado alfanuméricamente).

Como se ve en el perfil de flujo 100, el suministro tiene una duración total de E minutos, y durante esa duración, el suministro se interrumpió dos veces, como lo ilustran las líneas punteadas que definen el período de tiempo X y el período de tiempo Y. El gráfico superior 110 ilustra la tasa de flujo inicial de la bomba F ml/min, que es programada por el sistema de acuerdo con una prescripción. La línea de la tasa de flujo 112 muestra que la bomba continúa con una tasa de flujo constante F desde el inicio del suministro hasta el inicio de la interrupción X, marcado a X1 minutos. Cuando se interrumpe el suministro a X1 minutos, la tasa de flujo de la bomba va de F ml/min a 0 ml/min, como se muestra en la línea de tasa de flujo 114, que continúa hasta que la interrupción X termina y el sistema reanuda el bombeo, marcado a X2 minutos.

Debe entenderse que, de conformidad con dicho perfil de suministro de la técnica anterior, debido a que la prescripción se basa en la tasa de flujo, en lugar de en el volumen, la tasa de flujo de la bomba es estática y, por lo tanto, se reanuda después de una interrupción como si la interrupción nunca hubiera ocurrido. Como se ve en el gráfico 110, la línea de la tasa de flujo 116 indica que la bomba se enciende de nuevo a la tasa de tasa de flujo prescrita de la bomba F ml/min después de que la interrupción X concluya en el tiempo de X2 minutos. El suministro en el gráfico 110 continúa hasta que comienza la segunda interrupción Y, marcada en Y1 minutos. Similar a la primera interrupción X, esta segunda interrupción Y provoca la desconexión de la bomba y el paso de la tasa de flujo a 0 ml/min, como indica la línea de la tasa de flujo 118, que continúa hasta que finaliza la interrupción Y y el sistema reanuda el bombeo, marcado en Y2 minutos. Una vez más, debido a que el sistema de la técnica anterior ilustrado es impulsado por la tasa de flujo, la bomba reanuda su tasa de flujo F ml/min en la línea de tasa de flujo 119 hasta la conclusión del suministro en el tiempo de E minutos.

Haciendo referencia ahora al gráfico 120 de la FIG. 1, se ilustra el volumen total suministrado para el perfil de suministro de nutrición de la técnica anterior discutido anteriormente. El volumen suministrado en el gráfico 120 es la integral matemática del perfil de tasa de flujo del gráfico 110. La línea 130 ilustrada en el gráfico 120 representa una línea ideal de “mejor ajuste” que se seguiría si la prescripción se realizara exactamente como se esperaba y sin ningún problema.

Cuando la bomba funciona a una tasa de flujo F ml/min a 112, el volumen total suministrado se ilustra en la línea 140. Al inicio de la interrupción X en el tiempo X1 minutos, el volumen total deja de acumularse 142 porque la bomba ha dejado de funcionar, y sólo después de X2 minutos (y la conclusión de la interrupción X) el volumen total continúa aumentando a lo largo de la línea 144. Se debe entender que, debido a que la tasa de flujo 116 sigue siendo F ml/min, la pendiente de 144 es igual a la pendiente de 140, que es igual a F. Similar a la interrupción X, la interrupción Y en Y1 minutos da como resultado la acumulación de 0 ml de volumen de Y1 a Y2 minutos 146. Después de la interrupción Y, el bombeo se reanuda a F ml/min 119 y el volumen se acumula como se esperaba hasta la conclusión del suministro a E minutos.

El gráfico 120 ilustra la deficiencia de este sistema de la técnica anterior en E minutos. Específicamente, debe entenderse que la diferencia en el volumen total suministrado C ml frente al volumen total prescrito D ml se muestra por el corchete 150. Debido a que las interrupciones detuvieron la bomba, y los reinicios subsiguientes de la bomba no tuvieron en cuenta las interrupciones, no se suministró D menos C ml 150 de nutrición que debería haber sido suministrado.

Para cada una de las realizaciones ilustradas en las FIGS. 2 a 6, el parámetro de nutrición definido es el volumen para facilitar la comparación con el dispositivo de la técnica anterior de la FIG. 1. Como se discutió a lo largo de la presente, se debe entender que se contempla para cada realización que el parámetro de nutrición definido podría ser adicionalmente energía, proteína, o cualquier otro parámetro apropiado.

Con referencia a la FIG. 2, dos gráficos ilustran el perfil de suministro de nutrición de un sistema de suministro de nutrición de ejemplo de la presente divulgación. Como en la FIG. 1, el perfil de flujo 200 incluye un gráfico superior 210 que representa la tasa de flujo de la bomba frente al. tiempo y un gráfico inferior 220 que representa el volumen total suministrado frente al tiempo. Como con la FIG. 1, se han añadido líneas punteadas para identificar más fácilmente el volumen, la tasa de flujo y los umbrales de tiempo en varios puntos del suministro (cada uno etiquetado alfanuméricamente).

Para hacer comparación análoga al suministro de la FIG. 1, el suministro de la FIG. 2 también tiene una duración total de E minutos, y se interrumpió dos veces, como lo ilustran las líneas punteadas que definen el período de tiempo X y el período de tiempo Y. El gráfico superior 210 ilustra la tasa de flujo inicial de la bomba F ml/min, que es programada por el sistema de acuerdo con una prescripción. La línea de la tasa de flujo 212 muestra que la bomba continúa con una tasa de flujo constante F desde el inicio del suministro hasta el inicio de la interrupción X, marcado a X1 minutos. Cuando se interrumpe el suministro a X1 minutos, la tasa de flujo de la bomba va de F ml/min a 0 ml/min, como se muestra en la línea de tasa de flujo 214, que continúa hasta que la interrupción X termina y el sistema reanuda el bombeo, marcado a X2 minutos.

Haciendo referencia al gráfico inferior 220, la primera porción del volumen total suministrado desde el inicio del suministro a X1 240 es idéntica al perfil 140 de la FIG. 1. Sin embargo, después de la interrupción X, se debe entender que el volumen total suministrado 242 entre el tiempo X2 minutos y Y1 minutos se acerca a la línea de prescripción de “mejor ajuste” 230. Con el fin de aumentar el volumen total suministrado a lo largo de 244, su pendiente es más pronunciada para compensar el tiempo de bombeo perdido contabilizado entre X2 menos X1 minutos cuando el bombeo fue interrumpido 242. Como se ve en el gráfico superior 210, para compensar la pérdida en el volumen total suministrado frente al volumen total previsto a suministrar en el tiempo X2, la tasa de flujo de la bomba se aumentó para recalibrar y acelerar hasta la tasa de flujo G ml/min. Se debe entender que, a partir de la recalibración a G ml/min en la línea 216, el sistema está dando instrucciones a la bomba para acelerar hasta una tasa de flujo que, entre X2 min y el final del tratamiento a E min, dará como resultado que el volumen total suministrado sea igual al volumen prescrito a suministrar. En el gráfico inferior 220, se refleja la pendiente del volumen suministrado 244 que se incrementa desde F en 240, y se calcula para intersecar con el perfil de prescripción “mejor ajustado” 230 al final del tratamiento E, como ilustra la línea punteada fantasma 245, cuya pendiente es igual a G. Debe entenderse que en esta realización, el sistema no sabe esperar el momento, la existencia o la duración de otra interrupción, y, por lo tanto, debe programar el aumento de la tasa de flujo para que se comporte como si la bomba no fuera a interrumpirse de nuevo y suministre la cantidad correcta del volumen prescrito D en el tiempo prescrito E. En otras realizaciones, las interrupciones previstas pueden asignarse e incorporarse a la prescripción y al ajuste dinámico de la tasa de flujo con antelación y sobre la marcha.

Similar a la interrupción X, la interrupción Y a Y1 minutos da como resultado la acumulación de un volumen de 0 ml de Y1 a Y2 minutos 246. Después de la interrupción Y, el bombeo se reanuda con otra tasa de flujo de recuperación recalibrado y el volumen se acumula como se esperaba hasta la conclusión del suministro en E minutos. Debido a que el sistema fue programado para regular la tasa de flujo de recuperación 216 para aumentar de F ml/min a G ml/min con el fin de completar el suministro prescrito a tiempo, una segunda interrupción Y afectará una vez más la nutrición total que se suministrará al paciente, sin otra recalibración de la bomba. Como se ve en el gráfico superior 210, después de la conclusión de la interrupción de Y a los Y2 minutos, la tasa de flujo de recuperación de la bomba se recalibra nuevamente y se aumenta de G ml/min a H ml/min como se muestra en la línea 219. Para determinar cuánto se necesita aumentar la velocidad de la bomba para cumplir con la prescripción de volumen y duración, la tasa de flujo H debe ajustarse al mismo nivel que la pendiente de la línea 248. Se debe entender que B’ ml de volumen se han suministrado a partir de la interrupción Y, y la línea de pendiente 248 se puede calcular restando B’ del volumen total prescrito D durante el tiempo de E minutos menos Y2 minutos.

Suponiendo que el suministro ya no experimenta interrupciones, y la tasa de flujo H no excede ninguna de las tasas de flujo preestablecidas máximas de la bomba como se discutió anteriormente, esta segunda tasa de flujo de recuperación incrementada hará que el paciente reciba el volumen total prescrito durante la duración del suministro prescrita a pesar de dos interrupciones disruptivas.

Con referencia a la FIG. 3, se ilustra y discute una realización alternativa adicional del ejemplo de suministro de nutrición anterior. FIG. 3 Incluye un perfil similar al de la FIG. 2, excepto una limitación de tasa de flujo máxima se coloca en la bomba a una tasa de flujo M ml/min. Como se puede ver en el gráfico superior 310, la tasa de flujo M se encuentra entre la tasa de flujo G ml/min y la tasa de flujo H ml/min. Por lo tanto, la bomba en esta realización en particular ha sido preprogramada para evitar una tasa de flujo superior a M ml/min. Se debe entender que la tasa de flujo máxima establecida puede ser específica para el médico, específica para la bomba, específica para la nutrición, específica para el paciente o cualquier combinación de los mismos. En varios regímenes de suministro intermitente que se analizan a continuación, se define y utiliza alternativamente un umbral máximo intermitente.

Después de la interrupción X, y similar a la pendiente 244 de la FIG. 2, la pendiente 344 de la FIG. 3 es igual a G y da como resultado la recalibración de la bomba para aumentar su velocidad para lograr el volumen total de suministro de la prescripción dentro de la duración prescrita asumiendo que no habrá más interrupciones. Sin embargo, cuando la interrupción Y concluye a los Y2 minutos en la FIG. 3, la pendiente calculada 348 da como resultado una tasa de flujo H ml/min a 319 que excede la tasa de flujo máxima M ml/min. Aunque es más deseable suministrar el 100 % del volumen prescrito dentro de la duración prescrita, las situaciones de la vida real ocasionalmente dictarán que la duración y/o frecuencia de las interrupciones de suministro eviten que las tasas de flujo de la bomba de recuperación sean suficientes para completar la prescripción dentro de límites de funcionamiento seguros. Por lo tanto, en la FIG. 3, la línea de suministro actual 348’ debe seguir una pendiente de M ml/min como un máximo, y, por lo tanto, se queda por debajo del volumen total prescrito suministrado. En lugar de suministrar D ml durante el tratamiento, el volumen máximo permitido suministrado con la tasa de flujo M ml/min que funciona durante E menos Y2 minutos es D’ ml.

El resultado práctico de la tasa de flujo máxima alcanzada se ilustra más fácilmente en la Sección IV de la FIG. 3, que se puede ver en la FIG. 4. La sección IV muestra la convergencia de la línea calculada 348 con la línea de mejor ajuste prescrito 320, así como la trayectoria de la línea actual 348' sujeta a la tasa de flujo máxima M ml/min. Nota: Las pendientes de estas líneas, como se ilustra en la Sección IV, han sido exageradas con fines ilustrativos y no están pensadas para seguir a escala con la FIG. 3. Después de la interrupción Y a los Y2 minutos, la pendiente propuesta o calculada 348 (coincidente con la pendiente H ml/min de la FIG. 3) proporciona el ajuste ideal para suministrar el volumen previsto de nutrición D ml dentro del marco de tiempo prescrito de E minutos. Sin embargo, debido a que H ml/min está más allá de la tasa de flujo máxima M ml/min, la bomba se reprograma para completar el suministro al máximo de M ml/min, que es la pendiente de la línea 348'. Como resultado, la cantidad total de nutrición suministrada D' ml es simplemente D menos D' ml menos que la prescripción total.

En varias realizaciones, el sistema está configurado para mostrar al usuario o al médico tanto la tasa de flujo de recuperación propuesta 348 como la tasa de flujo de recuperación máxima 348', e indicar al usuario cuál de los tasa de flujo es la tasa de flujo de operación actual de la bomba. El sistema de varias realizaciones está configurado para calcular y mostrar en la interfaz de usuario la cantidad de nutrición D menos D' que no se suministrará al paciente, pero que estaba destinada para el suministro. En una realización, el sistema determinará el porcentaje del volumen total suministrado frente al volumen prescrito, y mostrará en la interfaz de usuario qué porcentaje de la prescripción se logró. En otras realizaciones, la interfaz de usuario mostrará qué porcentaje se ha logrado en tiempo real, así como qué porcentaje se alcanzará de acuerdo con las tasas de flujo actuales y/o máximas de la bomba y la duración de suministro restante. Algunas realizaciones incluyen el cálculo de asumir que no habrá más interrupciones en el cálculo o el porcentaje proyectado de suministro de la prescripción. Otras realizaciones pueden incorporar parámetros y factores externos en el cálculo del porcentaje proyectado de prescripción administrada, tales como interrupciones planificadas que pueden ser específicas para ese paciente.

En el escenario de las FIGS. 3 y 4, la interfaz de usuario del sistema mostraría gráficamente al paciente los siguientes parámetros relacionados con el volumen actual suministrado, volumen proyectado suministrado, tasa de flujo actual, tasa de flujo propuesta basada en el tiempo del tratamiento. Se debe entender que todos y cada uno de los datos a continuación se pueden transmitir en la interfaz de usuario en cualquier formato o diseño conocido.

| **Tiempo** | **Tasa de flujo propuesta** | **Tasa de flujo máxima** | **Tasa de flujo actual** | **Volumen proyectado** | **Volumen actual** | **Porcentaje previsto** | **Porcentaje actual** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | F | M | F | D | 0 | 100% | 0% |
| X1 | F | M | 0 | D | A | 100% | (D-A/D)% |
| X2 | G | M | G | D | A | 100% | (D-A/D)% |
| Y1 | G | M | 0 | D | B' | 100% | (D-B'/D)% |
| Y2 | H | M | M | D | B' | 100% | (D-B'/D)% |
| E | M | M | M | D' | D' | (D-D'/D)% | (D-D'/D)% |

Como se ve en la tabla anterior, la tasa de flujo propuesta muestra las tasas de flujo que regulan dinámicamente a lo largo de seis hitos diferentes del suministro: inmediatamente al inicio del suministro (0), inicio de la interrupción X (X1), fin de la interrupción X (X2), inicio de la interrupción Y (Y1), fin de la interrupción Y (Y2) y fin del suministro. Al inicio del suministro, la tasa de flujo propuesta es la tasa de flujo prescrita hasta el final de una interrupción, X2, momento en el que la tasa de flujo de recuperación propuesta se regula a G. Cuando se produce una segunda interrupción, la tasa de flujo de recuperación propuesta se convierte en H. La columna tres muestra la tasa de flujo máxima a lo largo del suministro, que es M. La columna cuatro enumera la tasa de flujo real, que, durante las interrupciones es cero, y que regula la tasa de flujo propuesta en función de cualquier limitación de la tasa de flujo máxima en la columna tres. Se debe entender que, ya que H excede M como se ve en la FIG. 3, la tasa de flujo propuesta en Y2 excede los parámetros de funcionamiento de la bomba, y, por lo tanto, la tasa de flujo actual se regula en consecuencia.

La columna cinco muestra el volumen proyectado, que coincide con el volumen prescrito D hasta que se hace evidente para la bomba que el suministro de toda la prescripción no es factible dentro de la duración permitida, momento en el que se convierte en D'. El volumen actual suministrado se muestra en la columna seis. Se debe entender que, sujeto a la tasa de flujo máxima M que requiere que la bomba opere más lenta que la tasa de flujo propuesta H en Y2, el volumen proyectado nunca alcanza D, y, por lo tanto, D' es el volumen final de nutrición suministrado al paciente. Las columnas siete y ocho muestran el porcentaje proyectado de prescripción que se suministrará al final de la alimentación y la prescripción actual suministrada en los diferentes momentos de la alimentación, respectivamente.

Con referencia a la FIG. 5, otra realización alternativa no reivindicada del ejemplo de suministro de nutrición anterior se ilustra y discute. FIG. 5 Incluye un perfil similar al de la FIGS. 2 y 3, excepto que el sistema establece la bomba a su tasa de flujo máxima después de la primera interrupción, aunque la extrapolación de tal tasa de flujo máxima causaría un exceso de suministro si se mantiene durante la duración del suministro. Como se puede ver en el gráfico superior 510, la tasa de flujo máxima M se establece y se alcanza 516 después de que la primera interrupción X ha concluido. Por lo tanto,

la bomba en esta realización en particular ha sido preprogramada para suministrar intencionalmente líquidos en exceso a la tasa de flujo máxima de la bomba M ml/min después de una interrupción. Debe entenderse que el exceso de suministro puede programarse para que tenga lugar después de y en caso de interrupciones inesperadas. En algunas realizaciones, se puede planificar una interrupción esperada en el suministro y, por lo tanto, el exceso de suministro de la bomba en la tasa de flujo máxima también se puede planificar o programar en el régimen de suministro y/o de acuerdo con el entorno clínico.

En el caso de un exceso de suministro, ya sea como resultado de una interrupción planificada o una interrupción no planificada, la tasa de flujo de la bomba se aumenta a la tasa de flujo máxima M, como en la FIG. 5. Se debe entender que la tasa de flujo de exceso de suministro no tiene por qué ser la tasa de flujo máxima M, sino que también podría ser otra tasa de flujo que sea más alta de lo que sería necesario para completar el 100 % del suministro dentro de la duración de suministro de la prescripción. En otras palabras, mientras que la extrapolación de una tasa de flujo de recuperación discutida anteriormente, sin interrupciones no planificadas posteriores, daría como resultado un volumen de suministro cerca de o del 100 %, la extrapolación de una tasa de flujo de exceso de suministro sin interrupciones no planificadas daría como resultado más del 100 % del volumen de suministro. Suministrar más de lo que la prescripción requiere es indeseable. Por lo tanto, la realización de la tasa de flujo de exceso de suministro incluye la programación de la bomba que reducirá la tasa de flujo de la bomba desde su tasa de flujo de exceso de suministro (ya sea la tasa de flujo máxima o una menor) a una tasa de flujo de reducción para llegar consistentemente al volumen de suministro del 100 % en la duración requerida. La tasa de flujo de reducción puede ser lineal o no lineal. En varias realizaciones, la tasa de flujo de reducción aún puede ser una tasa de flujo de exceso de suministro con base en la discusión de extrapolación anterior. Tal tasa de flujo de reducción, que todavía se extrapolaría al exceso de suministro si se mantiene lineal durante el resto de la duración del suministro, sería una característica deseable para los regímenes de suministro que pueden esperar o predecir interrupciones adicionales.

Se debe entender que algunos sistemas permiten el ajuste automático de una tasa de flujo de exceso de suministro para adaptarse a interrupciones futuras similares a las históricas. El sistema es capaz de almacenar datos específicos del paciente (ya sea localmente o a través de una red interconectada conocida y un sistema de base de datos). A partir de suministros anteriores, el sistema puede volverse “inteligente” para el paciente específico para predecir el tiempo, la duración y la frecuencia de posibles interrupciones no planificadas. Con tal conocimiento, o incluso el conocimiento de los datos de un grupo de pacientes típicos (y no de ese paciente específico), las prescripciones, las tasas de flujo de exceso de suministro, las tasas de flujo de recuperación, los tiempos de alimentación en bolo, las duraciones de parada planificadas, y los mínimos y máximos de anulación se pueden regular de forma proactiva para ajustarse a interrupciones futuras basándose en datos históricos.

En varias realizaciones alternativas, se puede regular una tasa de flujo de exceso de suministro o una tasa de flujo de recuperación para adaptarse a interrupciones futuras similares a las interrupciones históricas experimentadas durante la misma sesión de alimentación continua o intermitente. Por ejemplo, si una alimentación está programada para cuatro horas y después de la primera hora hubo 15 minutos de interrupciones totales, la tasa de flujo de recuperación o la tasa de flujo de exceso de suministro podría ajustarse para no sólo compensar los 15 minutos de retraso, pero también anticipar 45 minutos adicionales de retraso en las tres horas restantes. La tasa podría regularse periódicamente a la baja (reducción de la tasa de flujo) si no se realizaran esos retrasos adicionales. Debe entenderse que la incorporación de la información de la bomba en los cálculos de la tasa de flujo de recuperación o de la tasa de flujo de exceso de suministro podría ser a través de un período de horas, días, semanas o meses. En algunas realizaciones, la bomba está configurada para aceptar información de datos históricos para volverse inteligente, y en otras realizaciones la bomba está configurada para ser ciega y no tener en cuenta su entorno.

En varias realizaciones, la tasa de flujo de reducción se activa cuando el volumen total de nutrición o la energía suministrada es un cierto porcentaje del volumen total de nutrición o energía prescrito. Por ejemplo, si el 90 % del volumen total de nutrición o energía se ha suministrado, pero sólo ha transcurrido el 80 % de la duración del suministro, la bomba puede ralentizar automáticamente la bomba hasta un perfil lineal o no lineal de tasa de flujo de reducción para que el 10 % restante del volumen total de nutrición o energía se suministre sin problemas durante el 20 % restante de la duración de suministro prescrita. Se debe entender que, mediante el uso de un perfil de flujo de reducción, ya sea lineal o no lineal, la prescripción todavía se suministra completamente como se indica y se evitan aumentos o disminuciones repentinas de la tasa de flujo de la bomba.

Nuevamente haciendo referencia a la FIG. 5, después de la interrupción X, la pendiente 544 representa la tasa de flujo de exceso de suministro, que se activa después de la interrupción X ha expirado en el tiempo X2. Como se discutió anteriormente, la tasa de flujo de exceso de suministro puede, pero no necesita, ser igual a la tasa de flujo máximo de la bomba M discutida en realizaciones anteriores. En la FIG. 5, la tasa de flujo de exceso de suministro 544 se establece para ser igual al tasa de flujo máxima de la bomba M en 516 del gráfico superior 510. Como se puede ver en el gráfico inferior 520, la tasa de flujo de exceso de suministro 544 excede la pendiente de la tasa de flujo original F, y, de hecho, compensa con creces la pérdida de nutrición causada por la interrupción X. Después de que el perfil de la tasa de flujo prevista 530 se cruza con el perfil de la tasa de flujo de exceso de suministro 544, una cantidad excedente de nutrición comienza a acumularse frente a la cantidad de nutrición que se espera que se suministre a partir de ese momento en particular. La cantidad excedente de nutrición para cualquier tiempo dado se ilustra con la porción de área sombreada 547, y es igual a la diferencia entre el volumen actual suministrado frente al tiempo (544, 545, 546, 548) y el volumen

lineal propuesto suministrado frente al tiempo 530.

En la FIG. 5, la bomba se establece automáticamente en su tasa de flujo de exceso de suministro desde el tiempo X2 hasta el tiempo V. En el tiempo de V minutos, la bomba disminuye automáticamente su tasa de flujo a una primera tasa de flujo de reducción 517, que en esta realización es la misma que la tasa de flujo inicial F. Se debe entender que la tasa de flujo de reducción no sólo necesita ser menor que la tasa de flujo de exceso de suministro. En esta realización, incluso la primera tasa de flujo de reducción muestra una línea de perfil 545 que, cuando se extrapolaba al tiempo E minutos, en realidad superaría el objetivo de suministro del 100 % D. Si se deja sin cambios y sin interrupciones, esa tasa de flujo de reducción daría como resultado un exceso de suministro de C' menos D ml, lo cual no es un resultado deseable. Por lo tanto, para lograr aún el 100 % de suministro, en algún momento entre el tiempo Y1 y el tiempo E minutos, la tasa de flujo de reducción tiene que disminuirse (de manera lineal o no lineal), o una interrupción tiene que ocurrir, o ambos. En varias realizaciones, la bomba está programada para monitorear y regular dinámicamente las tasas de flujo de estas tasa de flujo de reducción para evitar el exceso de suministro.

Volviendo a la FIG. 5, el perfil de flujo de reducción 545 se corta cuando la bomba experimenta la interrupción Y en Y1 minutos y la tasa de flujo de la bomba llega a cero 518. Como se puede ver en el gráfico inferior 520, la acumulación de nutrición cesa a partir de la interrupción Y1 en B'' ml, y el área excedente 547 entre las curvas de suministro propuestas y actuales disminuye. Después de que la interrupción Y ha concluido a los minutos Y2, se programa una segunda tasa de flujo de reducción I en la bomba para completar el suministro de nutrición. A partir de la conclusión de la interrupción Y, la nutrición restante a suministrar es D - B'' ml. La nutrición restante y el tiempo restante se han vuelto cortos, y, por lo tanto, el sistema programa la bomba para completar automáticamente el suministro al 100 % en toda la duración E con el perfil de flujo de reducción 548 a la tasa de 1 ml por minuto.

Con referencia a la FIG. 6, se ilustra y describe un sistema de suministro intermitente de una realización de la presente divulgación. El gráfico 600 de la FIG. 6 muestra dos suministros de nutrición y una parada planificada. El primer suministro va desde el tiempo S1 minutos hasta el tiempo E1 minutos. El segundo suministro va desde el tiempo S2 minutos hasta el tiempo E2 minutos. Entre los dos suministros, una parada planificada va desde el tiempo de E1 minutos hasta el tiempo de S2 minutos. FIG. 6 ilustra lo que sucede cuando se produce una interrupción (T1 min a T2 min) durante un primer suministro S1 a E1. En el primer suministro de esta realización en particular, la prescripción se ha establecido para suministrar 500 ml (D ml) en E1 minutos. Después del perfil de flujo inicial 640, y la interrupción 642, una tasa de flujo secundaria 644 (ya sea una tasa de flujo de recuperación o de otro tipo) causa un déficit de la administración de D menos D1 ml 650 a partir del tiempo E1.

En este sistema de suministro intermitente particular 600, el segundo suministro (S2 a E2) también se prescribe originalmente para suministrar 500 ml (D'' menos D). Debido a que hubo un déficit de suministro de D menos D1 ml 650 al final del primer suministro E1, el sistema está programado para recordar el déficit y compensarlo en el segundo suministro. Por ejemplo, aunque el segundo suministro tiene un volumen prescrito de 500 ml, su tasa de flujo objetivo en la FIG. 6 se ha regulado para que sea 500 ml + el déficit de D-D' ml. A partir del tiempo S2 minutos, el segundo suministro comienza en el perfil de flujo 646 hasta la interrupción T3 a T4. Se debe entender que la tasa de flujo 646, cuando se extrapola, dará como resultado un total de 500 ml + (D-D') ml a suministrar en el segundo suministro. A pesar de que el primer suministro dio como resultado un déficit, los dos suministros tomados en su conjunto dieron como resultado 1000 ml que se suministraron al paciente a través de dos prescripciones de 500 ml.

Se debe entender que, si los suministros de la FIG. 6 fueron trifurcados en lugar de bifurcados, o si hubo un número de suministros y paradas planificadas, cualquier compensación por deficiencias en la administración de nutrición se puede distribuir a través de suministros posteriores y no es necesario corregirse inmediatamente. Además, se debe entender que, en varias realizaciones, si un suministro tiene una tasa de flujo de exceso de suministro en previsión de una interrupción que nunca ocurre, el excedente o el exceso de suministro de uno de los múltiples suministros intermitentes puede mitigarse reduciendo los volúmenes suministrados para uno o más de los suministros posteriores.

En varias realizaciones, parte o toda la información mostrada en la tabla anterior se puede mostrar en la interfaz de usuario para una vista en tiempo real del progreso de alimentación (volumen y tasa de flujo) y el porcentaje de finalización esperado y logrado.

En una realización, después de una interrupción (ya sea planificada o no planificada), el controlador de la bomba aumenta la tasa de flujo de la bomba hasta la tasa de flujo máxima permitida hasta que el suministro vuelva a estar en marcha con el perfil de suministro planificado. Con referencia a la FIG. 8, se ilustra una de tales realizaciones. Un primer parámetro de nutrición es el primer volumen de nutrición a suministrar (V1) durante una duración del suministro de nutrición (T1). Similar a las realizaciones discutidas anteriormente, el controlador calcula un primer tasa de flujo de suministro (F1) de la bomba con base en el primer volumen de nutrición (V1) y la primera duración (T1). Al inicio del suministro, el controlador indica que la bomba comience de acuerdo con la primera tasa de flujo de suministro (F1) hasta el evento de una interrupción de una segunda duración (I). Una vez concluida la interrupción de la segunda duración (I), el controlador calcula un volumen de nutrición parcial suministrado (V2), un volumen de recuperación (V4) y un volumen residual a suministrar (V5). Se debe entender que, (V4) sumado con (V5) es igual al volumen restante a suministrar para completar el suministro de nutrición total (V1). Por lo tanto, V1 = V2 + V4 + V5.

El controlador de esta realización también calcula una duración de tiempo parcial completada (T2), una duración de tiempo de recuperación (T4) y una duración de tiempo residual (T5). Similar a los volúmenes del perfil, el tiempo total T1 es igual a la suma de: la duración parcial del tiempo completado (T2), la duración del tiempo de recuperación (T4) y la duración del tiempo residual (T5). Por lo tanto, T1 = T2 + T4 + T5.

En esta realización, el controlador también calcula una tasa de flujo de suministro propuesta (F2) de la bomba basada en una restricción de tasa de flujo de recuperación máxima permitida, como se discute en otras realizaciones en la presente. El controlador también determina una tasa de flujo residual (F3). En esta realización, después de la interrupción, la bomba está programada para ascender automáticamente a la tasa de flujo máxima permitida inmediatamente, en lugar de una tasa de flujo provisional calculada como en otras realizaciones. La bomba funciona con la tasa de flujo máxima permitida (F2) hasta que alcanza el perfil de tasa de flujo original a lo largo de la pendiente de (F1), en cuyo punto está “de nuevo en marcha”. Una vez que el perfil de flujo está de nuevo en marcha, la velocidad de la bomba se reduce a una tasa de flujo residual (F3), que en una realización, es el mismo que la primera tasa de flujo de suministro (F1). En una realización, el controlador calcula la tasa de flujo residual (F3) con base en el volumen residual (V5) y el tiempo residual (T5), en donde F3 = V5 / T5. En varias realizaciones, la tasa de flujo de suministro propuesta (F2) es mayor que la tasa de flujo residual (F3). En una realización, la tasa de flujo de suministro propuesta (F2) es igual a la restricción de la tasa de flujo de recuperación máxima permitida. En una realización, el tiempo de recuperación T4 = [V1 - V2 - F1 * (T1 - T2)] / (F2 - F1).

En otra realización discutida anteriormente e ilustrada en la FIG. 9, la bomba proporcionará una opción de suministro extendida para lograr el suministro completo de la prescripción cuando una interrupción provoca que no se consiga suministrar el 100 % de la prescripción dentro del tiempo asignado, incluso cuando la bomba está funcionando a su tasa de flujo de recuperación máxima permitida. Con referencia a la FIG. 9, se ilustra un perfil de suministro 900, que muestra el porcentaje de la nutrición total prescrita a lo largo del eje Y y el tiempo transcurrido en el suministro a lo largo del eje X. La línea 901 ilustra una tubería cuya pendiente es igual a la tasa de flujo planificada (nutrición suministrada en el tiempo transcurrido) para el suministro en su hora de inicio = 0. La pendiente de la línea 902 representa la tasa de flujo actual de la bomba desde el tiempo = 0 hasta el tiempo = Q minutos. Que la tasa de flujo actual inicial 902 sea menor que la tasa de flujo de suministro prevista 901 es irrelevante para este ejemplo. A Q minutos del suministro, hay una interrupción que tiene una duración de R minutos menos Q minutos. Durante esta interrupción, la pendiente de la línea 903 es cero, lo que indica que la bomba está parada.

Tras la reanudación del suministro, la tasa de flujo de la bomba se incrementa como lo ilustra la pendiente de la línea 904 entre el tiempo R minutos y el tiempo S minutos. A S minutos del suministro, una segunda interrupción ocurre 905 por una duración de Y menos S minutos. Se debe entender que cualquier número de interrupciones se contemplan antes de la realización de la operación de suministro extendida discutida aquí. En el tiempo de Y minutos del suministro, cuando la interrupción ha concluido, el sistema de bomba calcula la tasa de flujo de recuperación máxima permitida. En la realización ilustrada, la pendiente de la línea 906 representa la tasa de flujo de recuperación máxima permitida. En el tiempo Y, el sistema de bomba reconoce que sólo se ha suministrado un B % del total de 100 % de nutrición. El sistema de bomba también reconoce que el tiempo asignado para todo el suministro es de X minutos. Como se ve gráficamente en la FIG. 9, en el momento de la conclusión de la segunda interrupción 905, sólo hay X menos Y minutos restantes en el tiempo de suministro asignado. Como también se desprende de la figura, incluso cuando la bomba se opera a su tasa de flujo máxima permitida 906, la mayor cantidad de nutrición que se puede suministrar en el tiempo X es solo C % del total de 100 %.

En consecuencia, en esta y otras realizaciones contempladas, el sistema de bomba: (1) calcula en el tiempo Y que la tasa de flujo máxima permitida 906 no dará como resultado un suministro de nutrición del 100 % en el tiempo asignado dee X minutos; y (2) calcula un tiempo de Z minutos en el que el 100 % de la nutrición se suministraría con la bomba funcionando bajo la tasa de flujo de recuperación máxima permitida, o cualquier otra tasa de flujo adecuada programada por el médico. Tras el cálculo del tiempo de extensión de suministro requerido de Z minutos, el sistema de bomba de varias realizaciones ofrece la opción al paciente o al médico de extender el suministro por la duración requerida de Z menos X minutos con el fin de suministrar el 100 % completo de la nutrición al paciente.

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de bomba para suministrar una composición de nutrición enteral, en donde el sistema de bomba comprende una bomba, un dispositivo de entrada, un controlador, un dispositivo de memoria y un procesador, el procesador está configurado para ejecutar las instrucciones almacenadas en el dispositivo de memoria para hacer que el controlador:

mediante el dispositivo de entrada, permita a un usuario ingresar un primer parámetro de nutrición y una primera duración de un suministro de nutrición T1, E, en donde el primer parámetro de nutrición es un primer volumen de nutrición a suministrar A1, D y la primera duración del suministro de nutrición T1, E es un período de tiempo durante el cual debe suministrarse el primer volumen de nutrición.
Calcular una primera tasa de flujo de suministro F1, F (212) de la bomba con base en el primer volumen de nutrición V1, D y la primera duración T1, E, en donde la primera tasa de flujo de suministro F1, F (212) es igual al primer volumen de nutrición V1, D dividido por la primera duración T1, E; poner en marcha la bomba de acuerdo con la primera tasa de flujo de suministro F1, F (212);
detener la bomba en caso de una interrupción de la bomba de una segunda duración I, X2-X1 que es una duración de interrupción;
**caracterizado porque** el procesador está configurado para ejecutar instrucciones almacenadas en el dispositivo de memoria para hacer que el controlador lleve a cabo los siguientes:

determinar si la duración de la interrupción excede un umbral de duración de la interrupción:

si la duración de la interrupción no excede el umbral de duración de la interrupción, continuar operando la bomba de acuerdo con la primera tasa de flujo de suministro; y
si la duración de la interrupción excede el umbral de duración de la interrupción,

después de la conclusión de la interrupción de la bomba:

calcular un volumen de nutrición parcial suministrado V2, A y un volumen de nutrición restante a suministrar V3, D-A, en donde: V1 = V2 + V3;
calcular una duración de tiempo parcial completada T2,

X2 y una duración de tiempo restante
T3, E-X2, en donde T1 = T2 + T3; y
calcular una tasa de flujo de suministro propuesta F2, G (216) de la bomba con base en el volumen de nutrición restante a suministrar V3, D-A y la duración de tiempo restante T3, E-X2, en donde la tasa de flujo de suministro propuesta F2, G (216) de la bomba es igual al volumen de nutrición restante a suministrar V3, D-A dividido por la duración de tiempo restante T3, E-X2;
en donde las instrucciones incluyen una tasa de flujo máxima permitida de la bomba;
en donde el procesador está configurado para ejecutar las instrucciones almacenadas en el dispositivo de memoria para hacer que el controlador determine si la tasa de flujo de suministro propuesta F2, G (216) excede la tasa de flujo máxima permitida.
en donde, si la tasa de flujo de suministro propuesta F2, G (216) no excede la tasa de flujo máxima permitida, el controlador reanuda la bomba de acuerdo con la tasa de flujo de suministro propuesta; y
en donde la tasa de flujo de suministro propuesta F2, G (216) de la bomba es mayor que la tasa de flujo de suministro inicial F1, F (212) de la bomba.

2. El sistema de bomba de conformidad con la reivindicación 1, en donde, si la tasa de flujo de suministro propuesta F2, G excede la tasa de flujo máxima permitida, el controlador reanuda la bomba de acuerdo con la tasa de flujo máxima permitida y el controlador pide al usuario una entrada para reconfirmar o modificar la tasa de flujo máxima permitida.

3. El sistema de bomba de conformidad con la reivindicación 2, en donde un volumen de nutrición total suministrado VT de acuerdo con la tasa de flujo máxima permitida por la duración de tiempo restante es menor que el primer volumen de nutrición a suministrar V1; en donde, preferiblemente, el procesador está configurado para calcular:

un volumen de nutrición de escasez neta VS, en donde VS = V1 - VT; y
una relación R
del volumen total de nutrición suministrada y del primer volumen de nutrición a suministrar, en donde R = VT/V1.

4. El sistema de bomba de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además el cálculo de un régimen nutricional propuesto para la alimentación intermitente.

5. El sistema de bomba de conformidad con la reivindicación 4,

en donde los parámetros de alimentación intermitente exceden un parámetro de alimentación predefinido; o
en donde las instrucciones incluyen parámetros de alimentación intermitente máximos permitidos;
en donde el procesador está configurado para ejecutar las instrucciones almacenadas en el dispositivo de memoria para

hacer que el controlador determine si la tasa de flujo de suministro propuesta excede los parámetros de alimentación intermitente máximos permitidos.

6. El sistema de bomba de conformidad con la reivindicación 5,

en donde, si la tasa de flujo de suministro propuesta excede los parámetros de alimentación intermitente máximos permitidos, el controlador solicita al usuario una entrada para reconfirmar o modificar los parámetros de alimentación intermitente máximos permitidos;
en donde, preferiblemente, una energía nutricional total suministrada ET (ET) o proteína nutricional total suministrada PT de acuerdo con la tasa de flujo máxima permitida para la duración de tiempo restante es menor que la primera energía nutricional suministrada E1 o la primera proteína nutricional suministrada P1, respectivamente.

7. El sistema de bomba de conformidad con la reivindicación 6,
en donde el procesador está configurado para calcular:

una energía nutricional de escasez neta ES, en donde ES = E1 - ET, y una relación de energía ER de la energía nutricional total suministrada y la primera energía nutricional a suministrar, en donde ER = ET / E1; y/o
una proteína nutricional de escasez neta PS, en donde PS = P1 - PT, y una relación de proteína PR de la proteína nutricional total suministrada y la primera proteína nutricional a suministrar, en donde PR = PT/P1.

8. El sistema de bomba de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el controlador está configurado para, si la duración de la interrupción no excede el umbral de duración de la interrupción, y en el caso de una N-ésima interrupción de la bomba de una N-ésima duración de la interrupción, determinar si la suma de la duración de la interrupción y la N-ésima duración de la interrupción excede el umbral de duración de la interrupción.

9. El sistema de bomba de conformidad con la reivindicación 8, en donde el funcionamiento de la bomba continúa y la tasa de flujo de suministro propuesta no se calcula hasta que la suma de la duración de la interrupción y la N-ésima duración de la interrupción excede el umbral de duración de la interrupción; en donde la interrupción de la bomba es una de: una oclusión, una detección de una anomalía en el suministro de nutrición y una detección de aire en una línea de fluido de la bomba.

10. Un medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina que incluye instrucciones legibles por máquina para hacer que un procesador ejecute un método para usar con un dispositivo médico y una bomba asociada para automatizar el suministro de nutrición enteral, comprendiendo el método:

recibir un primer parámetro de nutrición y una primera duración del suministro de nutrición T1, E definiendo al menos una porción de una prescripción, en donde el primer parámetro de nutrición es un primer volumen de nutrición a suministrar V1, D y la primera duración del suministro de nutrición T1, E es un período de tiempo durante el cual se debe suministrar el primer volumen de nutrición V1, D;
poner en marcha la bomba con una primera tasa de flujo de suministro F1, F (212) calculada con base en el primer volumen de nutrición a suministrar V1, D de la prescripción, en donde la primera tasa de flujo de suministro F1, F (212) es igual al primer volumen de nutrición V1, D dividido por la primera duración T1, E;
detener la bomba en caso de una interrupción de la bomba de una segunda duración I, X2-X1 que es una duración de interrupción;
**caracterizado porque** el método comprende:

determinar si la duración de la interrupción excede un umbral de duración de la interrupción;
si la duración de la interrupción no excede el umbral de duración de la interrupción, continuar operando la bomba de acuerdo con la primera tasa de flujo de suministro; y
si la duración de la interrupción excede el umbral de duración de la interrupción;

después de la segunda duración I, X2-X1 ha concluido, calculando una tasa de flujo de suministro propuesta F2, G (216) con base en una duración del tiempo parcial restante T3, E-X2 desde la primera duración del suministro de nutrición de la prescripción y un volumen de nutrición parcial suministrado V2, A desde el primer volumen de nutrición de la prescripción, en donde la tasa de flujo de suministro propuesta F2, G (216) de la bomba es igual a:

i) la diferencia del primer volumen de nutrición V1, D menos el volumen de nutrición parcial suministrado V2, A,
ii) dividido por la duración del tiempo parcial restante T3, E-X2; y comparando la tasa de flujo de suministro propuesta F2, G (216) con una tasa de flujo máxima permitida:

si la tasa de flujo de suministro propuesta F2, G (216) excede la tasa de flujo máxima permitida:

reiniciar la bomba a la tasa de flujo máxima permitida; y
calcular y mostrar la tasa de flujo máxima permitida en un dispositivo de visualización asociado con la bomba; y
si la tasa de flujo de suministro propuesta F2, G (216) no excede la tasa de flujo máxima permitida, reiniciar la bomba a la tasa de flujo de suministro propuesta F2, G (216); y

en donde la tasa de flujo de suministro propuesta F2, G (216) de la bomba es mayor que la tasa de flujo de suministro inicial F1, F (212) de la bomba.

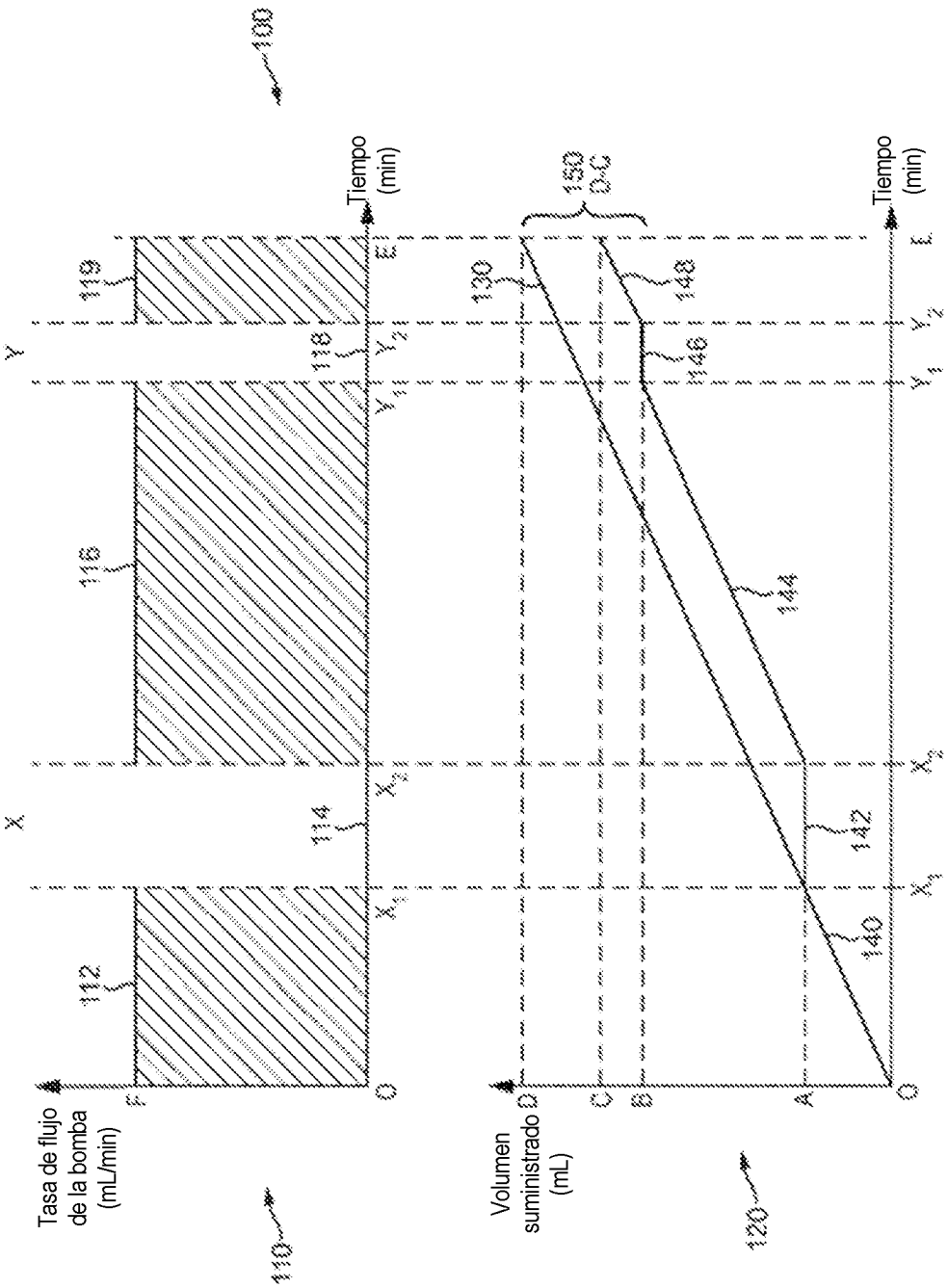



FIG. 1
(Técnica anterior)

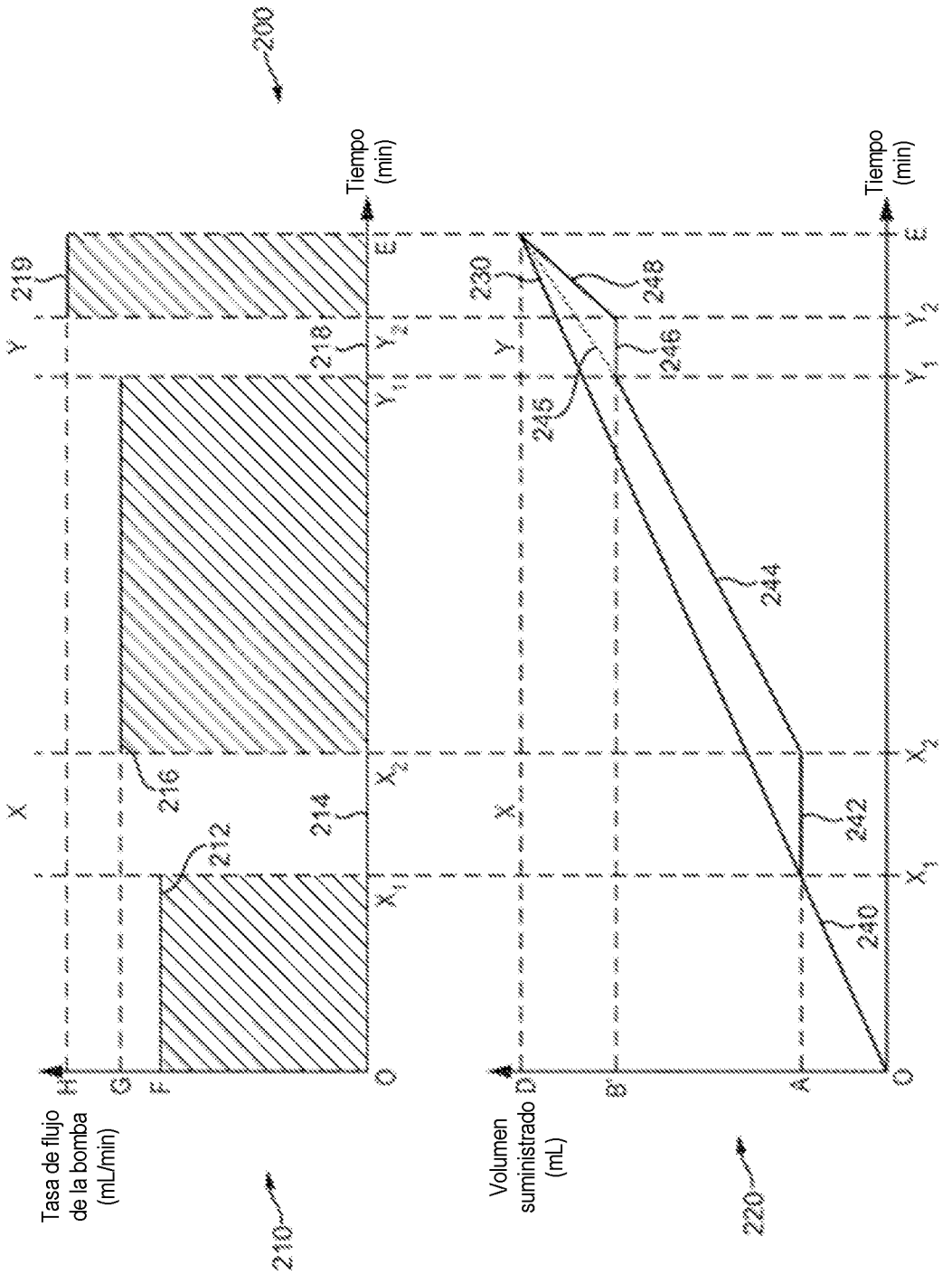

200
Tiempo (min)
Tasa de flujo de la bomba (mL/min)
Volumen suministrado (mL)
210
220
X
Y
H
G
F
O
E
D
B
A
212
214
216
218
219
240
242
244
246
248
250
$X_1$
$X_2$
$Y_1$
$Y_2$

FIG. 2

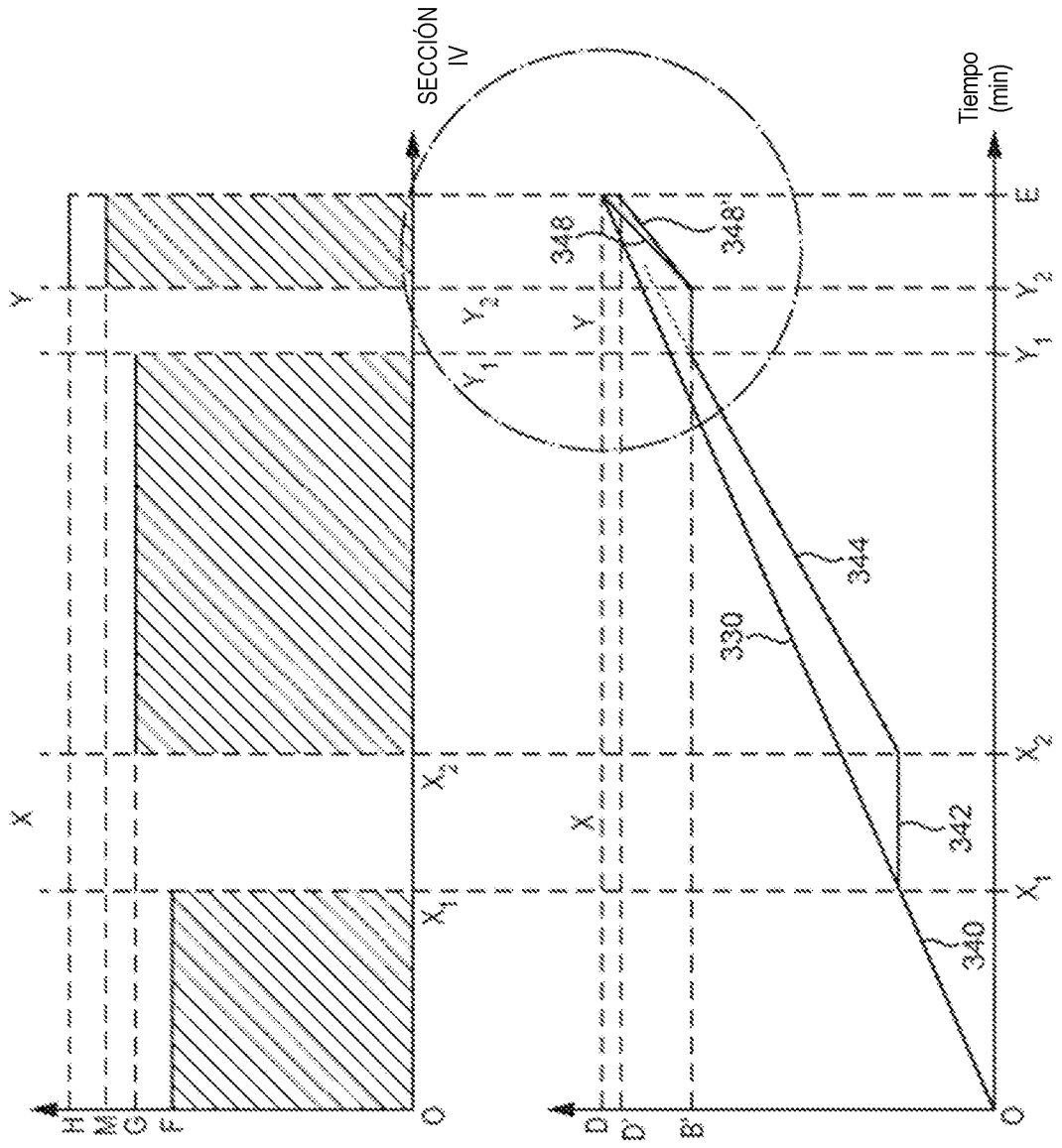

SECCIÓN IV
Tiempo (min)
348
348'
344
330
342
340
Y
Y2
Y1
X
X2
X1
O
H
M
C
E
D
D'
B'

FIG. 3

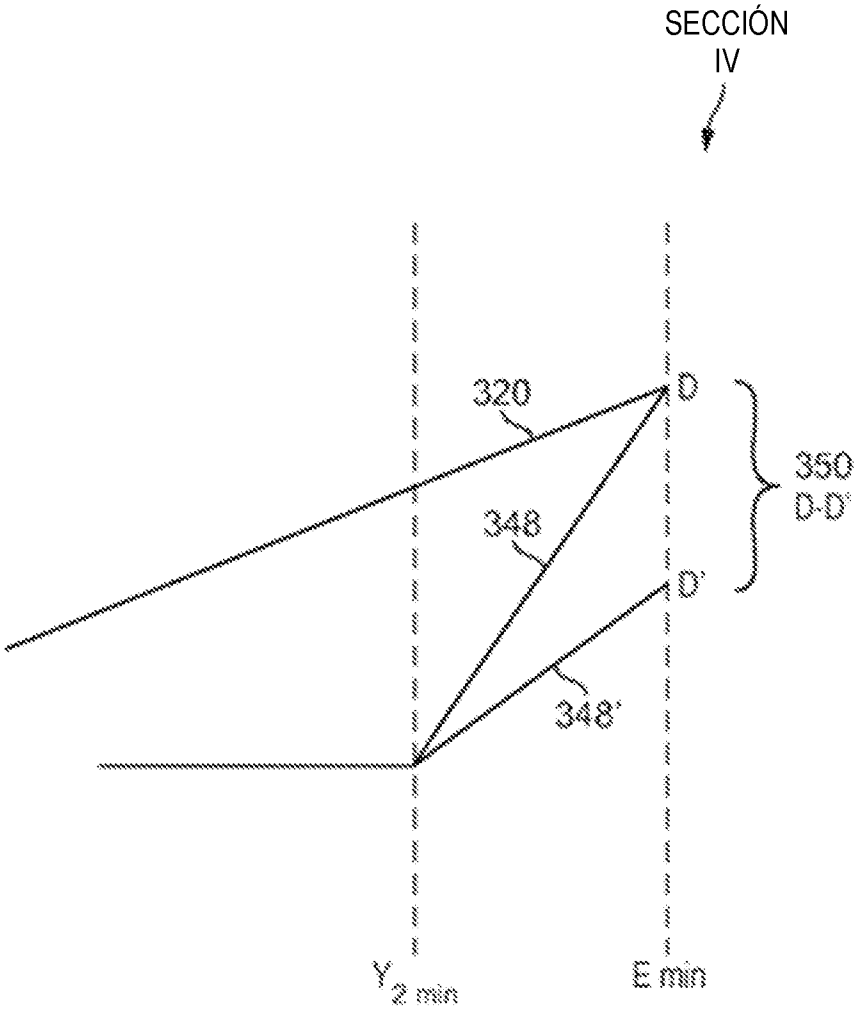



FIG. 4

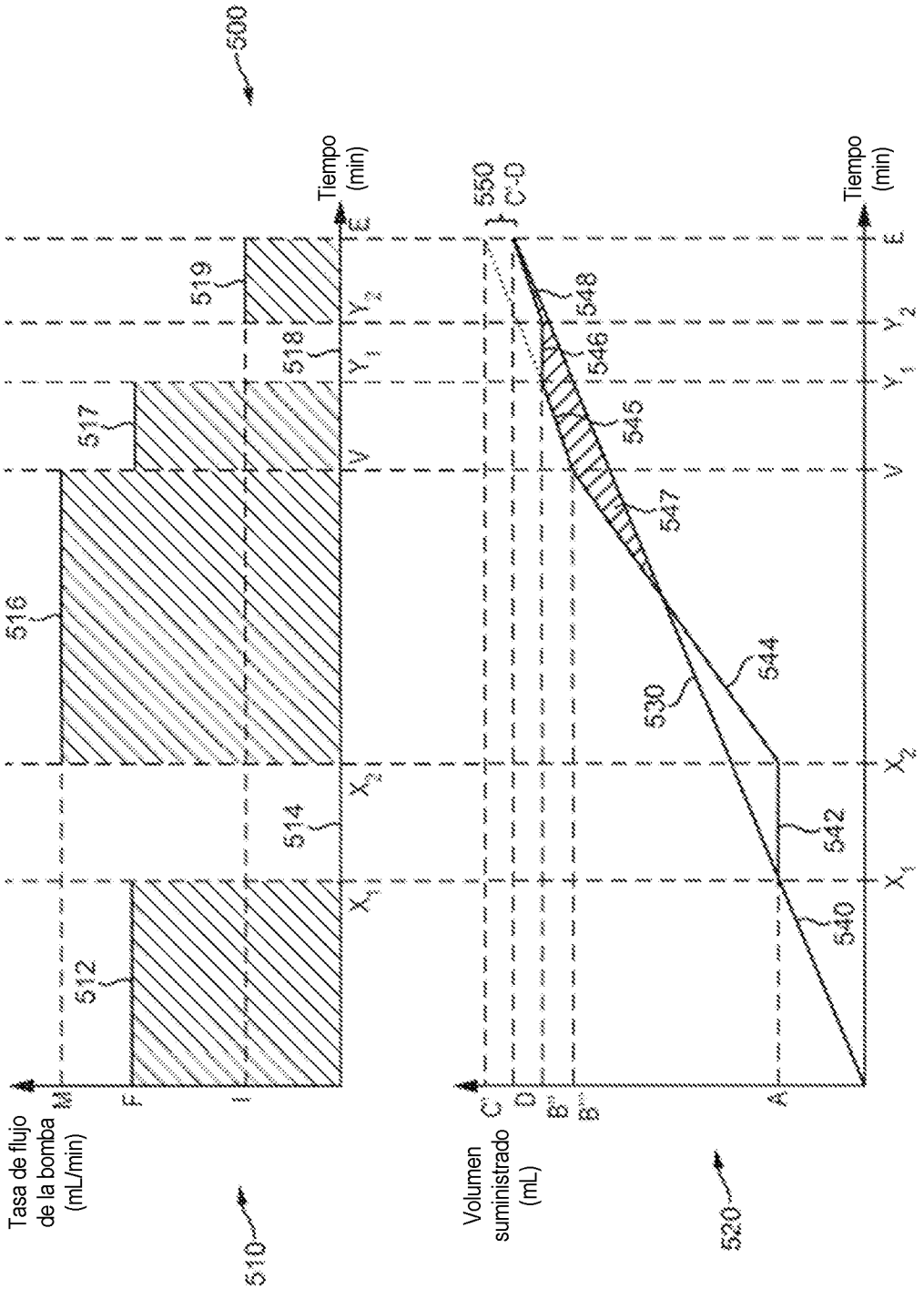

500
Tasa de flujo de la bomba (mL/min)
Tiempo (min)
M
F
I
E
V
$Y_1$
$Y_2$
$X_1$
$X_2$
512
514
516
517
518
519
510
Volumen suministrado (mL)
C
D
$B'$
$B''$
A
550
C-0
540
542
544
546
547
548
530
520

FIG. 5

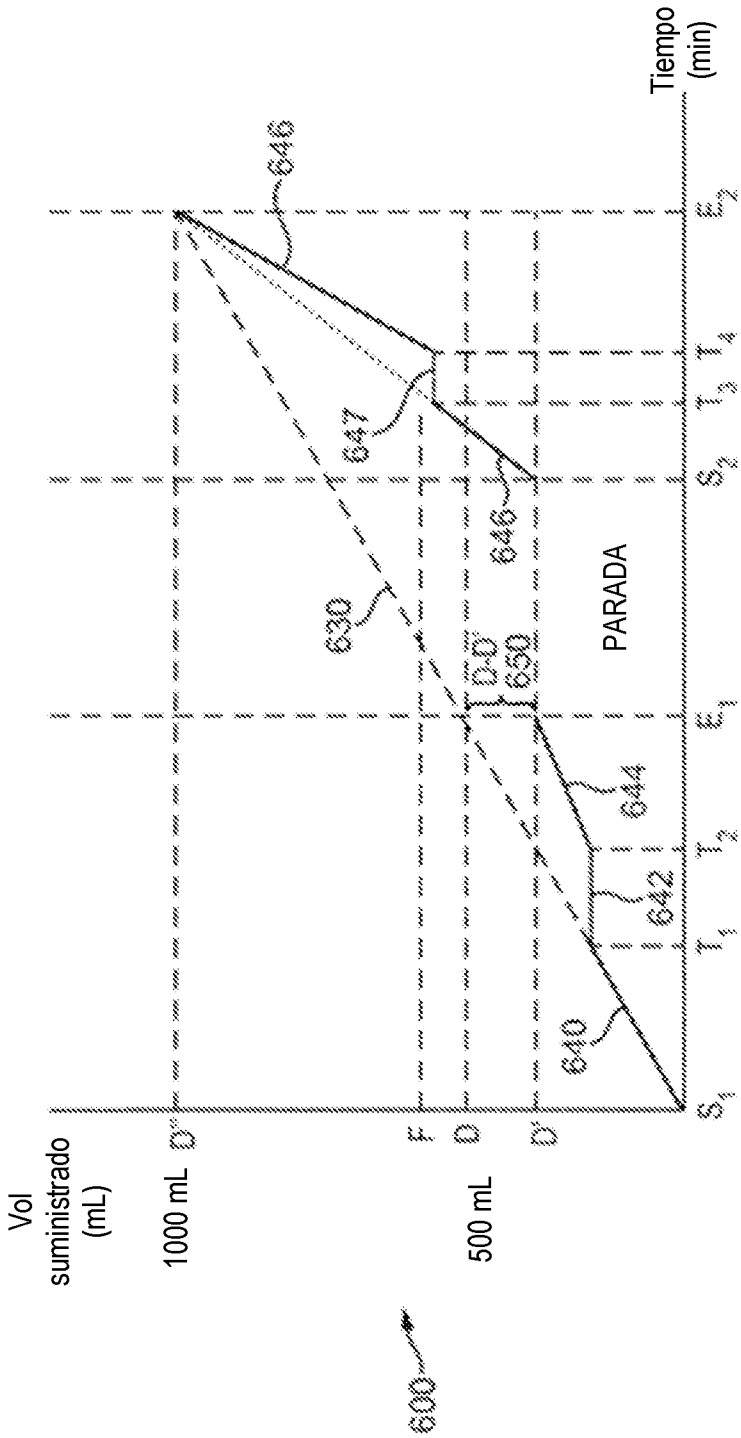

Vol suministrado (mL)
1000 mL
500 mL
D''
F
D
D'
Tiempo (min)
$S_1$
$T_1$
$T_2$
$E_1$
$S_2$
$T_3$
$T_4$
$E_2$
600
640
642
644
646
647
630
650
PARADA

FIG. 6

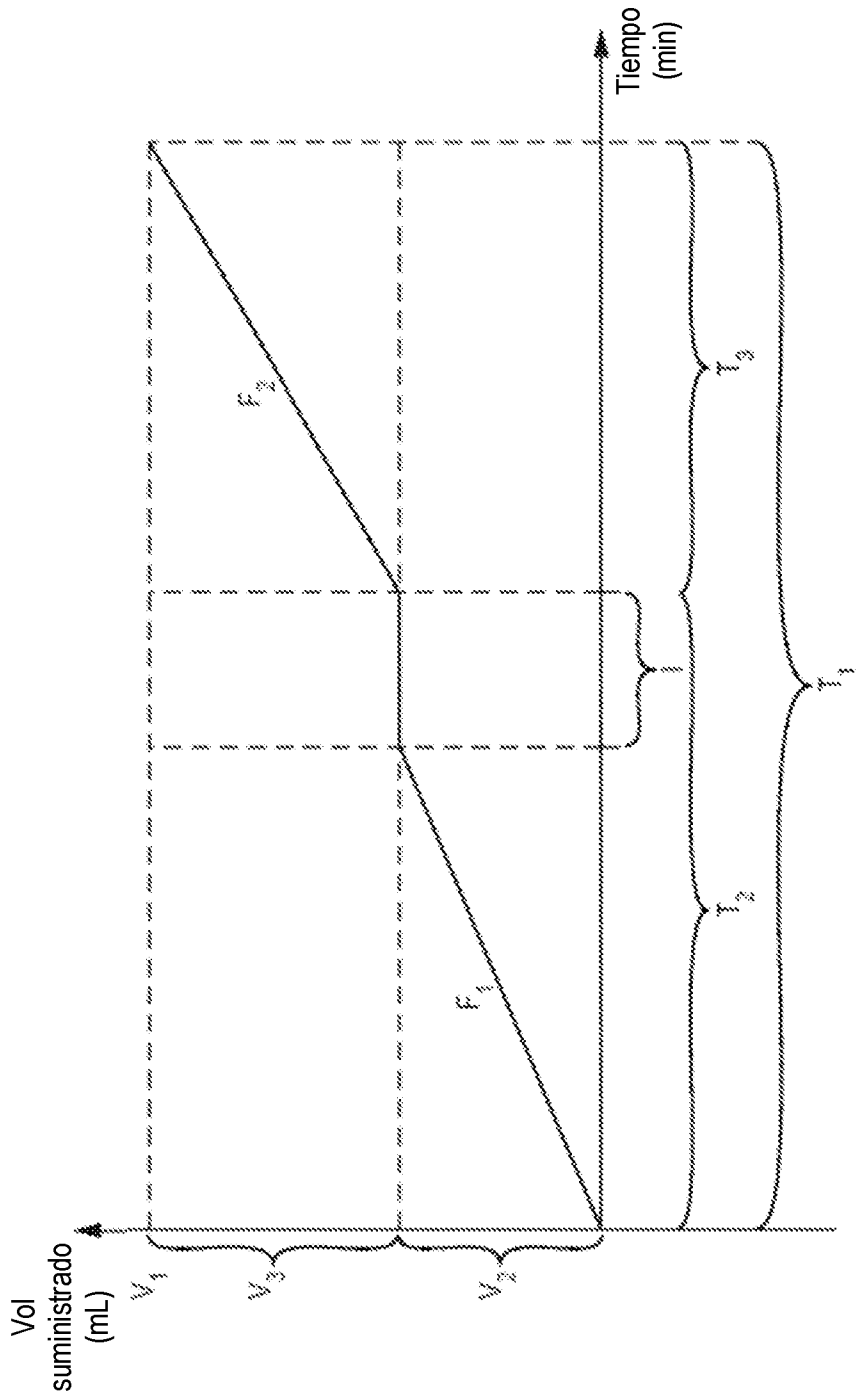



FIG. 7

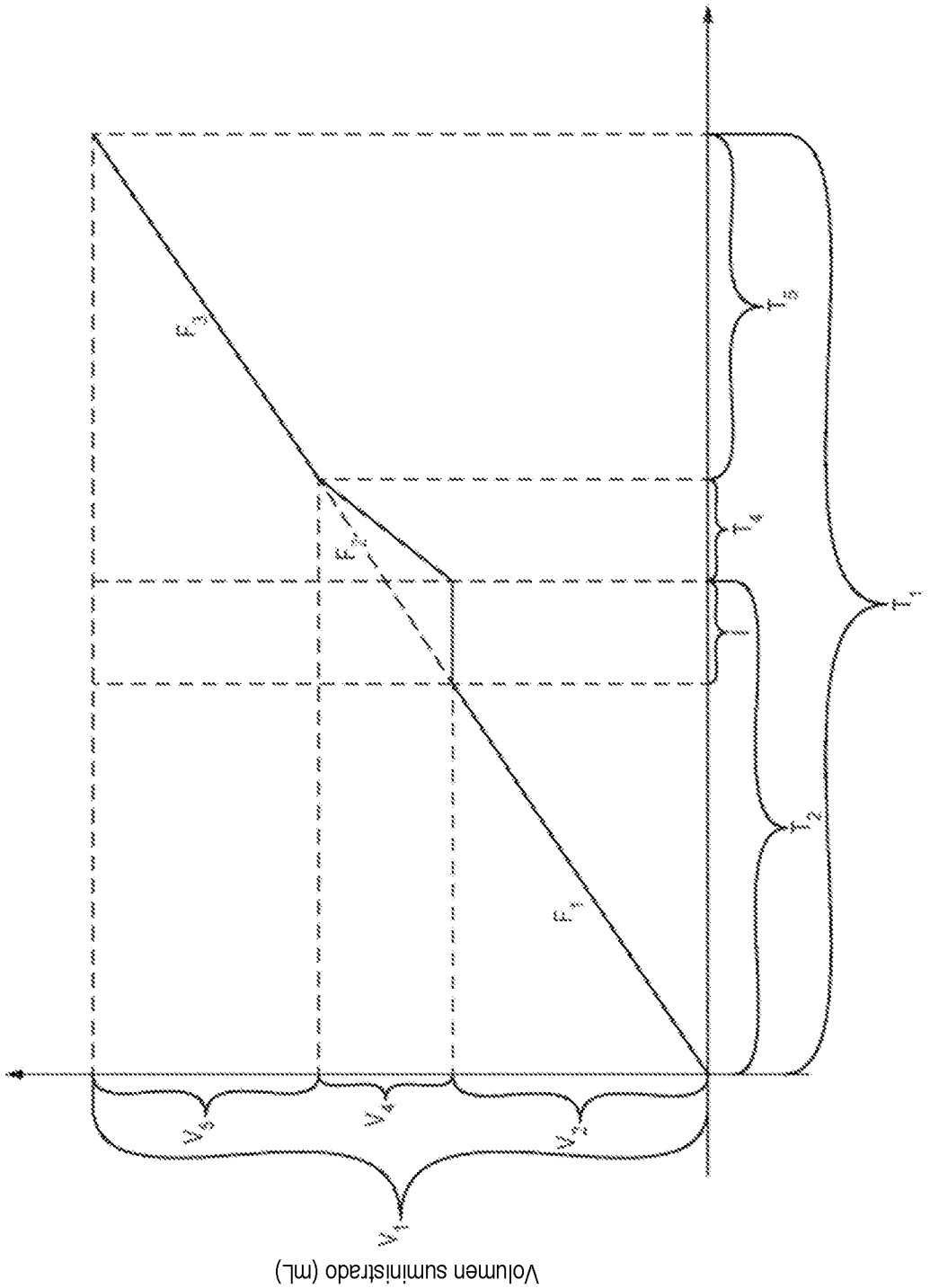



FIG. 8

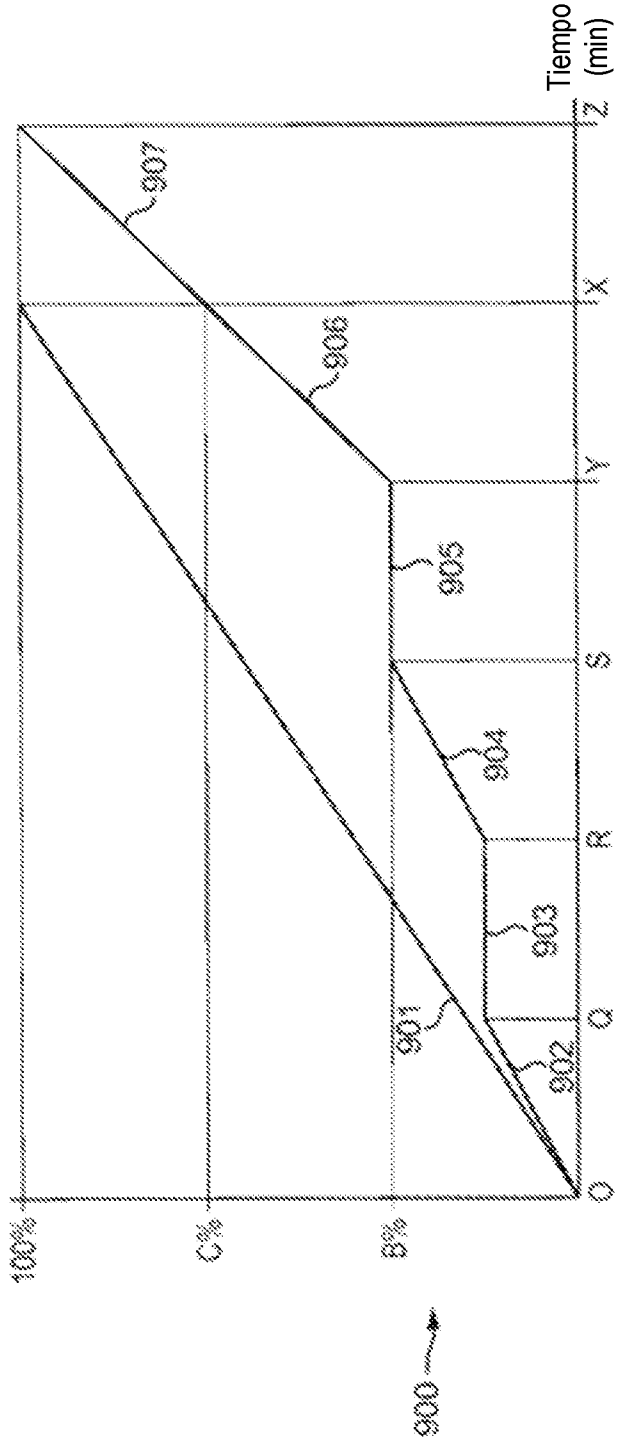



FIG. 9