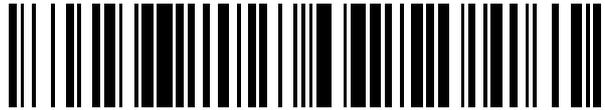


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 924**

51 Int. Cl.:

A61M 5/142 (2006.01)

A61M 5/168 (2006.01)

A61M 5/36 (2006.01)

G01N 21/41 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.07.2012 PCT/EP2012/063412**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.01.2013 WO13013966**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.07.2012 E 12738072 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2017 EP 2736564**

54 Título: **Sistema de reflexión de infrarrojos detector de aire en línea**

30 Prioridad:

25.07.2011 US 201113190155

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

14.11.2017

73 Titular/es:

**NESTEC S.A. (100.0%)
Avenue Nestlé 55
1800 Vevey, CH**

72 Inventor/es:

**HARTMAN, ADAM;
NGUYEN, PAUL y
CUMMINGS, DAVID CHARLES**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 641 924 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de reflexión de infrarrojos detector de aire en línea

5 ANTECEDENTES

La presente revelación globalmente se refiere a salud y nutrición. Más específicamente, la presente revelación se refiere a dispositivos y procedimientos para detectar aire en el conjunto de tubos de sistemas de bombeo de fluidos.

10 La distribución de composiciones nutritivas a mamíferos, tales como pacientes humanos, que no pueden ingerir oralmente alimentos o bien otras formas de nutrición a menudo es de importancia crítica. Por ejemplo, ampollas y recipientes enterales que tienen tubos de alimentación que depositan alimentos directamente en el interior del tracto gastrointestinal en un punto por debajo de la boca a menudo se utilizan para mantener la vida mientras un paciente es incapaz, o rechaza, tomar alimentos oralmente. Las ampollas y recipientes, los tubos de alimentación y otros sistemas y vías de distribución artificial pueden ser utilizados temporalmente durante el tratamiento de condiciones médicas agudas. Para condiciones médicas crónicas, tales sistemas y vías pueden ser utilizados como parte de un régimen de tratamiento que dura para el resto de la vida de un paciente. Sin tener en cuenta la duración de la utilización, estos dispositivos a menudo proporcionan el único medio para alimentar y, por lo tanto, suministrar nutrientes al paciente.

20 La utilización de bombas de alimentación enterales, en conjunción con un conjunto de tubos de alimentación enteral como parte de un sistema de alimentación enteral, para la administración de fluidos médicos es también muy conocida en las técnicas médicas. El conjunto de tubos de alimentación enteral típicamente incluirá varias secciones largas de tubos, conectados a una sección centralizada más corta de tubos que pueden ser incorporados en el interior de un dispositivo de bombeo. Una preocupación común con el conjunto de tubos de alimentación enteral es que puedan contener bolos de aire (por ejemplo, burbujas) que pueden causar hinchazón, dolor o incomodidad general durante y/o después de la alimentación.

30 El documento WO 98/04301 revela un dispositivo de infusión con una placa de sujeción para un tubo, que comprende dos ranuras adyacentes en forma de cuñas, longitudinalmente separadas, cada ranura en forma de cuña estando provista de por lo menos una parte que es transmisora de infrarrojos y cada saliente definiendo una superficie exterior y una superficie interior. Un sensor óptico detecta, por interacción de la luz con las ranuras en forma de cuña, la presencia de una burbuja de aire en el interior del tubo.

35 RESUMEN

La presente revelación se refiere a sistemas de sensores de aire en línea y procedimientos de utilización de sistemas de sensores de aire en línea. En una forma de realización general, la presente revelación proporciona un dispositivo adaptador según la reivindicación 1 y que tiene partes cilíndricas primera y segunda que definen un canal de flujo de fluido. El canal de flujo de fluido se extiende a través de ambas partes cilíndricas primera y segunda. La primera parte cilíndrica incluye dos salientes adyacentes en forma de cuña. En una forma de realización, cada saliente en forma de cuña estando provisto de por lo menos una parte que es transmisora de infrarrojos y cada saliente definiendo una superficie exterior y una superficie interior. Las superficies interiores de los salientes en forma de cuña pueden definir una ranura en forma sustancialmente triangular.

45 En una forma de realización, el adaptador tiene una superficie interior que define un interior hueco que está construido y dispuesto de modo que permite que el fluido fluya a través del mismo. Por lo menos una parte de la superficie interior del adaptador puede ser plana y de reflexión de infrarrojos. En otra forma de realización, por lo menos una parte de la superficie interior del adaptador puede ser transmisora de infrarrojos.

50 En una forma de realización, el adaptador está fabricado a partir de polipropileno.

55 En otra forma de realización, está provista una cajita e incluye un bastidor rígido, un tubo y por lo menos un adaptador que tiene partes cilíndricas primera y segunda que definen un canal de flujo del fluido. La primera parte cilíndrica incluye dos salientes adyacentes en forma de cuña. En una forma de realización, cada saliente en forma de cuña estando provisto de por lo menos una parte que es transmisora de infrarrojos y cada saliente definiendo una superficie exterior y una superficie interior. Las superficies interiores de los salientes en forma de cuña pueden definir una ranura en forma sustancialmente triangular.

60 En una forma de realización, el por lo menos un adaptador está colocado en un primer extremo de la cajita.

En una forma de realización, la primera parte del adaptador está configurada para acoplarse con el tubo. La segunda parte del adaptador puede estar configurada para acoplarse con un segundo tubo.

En una forma de realización, la cajita incluye adaptadores primero y segundo, el primer adaptador está colocado en un primer extremo de la cajita y el segundo adaptador colocado en un segundo extremo de la cajita.

En todavía otra forma de realización, está provisto un sistema de sensores e incluye un dispositivo de bombeo y una cajita unida de forma que se puede desmontar al dispositivo de bombeo. El dispositivo de bombeo incluye por lo menos un sensor de reflexión de infrarrojos que tiene un emisor de luz de infrarrojos y un detector de infrarrojos. La cajita incluye un tubo y por lo menos un adaptador de la invención, que tiene partes cilíndricas primera y segunda que definen un canal de flujo del fluido. En una forma de realización, cada saliente en forma de cuña estando provisto de por lo menos una parte que es transmisora de infrarrojos y cada saliente definiendo una superficie exterior y una superficie interior. Las superficies interiores de los salientes en forma de cuña pueden definir una ranura en forma sustancialmente triangular. El sensor de reflexión de infrarrojos está colocado de modo que una luz de infrarrojos puede ser transmitida a través de la superficie exterior del primer saliente en forma de cuña y por lo menos una parte de la luz de infrarrojos reflejada fuera de una superficie interior de la primera parte cilíndrica puede ser detectada por el detector de infrarrojos.

En una forma de realización, el dispositivo de bombeo es una bomba de alimentación enteral.

En una forma de realización, el emisor de luz de infrarrojos y el detector de infrarrojos están colocados en el mismo lado en el interior del dispositivo de bombeo. En otra forma de realización están provistos dos sensores de infrarrojos, uno en cada extremo del dispositivo de bombeo. El emisor de luz de infrarrojos y el detector de infrarrojos también pueden estar colocados en una parte del fondo, interior del dispositivo de bombeo de tal modo que el emisor de luz de infrarrojos imita la luz de infrarrojos en una dirección hacia arriba. El por lo menos un adaptador puede estar colocado en un extremo de la cajita y está configurado de tal modo que los salientes adyacentes en forma de cuña primero y segundo estén orientados hacia abajo para comunicar con el emisor de luz de infrarrojos y el detector de infrarrojos.

En todavía otra forma de realización, se proporciona un procedimiento de detección de aire en un conjunto de tubos para un sistema de alimentación enteral. El procedimiento incluye las etapas de proporcionar una cajita que tiene un adaptador según la invención herméticamente unida a un tubo de alimentación enteral y que detecta aire en el interior del tubo de alimentación enteral. El adaptador incluye partes primera y segunda que definen un canal de flujo del fluido. La primera parte incluye dos salientes adyacentes en forma de cuña, cada saliente en forma de cuña estando provisto de por lo menos una parte que es transmisora de infrarrojos y cada saliente definiendo una superficie exterior y una superficie interior. La detección ocurre mediante la transmisión de una luz de infrarrojos a la superficie exterior del primer saliente en forma de cuña y la detección de una cantidad de luz de infrarrojos reflejada utilizando un detector.

En una forma de realización, la luz de infrarrojos es transmitida a través de la superficie exterior de un primer saliente en forma de cuña, y la luz de infrarrojos reflejada pasa a través de la superficie exterior de un segundo saliente en forma de cuña.

En una forma de realización, el procedimiento adicionalmente incluye la inserción de la cajita en el interior de un dispositivo de bombeo para administrar una alimentación enteral a un paciente.

En una forma de realización, el procedimiento adicionalmente incluye detener un ciclo de alimentación enteral si se detecta aire en el tubo de alimentación enteral. Alternativamente, el procedimiento puede incluir hacer sonar una alarma acústica si se detecta una cantidad umbral de aire en el tubo de alimentación enteral.

Una ventaja de la presente revelación es proporcionar un sensor en línea mejorado para detectar aire en conjunto de tubos.

Otra ventaja de la presente revelación es proporcionar un procedimiento mejorado para detectar aire en un conjunto de tubos para alimentación enteral.

Todavía otra ventaja de la presente revelación es proporcionar un sensor mejorado para detectar aire que sea económico.

Aún otra ventaja de la presente revelación es proporcionar un sensor mejorado para detectar aire que sea simple de funcionar.

Otra ventaja de la presente revelación es proporcionar un adaptador que puede ser utilizado para detectar aire en un conjunto de tubos para alimentación enteral.

Todavía otra ventaja de la presente revelación es proporcionar una cajita que tenga un adaptador que pueda ser utilizado para detectar aire en un conjunto de tubos para alimentación enteral.

Características y ventajas adicionales se describen en este documento y se pondrán de manifiesto a partir de la siguiente descripción detallada y las figuras.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

5 La figura 1 muestra luz que pasa desde un primer medio a un segundo medio que tiene un índice de refracción más elevado.

10 La figura 2 muestra luz que pasa desde un primer medio a un segundo medio que tiene un índice de refracción más bajo.

La figura 3 muestra una reflexión interior total de un rayo de luz incidente.

15 La figura 4 muestra un rayo de luz incidente que tiene un ángulo que es inferior que el ángulo crítico.

La figura 5 muestra un rayo de luz incidente que tiene un ángulo que es mayor que el ángulo crítico.

20 La figura 6 muestra una vista en perspectiva de un dispositivo de bombeo y una cajita que tiene un sistema de sensores de aire en línea según una forma de realización de la presente revelación.

La figura 7 muestra una vista en perspectiva del dispositivo de bombeo y la cajita de la figura 6 con la cajita insertada en el interior del dispositivo de bombeo según una forma de realización de la presente revelación.

25 La figura 8 muestra una vista en perspectiva de un adaptador y un sensor de infrarrojos que tiene un emisor de luz de infrarrojos y un detector de luz de infrarrojos según una forma de realización de la presente revelación.

La figura 9 muestra una vista en perspectiva de un adaptador para la utilización con un sistema de sensores de aire en línea según una forma de realización de la presente revelación.

30 La figura 10 muestra una vista en sección transversal del adaptador y del sensor de infrarrojos de la figura 8 a lo largo de la línea 10 - 10 según una forma de realización de la presente revelación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

35 Las bombas de alimentación enteral son dispositivos que controlan la sincronización y la cantidad de nutrición distribuida a un paciente durante una alimentación enteral. La alimentación enteral es la administración de fluidos nutrientes a un paciente el cual no puede comer a través de vías de ingesta normales. La administración enteral típicamente ocurre a través de un conjunto de tubos entre una bolsa de alimentación y un catéter implantado a un paciente. Una cajita desechable típicamente transporta por lo menos una parte de los tubos de modo que los tubos
40 usados pueden ser fácilmente desechados. Una bomba de alimentación enteral generalmente está conectada a la bolsa de alimentación con un tubo a partir de un primer lado y con otro tubo hacia el paciente en un segundo lado.

Debido a la naturaleza de los fluidos enterales, el proceso de administración y otras condiciones de alimentación enteral puede ocurrir que una cantidad de aire sea administrado en lugar del fluido de alimentación, lo cual
45 fácilmente puede resultar en incomodidad o dolor al paciente. Un ejemplo típico de esta situación ocurre cuando la bolsa de alimentos nutrientes se vacía. Si la bomba enteral continúa la administración, aire es bombeado a través de los tubos hacia el paciente en lugar de alimento.

La presente revelación se dirige a un sistema de sensores que es capaz de detectar la presencia de aire en lugar de
50 fluido nutriente en los tubos del sistema de alimentación enteral. Cuando el volumen de aire bombeado ha alcanzado un umbral programado, puede ser enviada una alarma al usuario. El sistema de sensores también es capaz de distinguir entre una pequeña burbuja de aire y la presencia de una cantidad determinada de aire en el tubo, evitando de ese modo falsas alarmas al usuario.

55 La detección de la presencia y la cantidad de aire en los tubos se basa en el principio de reflexión interna total ("TIR") derivado a partir de la ley de Snell y las ecuaciones de Fresnel, el cual especifica la cantidad relativa de luz reflejada y transmitida por una superficie. La ley y las ecuaciones describen el comportamiento de un rayo de luz cuando pasa la superficie entre dos medios caracterizados por índices de refracción diferentes.

60 La ley de Snell describe el principio físico cuando un rayo de luz pasa desde un medio hacia el otro. Específicamente, la ley de Snell establece que la relación del seno del ángulo de incidencia con respecto al seno del ángulo de refracción es constante. Esta constante es tanto igual a (i) la relación de velocidades de fase ("v") en los dos medios, como (ii) la relación opuesta de los índices de refracción ("n") de los dos medios. Por lo tanto la ley de Snell está representada gráficamente mediante la figura 1 y se puede resumir como sigue:

65

$$\frac{\text{sen } \vartheta_i}{\text{sen } \vartheta_0} = \frac{v_i}{v_0} = \frac{n_i}{n_0} \quad \text{Ecuación 1}$$

En la ecuación 1, ϑ_i es el ángulo de incidencia del rayo, ϑ_0 es el ángulo de refracción, ϑ_r es el ángulo de reflexión, v_i y v_0 son las velocidades de fase de los dos materiales, y n_i y n_0 son los índices de refracción de los dos materiales.

Sobre la base de los posibles valores del ángulo del rayo que sale, la siguiente desigualdad, derivada de la ecuación 1, se verificará:

$$\text{sen } \vartheta_0 = \frac{n_i}{n_0} \text{sen } \vartheta_i \leq 1 \quad \text{Ecuación 2}$$

Cuando la luz pasa desde un primer medio hacia un segundo medio caracterizado por un índice de refracción más elevado, el rayo de luz reduce su ángulo con respecto a la normal a la superficie de separación entre los dos medios, como se ilustra en la figura 1. Como también se representa en la figura 1, también ocurre una cantidad de reflexión parcial.

En otro ejemplo, cuando la luz pasa desde un primer medio a un segundo medio caracterizado por un índice de refracción inferior, el rayo de luz aumenta su ángulo respecto a la normal a la superficie de separación entre los dos medios y también ocurre una cantidad de reflexión parcial, como se ilustra en la figura 2. En esta situación (en donde la luz pasa desde un primer medio hacia un segundo medio caracterizado por un índice de refracción inferior), cuando la relación de los índices de refracción es fija y ≥ 1 el seno del ángulo de entrada únicamente puede adoptar los valores que satisfacen la siguiente desigualdad:

$$\text{sen } \vartheta_i \leq \frac{n_0}{n_i} \quad \text{Ecuación 3}$$

Con respecto a la ecuación 3, cuando $\text{sen } \vartheta_i < \frac{n_0}{n_i}$, ocurrirán ambas la refracción y la reflexión parcial. Cuando

$\text{sen } \vartheta_i = \frac{n_0}{n_i}$, $\vartheta_0 = \frac{\pi}{2}$ y ϑ_i es el ángulo crítico. Cuando $\text{sen } \vartheta_i > \frac{n_0}{n_i}$ no puede ocurrir refracción y ocurren reflexión interna total (TIR).

Aumentando el ángulo de incidencia, también aumenta el ángulo de refracción y se aproxima a un punto en el cual el rayo refractado corre paralelo a la superficie que separa los dos medios. Este ángulo de incidencia es denominado el "ángulo crítico". Adicionalmente, cuando aumenta el ángulo de incidencia no puede resultar en refracción, en cambio ocurre la reflexión interna total (TIR), como se ilustra en la figura 3. El término "total" es importante porque, en contraste con las figuras 1 y 2, en las cuales algo de luz es reflejada y algo es refractada, cuando ocurre la reflexión interna total (TIR), toda la energía del rayo incidente de luz es reflejada de vuelta.

El ángulo crítico, por lo tanto, está definido como el arco cuyo seno es igual a la relación entre el índice de refracción del rayo que sale y el rayo incidente. En términos de ecuación matemática, el ángulo crítico está definido como sigue:

$$\text{arc sen } \vartheta = \frac{n_0}{n_i} \quad \text{Ecuación 4}$$

Como un ejemplo, el ángulo crítico desde el agua hacia el aire es aproximadamente $48,6^\circ$ y está representado por ϑ_c en las figuras 2 y 3. Como se representa en la figura 2, ϑ_i es menor que ϑ_c por lo tanto ocurre una reflexión y una refracción parcial. Como se representa en la figura 3, ϑ_i es mayor que ϑ_c por lo tanto ocurre una reflexión interna total (TIR). Por lo tanto el mismo ángulo crítico, el cual está relacionado con el índice de refracción de los dos materiales, diferentes ángulos de incidencia causan diferentes trayectorias de los rayos incidentes.

En otro ejemplo, los ángulos incidentes permanecen iguales pero la naturaleza del segundo material cambia, por lo tanto cambia también el índice de refracción. Como se representa en la figura 4, ϑ_{c1} es menor que ϑ_i por lo tanto ocurre una reflexión interna total (TIR). Como se representa en la figura 5, ϑ_{c2} es mayor que ϑ_i por lo tanto ocurre una reflexión y una refracción parcial. Por lo tanto, con el mismo ángulo incidente, diferentes cantidades de luz pueden ser reflejadas, con un índice de refracción determinado del segundo material.

En otras palabras, es posible distinguir diferentes materiales midiendo la cantidad de luz recibida en la superficie de reflexión del primer material. Por ejemplo, suponiendo que el alimento tiene un índice de refracción similar a aquel del agua y otros efectos de orden inferior tales como difracción, luz ambiental, alimentos pegajosos, etc. no están presentes o se mitigan, se puede adoptar una situación de reflexión interna total (TIR) para determinar la presencia de, por ejemplo, aire en los tubos de una bomba enteral.

De acuerdo con ello, la ley de Snell proporciona un procedimiento mediante el cual los ángulos de refracción y los ángulos críticos se pueden determinar, dado el ángulo de incidencia y los índices de refracción de los dos medios. Utilizando los mismos datos, las ecuaciones de Fresnel permiten que sea determinada la cantidad relativa de luz reflejada con respecto a la cantidad de luz transmitida. Por ejemplo, con referencia a las figuras 4 y 5, las ecuaciones de Fresnel pueden proporcionar la cantidad de luz reflejada y la cantidad de luz transmitida. Una determinación precisa de estos valores es importante porque puede ayudar a distinguir claramente, por ejemplo, la presencia de aire o alimento en los tubos de una bomba enteral.

Con referencia otra vez a la figura 1, la fracción de la energía incidente que es reflejada está proporcionada por la reflectancia ("R") y la fracción que es refractada está proporcionada por la transmitancia ("T"). Los cálculos de R y T dependen de la polarización del rayo incidente. Considerando luz polarizada s (perpendicular al plano de la figura 1) y luz polarizada p (en el plano de la figura 1), los coeficientes R y T vienen proporcionados por lo siguiente:

$$R_p = \left(\frac{n_i \cos \vartheta_i - n_0 \cos \vartheta_0}{n_i \cos \vartheta_i + n_0 \cos \vartheta_0} \right)^2 \quad T_s = 1 - R_s \quad \text{Ecuación 5}$$

$$R_p = \left(\frac{n_i \cos \vartheta_0 - n_0 \cos \vartheta_i}{n_i \cos \vartheta_0 + n_0 \cos \vartheta_i} \right)^2 \quad T_p = 1 - R_p \quad \text{Ecuación 6}$$

Si la luz incidente no es polarizada, el coeficiente de reflexión es:

$$R = \frac{(R_s + R_p)}{2}$$

Los solicitantes han encontrado ahora que escogiendo apropiadamente un material para el primer medio, la geometría alrededor de la superficie entre los dos medios, el ángulo incidente y el modo de generar y detectar la luz, es posible diseñar un sensor capaz de distinguir si el segundo medio es, por ejemplo, aire o fluido. Por ejemplo, si el primer medio tiene un índice de refracción de 1,5, el índice de refracción del aire es 1 y aquél del agua es 1,33, cualquier ángulo de incidencia entre aproximadamente 42° y aproximadamente 62° permitirá a un usuario determinar si el segundo medio es aire o agua mediante la lectura de la cantidad de luz reflejada. Esto será ventajoso cuando, por ejemplo, el primer medio son los tubos (o una estructura similar) de una cajita para una alimentación enteral.

Como se ilustra en las figuras 6 - 7, en una forma de realización, la presente revelación proporciona un sistema de sensores de aire en línea 10 que incluye una cajita 20 fijada de forma que se pueda desmontar a un dispositivo de bombeo 30. La cajita 20 puede incluir un alojamiento o estructura de soporte que tenga cualquier forma adecuada tal como la representada en la figura 6. La cajita 20 puede estar diseñada para ser insertada parcialmente o totalmente en el interior del dispositivo de bombeo 30, como se representa en la figura 7. El diseño de la cajita 20 puede ayudar a la carga de un conjunto de tubos de alimentación enteral en el interior de un dispositivo de bombeo 30 sin tener que encaminar/guiar los tubos o tensar los tubos desde el conjunto de tubos sobre un rotor (por ejemplo, parte de una bomba peristáltica) contenida en el interior del dispositivo de bombeo 30. Ejemplos no limitativos de configuraciones de cajitas alternativas se describen en las patentes americanas US Nos. D504,506, D505,199, D455,489, D501,924 y D507,647 las cuales se incorporan a este documento como referencia. La cajita 20 puede estar fabricada a partir de cualquier material adecuado rígido, semirrígido o flexible. La cajita 20 también puede estar diseñada de tal modo que pueda ser insertada en el interior del dispositivo de bombeo 30 únicamente de un modo.

La cajita 20 incluye un tubo 22, el cual puede ser flexible y tener partes que sean rígidas o semirrígidas. El tubo 22 puede ser un tubo de alimentación y estar construido y dispuesto para ser incorporado con los rotores de una bomba (por ejemplo, una bomba peristáltica) en el dispositivo de bombeo 30.

El dispositivo de bombeo 30 puede ser una bomba de alimentación enteral. La bomba contenida en el interior del dispositivo de bombeo 30 puede ser una bomba peristáltica. Ejemplos no limitativos de dispositivos de bombeo se describen en la patente americana US No. 6,659,976, la cual se incorpora a este documento como referencia. Como se representa mediante la figura 7, el dispositivo de bombeo 30 puede incluir una pantalla de monitor/información 36 y un panel de control 38 para el accionamiento del dispositivo de bombeo 30. La pantalla de monitor/información 36

y el panel de control 38 también pueden ser utilizados conjuntamente con el sistema de sensores de aire en línea en las formas de realización de la presente revelación. El dispositivo de bombeo 30 adicionalmente puede incluir un botón de encendido 32 y un mecanismo de liberación 34 para liberar la cajita 20 del dispositivo de bombeo 30.

5 El dispositivo de bombeo 30 también puede incluir uno o más sensores de infrarrojos 40 y 50. En una forma de realización, el dispositivo de bombeo 30 incluye un sensor de infrarrojos 40 que está colocado en un lado de entrada del dispositivo de bombeo 30 en donde la cajita 20 está conectada a una bolsa de solución, como se representa en la figura 6. Los sensores de infrarrojos 40, 50 incluyen emisores de luz de reflexión de infra rojos 42 y 52, respectivamente. Los sensores de infrarrojos 40, 50 adicionalmente incluyen detectores de infrarrojos 44 y 54, respectivamente, colocados como parte del sistema de sensores de aire en línea 10 dentro de una sección interior del dispositivo de bombeo 30. Los emisores de luz de infrarrojos 42, 52 pueden ser un diodo de emisión de luz. Los detectores de luz de infrarrojos 44, 54 pueden ser un fotodiodo o un fototransistor. Los sensores de infrarrojos 40 y 50 están colocados en el dispositivo de bombeo 30 para evitar el desgaste y el desgarro o el dañado de los sensores de infrarrojos 40 y 50 debido a la manipulación por el usuario. Esto es importante porque el elemento más caro de los sistemas actuales son los sensores de infrarrojos 40 y 50.

Los sensores de infrarrojos 40, 50 pueden ser cualquier sensor de infrarrojos adecuado que tenga un dispositivo de emisión de infrarrojos 42 y un dispositivo de detección 44, como se representa en la figura 8. Ejemplos no limitativos de sensores de infrarrojos 40, 50 incluyen sensores de infrarrojos desarrollados bajo las series QRD por Fairchild Semiconductor. Los emisores de luz de infrarrojos 42, 52 y los detectores de infrarrojos 44, 54 pueden estar sostenidos o colocados en cualquier soporte adecuado (por ejemplo, en el interior del dispositivo de bombeo 30).

La cajita 20 adicionalmente incluye un tubo 22 y por lo menos un adaptador 60 como parte del sistema de sensores de aire en línea y como se representa en la figura 6. Cuando la cajita 20 se inserta dentro del dispositivo de bombeo 30, emisores de luz de reflexión de infrarrojos 42, 52 y detectores de infrarrojos 44, 54 pueden ser colocados para descansar uno al lado del otro y adyacentes al adaptador 60, como se ilustra en la figura 8. De esta manera, aunque los sensores de infrarrojos 40, 50 están ilustrados en la figura 6 colocados en una parte superior interior del dispositivo de bombeo 30, de modo que están colocados en una parte superior de la cajita 20, los sensores de infrarrojos 40, 50 también pueden estar colocados en una parte del fondo, interior del dispositivo de bombeo 30, de modo que estén colocados en una parte del fondo de la cajita 20 cuando la cajita 20 está cargada dentro del dispositivo de bombeo 30, como se representa en la figura 7. En una forma de realización, los sensores de infrarrojos 40, 50 están colocados en una parte del fondo, interior del dispositivo de bombeo 30 de modo que emiten luz de infrarrojos a partir de emisores de luz de reflexión de infrarrojos 42, 52 en una dirección hacia arriba para entrar en contacto con una parte del adaptador 60, el cual refleja (y/o refracta) la luz de infrarrojos en una dirección hacia abajo para ser recibida por los detectores de infrarrojos 44, 54.

Como se representa más claramente en la figura 9, el adaptador 60 tiene una primera parte 62 y una segunda parte 64 separadas por una tercera parte intermedia 66. La primera parte 62 incluye dos prolongaciones en forma de cuña 68 que se extienden desde la superficie natural de la primera parte 62. En otras palabras, como se ilustra en la figura 9, el adaptador 60 es de forma sustancialmente cilíndrica (que tiene una superficie natural en forma de cilindro) y prolongaciones en forma de cuña 68 se extienden desde lo que podría ser una superficie de forma cilíndrica por debajo de las prolongaciones en forma de cuña 68 si las prolongaciones en forma de cuña 68 no estuvieran incluidas en el adaptador 60. Aunque se ilustra cómo sustancialmente cilíndrico en la figura 9, la persona experta en la materia apreciará que el adaptador 60 puede tener cualquier forma conocida en la técnica que permita al adaptador 60 funcionar como un adaptador de tubos.

Las prolongaciones en forma de cuña 68 son sustancialmente de forma triangular que definen entre ellas una ranura de forma sustancialmente triangular 70. Las partes planas de las prolongaciones en forma de cuña 60 opuestas a la ranura 70 pueden ser utilizadas como superficies para la transmisión de rayos de luz de infrarrojos incidentes y para rayos de luz de infrarrojos reflejados, como se representa en la figura 10. De esta manera, y en una forma de realización, los emisores de luz de reflexión de infrarrojos 42, 52 pueden emitir luz de infrarrojos, la cual puede ser enfocada por una lente (por ejemplo, un prisma) 78 antes de la transmisión a través del material del adaptador 60 a una pared interior 72 del adaptador 60, la cual sirve como la superficie de separación de los medios entre el adaptador 60 y el contenido que fluye a través del adaptador 60 y el tubo 22 del sistema de alimentación enteral (por ejemplo, composición nutritiva, agua, aire, etc.). Cuando la luz de infrarrojos choca con la superficie de separación de los medios 72, el rayo de luz de infrarrojos incidente es reflejado y/o refractado. Cualquier luz reflejada es reflejada a través del adaptador 60, la cual puede ser enfocada por una lente (por ejemplo, un prisma) 80 antes de la recepción de los rayos de luz de infrarrojos por los detectores de infrarrojos 44, 54. Para una facilidad y precisión de la medición de la luz de infrarrojos reflejada y/o refractada, la pared interior 72 del adaptador 60 debe ser sustancialmente perpendicular a una línea que corre a través de la mitad de la ranura 70 y que divide el adaptador 60 en dos mitades iguales. Una parte restante de la pared interior del adaptador 60 puede ser sustancialmente cilíndrica para una facilidad de paso del fluido a través de la misma.

Con respecto a los prismas 78, 80, una persona experta en la materia apreciará que formas de realización alternativas están provistas en la presente revelación que no incluyen los prismas 78, 80. Por ejemplo, en una forma de realización, los prismas 78, 80 de la figura 10 no están incluidos. En cambio los ángulos relativos de los emisores

de luz de reflexión de infrarrojos 42, 52 y los detectores de infrarrojos 44, 54 se pueden aumentar. Quitando los prismas 78, 80 e incrementando los ángulos relativos de los emisores de luz de reflexión de infrarrojos 42, 52 y los detectores de infrarrojos 44, 54, es posible fabricar un sensor de infrarrojos más barato 40, 50 y evitar cualquier posible problema que pueda surgir a partir de la utilización de prismas 78, 80 (por ejemplo, imperfecciones que causen problemas de reflexión o refracción).

En otra forma de realización, por lo menos una parte de la superficie interior del adaptador puede ser transmisora de infrarrojos. Por ejemplo, la superficie interior puede ser transmisora de infrarrojos, específicamente sobre una gama de ángulos de la luz incidente, de tal modo que la interfaz entre la superficie y el fluido o bolo de aire en el adaptador cambia la gama de estos ángulos. Las prolongaciones en forma de cuña 68 o cualquier parte del adaptador 60 puede ser transmisora de infrarrojos dependiendo de la gama de ángulos de luz incidente deseada y/o el tipo de fluido o bolo de aire que fluye a través del adaptador 60. La luz de infrarrojos que es transmitida por cualquiera de los emisores de luz descritos en este documento puede pasar a través de la superficie interior, reflejarse fuera del fluido o bolo de aire y ser detectada por cualquiera de los detectores de infrarrojos como se ha descrito en este documento.

En una forma de realización, las prolongaciones en forma de cuña 68 pueden tener una parte en pendiente 68a hacia un extremo delantero del adaptador 60, como se representa en la figura 9. Las partes en pendiente 68a de las prolongaciones en forma de cuña 68 pueden ayudar al usuario a presionar el ajuste del tubo 22 alrededor del adaptador 68 para la utilización en el bombeo de fluidos a través del adaptador 60. Las partes en pendiente 68a también pueden servir como medios de detención para evitar que el tubo 22 se extienda desde la longitud entera de la primera parte 62. En otras palabras, una ventaja de la utilización del presente adaptador 60 es que la luz de infrarrojos no necesita viajar a través del tubo 22 y el adaptador 60 para llegar a la superficie de separación de los medios 72. En cambio, la luz de infrarrojos simplemente tiene que pasar a través del adaptador 60 para llegar a la superficie de separación de los medios 72.

La segunda parte 64 del adaptador 60 está construida de tal modo y dispuesta para ser unida a una parte de los tubos 74 que está conectada a una bolsa de suministro de composición nutritiva, y/o una parte de los tubos 76 que está conectada a un paciente para la distribución del fluido. La segunda parte 64 puede estar unida a partes de los tubos 74, 76 por cualquier medio conocido en la técnica incluyendo, pero no estando limitado a, ajuste a presión, encolado, soldadura, adhesivos, etc. En una forma de realización, la segunda parte 64 está unida a partes de los tubos 74, 76. La segunda parte 64 puede tener un diámetro que sea menor, igual, o mayor que la primera parte 62. En una forma de realización, la segunda parte 64 tiene un diámetro que es mayor que la primera parte 62.

La tercera parte 66 está colocada intermedia entre la primera parte 62 y la segunda parte 64 y tiene un diámetro que es mayor que la primera parte 62 y la segunda parte 64. La tercera parte 66 es útil para una alineación y una colocación apropiadas del adaptador 60 en la cajita 20. Como se representa en la figura 6, el adaptador 60 está colocado en bordes exteriores de la cajita 20 y puede estar colocado en su interior mediante la inserción de una primera parte 62 del adaptador 60 en un taladro dimensionado de forma similar en la cajita 20 y ajustado a presión en la primera parte 62 del adaptador 60 dentro del tubo 22. De esta manera, la tercera parte 66 evita que el adaptador 60 sea insertado demasiado lejos dentro de una parte interior de la cajita 20 y ayuda a mantener los tubos 22, 74, 76 en su sitio durante la distribución de fluidos a un paciente.

Como se representa en la figura 9, y se describe en parte antes en este documento, el adaptador 60 tiene una geometría especial que incluye por lo menos prolongaciones en forma de cuña 68 y una pared interior 72 que ha sido adoptada para aprovechar los principios físicos utilizados para detectar aire en el conjunto de tubos y resolver problemas de capacidad de moldeo. Sin embargo, no es únicamente ventajosa la geometría del adaptador 60, sino que el material utilizado para fabricar el adaptador 60 también es beneficioso. En una forma de realización, el adaptador 60 puede estar fabricado a partir de un polímero de grado alimenticio tal como, pero no está limitado a ellos, polipropileno, Teflón[®], copolímero de metilmetacrilato acrilonitrilo butadieno estireno ("MABS"), etcétera. En una forma de realización, el adaptador 60 está fabricado de polipropileno, el cual es muy adecuado para utilizarlo con alimentos y tiene un bajo coeficiente de adherencia. Evitando que los alimentos se adhieran al interior del adaptador 60, una cantidad mayor de luz de infrarrojos se permite que pase a través del mismo, y los materiales que tienen viscosidades incrementadas también pueden ser utilizados.

Con referencia ahora a la figura 10, el emisor de luz de reflexión de infrarrojos 42, 52 envía un rayo de luz a una sección del adaptador 60, el cual está unido a la cajita 20 y recibe la composición nutritiva a partir de la bolsa desde un lado y forma interfaz con el paciente en el otro. El alimento o el aire que pasa a través del adaptador 60 y, por lo tanto, el tubo 22, causará que sea transferida una cantidad diferente de luz al detector 44, 54 colocado en el ángulo de reflexión. Un circuito de accionamiento de un diodo emisor de luz LED y un amplificador foto sensor y circuitos de filtro enviarán una salida a un convertidor de analógico a digital, el cual permitirá que un micro control de la bomba suministre la cantidad óptima de luz de infrarrojos y determine la presencia de aire en el adaptador 60 y, por lo tanto, el tubo 22, en lugar de fluido nutritivo.

Como se ha mencionado brevemente antes en este documento, el fluido puede fluir a través del tubo 22 en la dirección desde la bolsa hacia el paciente como se representa en la figura 6. El tubo 22 se extiende en el interior del

contorno de la cajita 20. El adaptador 60 se utiliza para empalmar el tubo 22 con el tubo 74 que se une a la bolsa que contiene una fuente de composición nutritiva. De forma similar, el adaptador 60 se utiliza para empalmar el tubo 22 con el tubo 76 que se une a la persona que recibe la composición nutritiva. De esta manera, el tubo 22 puede ser ajustado a presión sobre la primera parte 62 del adaptador 60 hasta que el tubo 22 sea empalmado de forma hermética al adaptador 60. En una forma de realización en la que están presentes dos adaptadores 60, el tubo 22 se empalma a los adaptadores 60 en ambos extremos de la cajita 20.

Los sensores de infrarrojos 40 y 50 pueden estar colocados a cada lado de una bomba (no representada) en el interior del dispositivo de bombeo 30. Por ejemplo, la bomba puede estar colocada en una ubicación central del dispositivo de bombeo 30 e interactuará con el tubo 22 colocado en una parte levantada central 28 de la cajita 20. De acuerdo con ello, el sensor de infrarrojos 40 puede estar colocado aguas arriba de la bomba en una ubicación para interactuar con el adaptador 60 colocado aguas arriba de la bomba (por ejemplo, recibir una composición nutritiva a partir de un recipiente o bolsa). De forma similar, el sensor de infrarrojos 50 puede estar colocado aguas abajo de la bomba en una ubicación para interactuar con el adaptador 60 colocado aguas abajo de la bomba (por ejemplo, enviando una composición nutritiva al paciente). De forma similar, ambos sensores de infrarrojos 40, 50 pueden estar incluidos en una forma de realización, un sensor de infrarrojos 40 puede estar incluido en otra forma de realización, o un sensor de infrarrojos 50 puede estar incluido en todavía otra forma de realización.

Durante el funcionamiento, la bomba (no representada) en el interior del dispositivo de bombeo 30 colocada cerca de la parte 28 bombea la composición nutritiva a partir de una bolsa a través de la cajita 20 a través del tubo 74, un primer adaptador 60, el tubo 22, un segundo adaptador 60 y el tubo 76 a un paciente. Si no se detecta aire en la línea entre la bolsa y la bomba o la bomba y el paciente, el dispositivo de bombeo 30 continuará distribuyendo una alimentación al paciente. Sin embargo, si es detectado aire por el sistema de sensores 10 tanto en el primero como en el segundo de los adaptadores 60, los sensores de infrarrojos 40, 50 envían esta información a un conjunto de procesamiento central del dispositivo de bombeo 30, el cual es capaz de utilizar la información y los parámetros almacenados para determinar cuánto aire ha sido detectado en la línea entre la bolsa y el paciente. Si se detecta un umbral previamente determinado de una cantidad de aire en los tubos, el sistema de sensores de aire en línea 10 puede introducir un modo seguro en el que se hace sonar una alarma para avisar al paciente, o el dispositivo de bombeo 30 se desconecta automáticamente para cesar la distribución de fluido, etc.

En otra forma de realización, el dispositivo de bombeo 30 puede tener una ventana transparente (no representada) colocada en una superficie interior. La ventana puede estar fabricada, por ejemplo, a partir de plástico moldeado y puede servir como una barrera entre los sensores de infrarrojos 40, 50 y cualquier fuente exterior de líquido. La ventana puede estar tratada químicamente con aditivos y puede ser una superficie transparente/transmisora de infrarrojos de modo que la luz de infrarrojos pueda pasar a través de la ventana. El propósito de la ventana es evitar que el líquido entre en una parte interior del dispositivo de bombeo 30 que contiene los componentes eléctricos y mecánicos. Por ejemplo, durante la limpieza del dispositivo de bombeo 30, es deseable evitar que agua, jabón y/o productos químicos de limpieza fuguen al interior del dispositivo de bombeo 30 y dañen o destruyan cualquier componente eléctrico o mecánico.

En otra forma de realización, la luz de infrarrojos emitida desde un emisor de luz de infrarrojos puede ser tanto de impulsos como continua. Una ventaja de proporcionar una emisión continua de luz de infrarrojos incluye una supervisión constante (por ejemplo, detección) de cualquier fluido que sea bombeado a través de una cajita y provisto a un paciente. De esta manera, la detección continua reduce cualquier posibilidad de fallo en detectar una condición de bombeo problemática (por ejemplo, burbujas de aire). También existen diversas ventajas, sin embargo, en proporcionar una forma de realización en la cual la luz de infrarrojos sea de impulsos. Por ejemplo, la detección de luz de infrarrojos de impulsos proporciona una capacidad de rechazo de la luz del ambiente, estabilidad de la cantidad de luz de infrarrojos emitida (por ejemplo, el emisor no se sobrecalienta), una vida más larga del emisor, el cual no degradará sus características ópticas por envejecimiento y un consumo reducido de energía. Como tal, una persona experta en la materia apreciará que las bombas y los sistemas de bombeo actualmente revelados pueden incluir emisiones de luz de infrarrojos tanto de impulsos como continua.

En una forma de realización alternativa, la presente revelación proporciona una cajita que incorpora un sensor de reflexión de infrarrojos que incluye un emisor de luz de infrarrojos y un detector de infrarrojos. A este respecto, el dispositivo de bombeo no aloja el sensor de reflexión de infrarrojos. Sin embargo, el sensor de reflexión de infrarrojos de la cajita puede estar construido y dispuesto para interactuar con el dispositivo de bombeo de modo que los resultados del sensor de reflexión de infrarrojos puedan ser visualizados en un monitor del dispositivo de bombeo.

En todavía otra forma de realización, la presente revelación proporciona un procedimiento de detección de aire en tubos para un sistema de alimentación enteral. El procedimiento comprende proporcionar un sistema de detección de aire en línea que incluye un tubo de alimentación y un sensor de reflexión de infrarrojos que incluye un emisor de luz de infrarrojos y un detector de luz de infrarrojos. El tubo de alimentación puede estar incorporado como parte de una cajita que puede estar unida a un sistema de bombeo del sistema de alimentación enteral.

El procedimiento adicionalmente comprende la detección de aire en el interior del tubo de alimentación mediante la transmisión de una luz de infrarrojos hacia un adaptador en comunicación fluida con el tubo de alimentación y que detecta la luz de infrarrojos reflejada utilizando el detector de infrarrojos, por ejemplo, sobre la base de una cantidad de luz reflejada y/o refractada. Si se detecta aire en el tubo de alimentación, el dispositivo de bombeo puede ser detenido, por ejemplo, durante un ciclo de alimentación enteral.

Los solicitantes han combinado un adaptador único con un sistema de sensores de aire en línea para que sea capaz de determinar si el adaptador y/o los tubos de un sistema de alimentación enteral contienen un fluido o aire. Los intentos de adoptar los principios físicos anteriores para implantar un sensor de aire en línea de este tipo para una bomba de alimentación enteral no se consiguieron fácilmente, sin embargo. De esta manera, los solicitantes son conscientes de las siguientes complicaciones potenciales: (i) las dimensiones físicas de la bomba no permite una superficie de reflexión grande; (ii) los costes del sensor no limitan su comercialización; (iii) la fuente de luz podría no ser un rayo X colimado, por tanto, se consideró el fenómeno óptico de nivel secundario; (iv) no toda la luz en la bomba era reflejada o refractada y la absorción y dispersión de luz también fue considerada; (v) la luz del ambiente puede afectar a la lectura del foto sensor; (vi) algunos alimentos muestran una elevada viscosidad y no son homogéneos, lo cual puede crear problemas de claridad en los tubos; (vii) la mayoría de los materiales alimenticios con un alto grado de claridad tienen índices de refracción muy bajos, lo cual resulta en problemas de unión y deslizamiento en la interfaz con los tubos; (viii) la capacidad de moldeo compatible de las partes ópticas con lentes era difícil; (ix) el margen de variación de los parámetros opto/eléctricos de los componentes ópticos era típicamente alta; y (x) el envejecimiento los componentes ópticos podría afectar a la sensibilidad del sensor.

Trabajando a través de las dificultades en conseguir los actuales sensores de aire en línea, los solicitantes fueron capaces de conseguir un sensor de aire en línea mejorado que proporciona muchas ventajas sobre los sensores de aire de la técnica anterior. Por ejemplo, los sensores de aire en línea actuales son una solución fiable de bajo coste que trabaja en diversos entornos de funcionamiento. Los sensores de aire en línea actuales continúan trabajando a pesar de que el tubo esté ocluido y no requieren placa alguna contra la cual la luz es reflejada o absorbida. Los sensores de aire en línea de la presente revelación también funcionan con grandes variedades de alimentos y son inmunes contra el envejecimiento y los problemas asociados que típicamente se encuentran con sistemas ópticos similares.

Se entenderá que diversos cambios y modificaciones a las formas de realización actualmente preferidas descritas en este documento se pondrán de manifiesto a aquellos expertos en la técnica. Tales cambios y modificaciones pueden ser realizados sin por ello salirse del ámbito de la presente materia sujeto como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo adaptador (60) configurado para empalmar un tubo (28) con otro tubo (76) que comprende:
 - 5 partes cilíndricas primera y segunda (62, 64) que definen un canal de flujo del fluido, la primera parte cilíndrica (62) comprendiendo dos salientes adyacentes en forma de cuña (68), cada saliente en forma de cuña (68) estando provisto de por lo menos una parte que es transmisora de infrarrojos y cada saliente (68) definiendo una superficie exterior y una superficie interior, en el que los dos salientes en forma de cuña (68) son de forma sustancialmente triangular definiendo una ranura de forma sustancialmente triangular (70) entre ellos y una pared interior (72) de la
 - 10 primera parte cilíndrica (62) sirve como una superficie de separación de los medios entre el dispositivo adaptador (60) y el contenido que fluye a través del dispositivo adaptador (60), en el que la pared interior (72) de la primera parte cilíndrica (62) es sustancialmente perpendicular a una línea que corre a través de la mitad de la ranura (70) y que bisecciona el dispositivo adaptador (60) en dos mitades iguales.
 - 15 2. El dispositivo adaptador (60) de la reivindicación 1 en el que el canal de flujo del fluido se extiende a través de ambas partes cilíndricas primera y segunda (62, 64).
 3. El dispositivo adaptador (60) de la reivindicación 2 en el que la pared interior (72) del dispositivo adaptador (60) es reflectora.
 - 20 4. El dispositivo adaptador (60) de la reivindicación 2 en el que la pared interior (72) del dispositivo adaptador (60) es transmisora.
 5. El dispositivo adaptador (60) de la reivindicación 1 en el que el dispositivo adaptador (60) está fabricado a partir de polipropileno.
 - 25 6. Una cajita (20) que comprende:
 - 30 un bastidor rígido;
 - un tubo (22); y
 - por lo menos un dispositivo adaptador (60) según la reivindicación 1 adaptado para empalmar el tubo (20) con otro tubo (76) que no es parte de la cajita (20).
 - 35 7. La cajita (20) de la reivindicación 6 en la que el por lo menos un dispositivo adaptador (60) está colocado en un extremo de la cajita (20), en la que el extremo está definido por una intersección del tubo (22), que es parte de la cajita (20), con el bastidor rígido de la cajita (20).
 - 40 8. La cajita (20) de la reivindicación 6 en la que la primera parte (62) del dispositivo adaptador (60) está construida y dispuesta de tal modo que se acopla con el tubo (22) que forma parte de la cajita (20).
 9. La cajita (20) de la reivindicación 6 en la que la segunda parte (64) del dispositivo adaptador (60) está construida y dispuesta de tal modo que se acopla con el otro tubo (76) que no forma parte de la cajita.
 - 45 10. La cajita (20) de la reivindicación 6, la cajita (20) comprendiendo dispositivos adaptadores primero y segundo (60), el primer dispositivo adaptador (60) colocado en un primer extremo de la cajita (20) y el segundo dispositivo adaptador (60) colocado en un segundo extremo de la cajita (20), en la que los extremos primero y segundo están respectivamente definidos por una intersección del tubo que es parte de la cajita (20) y el bastidor rígido de la cajita (20).
 - 50 11. Un sistema de sensores que comprende:
 - 55 un dispositivo de bombeo (30) que comprende por lo menos un sensor de reflexión de infrarrojos (40, 50) que tiene un emisor de luz de infrarrojos (42, 52) y un detector de infrarrojos (44, 54); y
 - una cajita (20) unida de forma que se puede desmontar al dispositivo de bombeo (30), la cajita (20) comprendiendo un bastidor rígido, un tubo (22) y por lo menos un dispositivo adaptador (60) según la reivindicación 1 configurado para empalmar el tubo (22) con otro tubo (76), en el que el sensor de reflexión de infrarrojos (40, 50) está colocado de modo que una luz de infrarrojos puede ser transmitida a través de la superficie exterior del primer saliente en forma de cuña (62) y por lo menos una parte de la luz de infrarrojos reflejada fuera de la pared interior (72) de la primera parte cilíndrica (62) puede ser detectada por el detector de infrarrojos (44, 54).
 - 60 12. El sistema de sensores de la reivindicación 11 en el que el dispositivo de bombeo (30) es una bomba de alimentación enteral.
 - 65

13. El sistema de sensores de la reivindicación 11 en el que el emisor de luz de infrarrojos (42, 52) y el detector de infrarrojos (44, 54) están colocados en el mismo lado en el interior del dispositivo de bombeo (30).

5 14. El sistema de sensores de la reivindicación 11 en el que el emisor de luz de infrarrojos (42, 52) y el detector de infrarrojos (44, 54) están colocados en una parte del fondo, interior del dispositivo de bombeo (30) de tal modo que el emisor de luz de infrarrojos (42, 52) emite la luz de infrarrojos en una dirección hacia arriba.

10 15. El sistema de sensores de la reivindicación 14 en el que el por lo menos un dispositivo adaptador (60) está colocado en un extremo de la cajita (20), en el que el extremo está definido por una intersección del tubo (22), que es parte de la cajita (20), con el bastidor rígido de la cajita (20) y el por lo menos un dispositivo adaptador (60) está configurado de tal modo que los salientes adyacentes en forma de cuña primero y segundo (68) están orientados hacia abajo para comunicar con el emisor de luz de infrarrojos (42, 52) y el detector de infrarrojos (44, 54).

15 16. Un procedimiento de detección de aire en un conjunto de tubos para un sistema de alimentación enteral, el procedimiento comprendiendo las etapas de:

20 proporcionar una cajita (20) que tiene un dispositivo adaptador según la reivindicación 1 unido de forma hermética a un tubo de alimentación enteral (20), el dispositivo adaptador (60) configurado para empalmar el tubo de alimentación enteral (20) con otro tubo (76); y

25 detectar aire en el interior del tubo de alimentación enteral (22) mediante la transmisión de una luz de infrarrojos a la superficie exterior del primer saliente en forma de cuña (62) y detectar una cantidad de luz de infrarrojos reflejada utilizando un detector (44, 54), en el que la luz de infrarrojos es transmitida a través de la superficie exterior de un primer saliente en forma de cuña (68) y es reflejada por lo menos parcialmente de la pared interior (72) de la primera parte y a continuación pasa a través de la superficie exterior del segundo saliente en forma de cuña (68).

17. El procedimiento de la reivindicación 16 adicionalmente comprendiendo hacer sonar una alarma acústica si una cantidad umbral de aire es detectada en el tubo de alimentación enteral (20).

FIG. 1

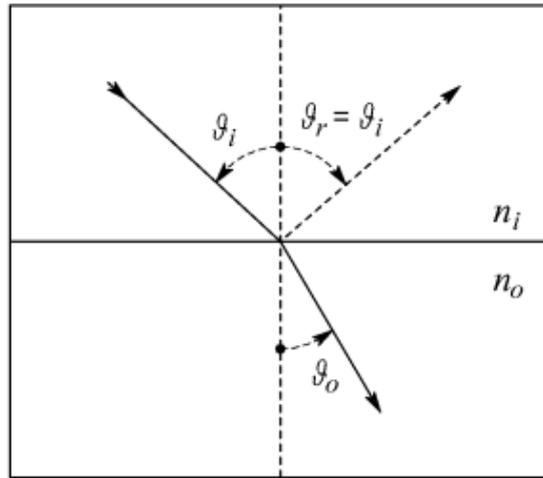


FIG. 2

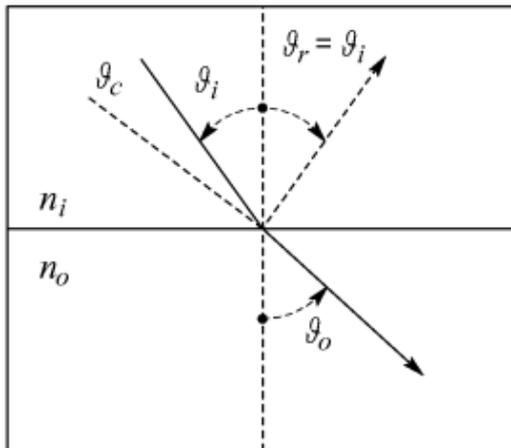


FIG. 3

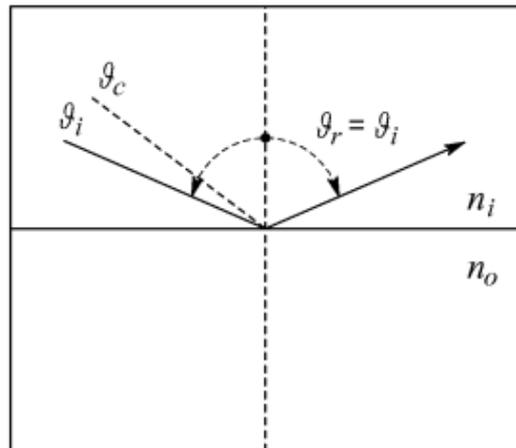


FIG. 4

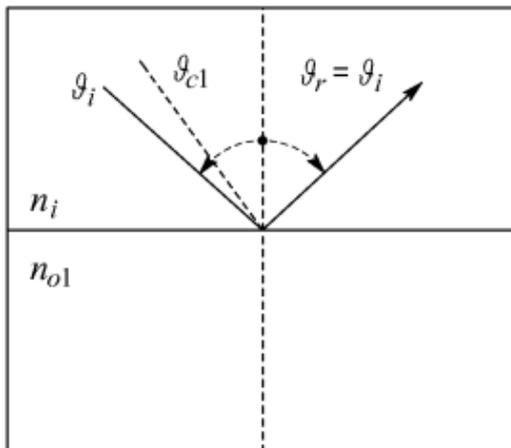


FIG. 5

