

CONDUCTO DE GASES MEDICINALES

Esta solicitud reivindica el beneficio de prioridad a la Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos con N.º 63/329.205, titulado "RESPIRATORY CONDUIT", que se incorpora aquí como referencia en su totalidad.

ANTECEDENTES

Campo

La presente divulgación se refiere a conductos para su uso en el transporte de gases medicinales. Más particularmente, aunque no exclusivamente, la divulgación se refiere a un conducto que incluye un material transpirable que es permeable a las moléculas de agua, para su uso en un circuito respiratorio de un sistema de asistencia respiratoria o en un circuito de insuflación de un sistema de insuflación quirúrgica.

Descripción de la técnica relacionada

Se ha demostrado que, para pacientes que reciben asistencia respiratoria, existen beneficios clínicos cuando la temperatura y la humedad de los gases respiratorios suministrados al paciente por un sistema de asistencia respiratoria emulan los niveles que ocurren naturalmente en los pulmones sanos (generalmente de aproximadamente 37 °Celsius y 100 % de humedad relativa). De este modo, los gases respiratorios se pueden calentar y humidificar para mejorar la comodidad y la recuperación del paciente.

De manera similar, existen beneficios clínicos al calentar y humidificar un gas de insuflación suministrado a la cavidad abdominal o peritoneal de un paciente mediante un sistema de insuflación quirúrgica, por ejemplo, durante un procedimiento laparoscópico. El gas de insuflación puede suministrarse desde un cilindro almacenado a temperatura ambiente (por ejemplo, entre aproximadamente 19 y 21 grados Celsius), con una humedad relativa cercana al 0 %. Calentar y humidificar el gas de insuflación puede disminuir el daño celular o la desecación, limitar la formación de adherencias o reducir otros efectos nocivos.

En sistemas de gases medicinales (por ejemplo, sistemas de asistencia respiratoria o sistemas de insuflación quirúrgica), los gases medicinales (gases respiratorios o gas de

insuflación, respectivamente) pueden ser transportados hacia y desde el paciente mediante conductos. Un conducto tiene una pared del tubo que define un lumen para el paso de los gases medicinales. La superficie exterior de la pared del tubo generalmente está expuesta al aire ambiente que rodea la superficie exterior del conducto. El aire ambiente generalmente tiene una temperatura y una humedad relativamente más bajas que el flujo calentado y humidificado de gases medicinales dentro del lumen. En un entorno hospitalario, por ejemplo, una o más de la temperatura y la humedad del aire ambiente se regulan comúnmente mediante sistemas de calefacción, de ventilación y aire acondicionado (HVAC) del hospital para el confort y la calidad del aire. En otros entornos, como el domicilio del paciente, una o más de la temperatura y la humedad del aire ambiente pueden estar reguladas o no reguladas. La temperatura y la humedad del aire ambiente pueden fluctuar ampliamente a lo largo del día y las estaciones, particularmente si no están reguladas.

La diferencia de temperatura entre los gases medicinales y el aire ambiente hace que los gases medicinales calentados y humidificados se enfríen a medida que pasan a lo largo del conducto. Si la temperatura de los gases medicinales cae por debajo del punto de rocío, el vapor de agua en el flujo de gases medicinales se condensará en gotas de agua líquida.

También puede formarse un condensado aguas arriba y aguas abajo del conducto. Por ejemplo, en un sistema de asistencia respiratoria, la alta humedad de los gases respiratorios transportados a un ventilador o máquina de anestesia a través de un conducto espiratorio puede provocar la formación de condensado dentro del ventilador o la máquina de anestesia. El condensado puede acumularse en un filtro o en un sensor de flujo dentro del ventilador o de la máquina de anestesia.

El condensado y otros líquidos pueden drenar en uno o más de los conductos desde otras fuentes, por ejemplo, uno o más de un nebulizador, pieza en Y, soporte de catéter, interfaz del paciente, paciente y similares.

El condensado u otros líquidos acumulados en los conductos u otros componentes del sistema de gases medicinales pueden causar una variedad de problemas, tal como uno o más de:

- lecturas falsas del sensor;
- saturación de filtros;
- 5 • alarmas (por ejemplo, audible y visual);
- daños a la fuente de flujo o a sus componentes (por ejemplo, sensores de flujo);
- 10 • la necesidad de drenaje periódico que pueda interrumpir la cirugía o la terapia; y
- oclusión de la trayectoria del flujo.

15 **BREVE SUMARIO**

En un primer aspecto, un conducto de gases medicinales para su uso en un sistema de gases medicinales comprende: un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales, comprendiendo al menos una parte del tubo alargado un material transpirable que, durante el uso, está configurado para expandirse debido a la absorción de moléculas de agua; y una funda provista alrededor de al menos una parte del tubo alargado, en donde la funda está configurada para restringir, durante el uso, la expansión de al menos una parte del tubo alargado en al menos una de una dirección radial y una dirección longitudinal debido a la absorción de las moléculas de agua por el material transpirable.

En un segundo aspecto, un conducto de gases medicinales para su uso en un sistema de gases medicinales comprende: un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales, estando corrugada al menos una parte del tubo alargado y comprendiendo: un material transpirable que, durante el uso, está configurado para expandirse debido a la absorción de moléculas de agua, y una pluralidad de corrugaciones; y una funda provista alrededor de al menos una parte del tubo alargado y configurada para, durante el uso, restringir la expansión del tubo alargado en al menos una dirección longitudinal del tubo alargado; en donde el tubo alargado está configurado de modo que un paso de la pluralidad de corrugaciones varía durante el uso, en función

de la absorción de moléculas de agua por el material transpirable y de la restricción del tubo alargado por la funda.

5 En un tercer aspecto, un conducto de gases medicinales para su uso en un sistema de gases medicinales comprende: un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales, comprendiendo al menos una parte del tubo alargado un material transpirable que, durante el uso, está configurado para expandirse debido a la absorción de moléculas de agua; y una funda provista alrededor de al menos una parte
10 del tubo alargado, cada extremo de la funda fijado a un extremo correspondiente del tubo alargado, en donde la funda está configurada de modo que una longitud y un diámetro de la funda varían en relación inversa entre sí a medida que el material transpirable se expande debido a la absorción de las moléculas de agua, durante el uso.

15 En un cuarto aspecto, un conducto de gases medicinales para su uso en un sistema de gases medicinales comprende: un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales; una funda provista alrededor de al menos una parte del tubo alargado; y un par de conectores para acoplar neumáticamente el tubo alargado a
20 otros componentes del sistema respiratorio, fijando cada uno del par de conectores un extremo respectivo de la funda en relación con un extremo correspondiente del tubo alargado, y comprendiendo al menos un primer conector del par de conectores una pluralidad de aberturas a través de las cuales se exponen uno o más del tubo alargado y la funda.

25 En un quinto aspecto, un conducto de gases medicinales para su uso en un sistema de gases medicinales comprende: un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales, y una funda provista alrededor de al menos una parte del tubo alargado, en donde la funda está configurada para estar separada al menos
30 parcialmente de un diámetro exterior máximo del tubo alargado cuando el conducto de gases medicinales está en un estado equilibrado.

35 En un sexto aspecto, un conducto de gases medicinales para su uso en un sistema de gases medicinales comprende: un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales, comprendiendo al menos una parte del tubo alargado un material transpirable que, durante el uso, está configurado para expandirse tras la absorción de moléculas de agua; y una funda provista alrededor de al menos una parte

del tubo alargado y configurada para restringir selectivamente la expansión del tubo alargado debido a la absorción de las moléculas de agua, durante el uso; en donde el tubo alargado y la funda están configurados de modo que, en al menos algunas condiciones, una adaptabilidad del conducto de gases medicinales depende de una interacción física entre el tubo alargado y la funda.

En un séptimo aspecto, un conducto de gases medicinales para su uso en un sistema de gases medicinales comprende: un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales, comprendiendo al menos una parte del tubo alargado un material transpirable que, durante el uso, está configurado para expandirse tras la absorción de moléculas de agua; y una funda provista sin apretar alrededor de al menos una parte del tubo alargado; en donde el tubo alargado está configurado para ejercer una tensión circunferencial sobre la funda en al menos algunas condiciones, durante el uso.

En un octavo aspecto, un conducto de gases medicinales para su uso en un sistema de gases medicinales comprende: un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales; y una funda provista alrededor de al menos una parte del tubo alargado, comprendiendo la funda una malla tubular trenzada, comprendiendo la malla tubular trenzada un trenzado biaxial de una pluralidad de elementos de trenzado, estando la pluralidad de elementos de trenzado separados alrededor de una circunferencia de la funda y extendiéndose helicoidalmente alrededor del tubo alargado, y comprendiendo cada uno de la pluralidad de elementos de trenzado un par de filamentos adyacentes.

En un noveno aspecto, un conducto de gases medicinales para su uso en un sistema de gases medicinales comprende un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales, comprendiendo al menos una parte del tubo alargado un material transpirable, al menos una parte del tubo alargado está configurada para absorber entre aproximadamente el 100 % y el 250 %, preferentemente entre aproximadamente el 100 % y el 180 %, más preferentemente entre aproximadamente el 110 % y el 150 %, aún más preferentemente entre aproximadamente el 120 % y el 140 % o entre aproximadamente el 130 % y el 145 %, y aún más preferentemente entre

aproximadamente el 135 % y el 145 %, por ejemplo, aproximadamente el 138 % o el 139 %, de su propia masa seca en moléculas de agua en pruebas de inmersión.

5 En un décimo aspecto, un conducto de gases medicinales para su uso en un sistema de gases medicinales comprende un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales, comprendiendo al menos una parte del tubo alargado un material transpirable, al menos una parte del tubo alargado está configurada para absorber entre aproximadamente el 40 % y el 80 %, preferentemente entre
10 aproximadamente el 40 % y el 60 %, más preferentemente entre aproximadamente el 45 % y el 55 %, y aún más preferentemente entre aproximadamente el 48 % y el 51 %, por ejemplo, aproximadamente el 49 %, de su propia masa seca en moléculas de agua en pruebas de inmersión, y el conducto de gases medicinales no comprende un hilo térmico.

15 En un undécimo aspecto, un conducto de gases medicinales para su uso en un sistema de gases medicinales comprende: un tubo alargado extruido que define un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales, comprendiendo al menos una parte del tubo alargado un material transpirable; y un par de conectores en los extremos respectivos
20 del tubo alargado para acoplar neumáticamente el conducto de gases medicinales con otros componentes del sistema de gases medicinales, comprendiendo al menos uno del par de conectores: un primer componente conector insertado al menos parcialmente dentro del lumen del tubo alargado, y un segundo componente conector sobremoldeado en el primer componente conector y en el tubo alargado.

25 En un duodécimo aspecto, un conducto de gases medicinales para su uso en un sistema de gases medicinales comprende un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales, comprendiendo al menos una parte del tubo alargado un material transpirable, comprendiendo el material transpirable en pruebas de
30 calorimetría diferencial de barrido (DSC) dos puntos de fusión cada uno a temperaturas por encima de aproximadamente 197 °C, preferentemente por encima de aproximadamente 202 °C, más preferentemente por encima de aproximadamente 204 °C, aún más preferentemente por encima de aproximadamente 205 °C y más preferentemente
35 por encima de aproximadamente 206 °C, por ejemplo, a o por encima de una temperatura de aproximadamente 207 °C, en donde el conducto de gases medicinales no comprende un hilo térmico.

En un decimotercer aspecto, un conducto de gases medicinales para su uso en un sistema de gases medicinales comprende un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales, comprendiendo al menos una parte del tubo alargado un material transpirable, comprendiendo el material transpirable en pruebas de calorimetría diferencial de barrido (DSC) tres puntos de fusión, en donde el conducto de gases medicinales no comprende un hilo térmico.

En un decimocuarto aspecto, un conducto de gases medicinales para su uso en un sistema de gases medicinales comprende un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales, comprendiendo al menos una parte del tubo alargado un material transpirable, comprendiendo el material transpirable en pruebas de calorimetría diferencial de barrido (DSC) un punto de fusión más bajo a una temperatura superior a aproximadamente 37 °C, preferentemente superior a aproximadamente 42 °C, más preferentemente superior a aproximadamente 44 °C, más preferentemente superior a aproximadamente 45 °C y aún más preferentemente superior a aproximadamente 46 °C, por ejemplo, a una temperatura de aproximadamente 47 °C.

En un decimoquinto aspecto, un conducto de gases medicinales para su uso en un sistema de gases medicinales comprende un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales, comprendiendo al menos una parte del tubo alargado un material transpirable que, durante el uso, está configurado para expandirse debido a la absorción de moléculas de agua, en donde el conducto de gases medicinales está configurado de modo que el tubo alargado, en al menos un estado acondicionado durante el uso, tiene expansión localizada en una o más de: una región de entrada, comprendiendo la región de entrada hasta aproximadamente el 50 %, preferentemente hasta aproximadamente el 33 %, más preferentemente hasta aproximadamente el 25 %, aún más preferentemente hasta aproximadamente el 20 % y lo más preferentemente hasta aproximadamente el 10 % de una longitud del tubo alargado más cercana a una interfaz de paciente del sistema de gases medicinales; una región de salida, comprendiendo la región de salida hasta aproximadamente el 50 %, preferentemente hasta aproximadamente el 33 %, más preferentemente hasta aproximadamente el 25 %, aún más preferentemente hasta aproximadamente el 20 % y lo más preferentemente hasta aproximadamente el 10 % de la longitud del tubo alargado más cercano a una entrada de retorno de gases de una fuente de gases del sistema de gases medicinales; y una región

intermedia, comprendiendo la región intermedia hasta aproximadamente el 50 %, preferentemente hasta aproximadamente el 33 %, más preferentemente hasta aproximadamente el 25 %, aún más preferentemente hasta aproximadamente el 20 % y lo más preferentemente hasta aproximadamente el 10 % de la longitud del tubo alargado intermedia entre la región de entrada y la región de salida.

El conducto de gases medicinales de uno cualquiera de los aspectos noveno a decimoquinto puede comprender una funda provista alrededor de al menos una parte del tubo alargado.

El conducto de gases medicinales de uno cualquiera de los aspectos cuarto, quinto u octavo puede comprender un tubo alargado que comprende un material transpirable.

Las siguientes características técnicas pueden aplicarse al conducto de gases medicinales de uno cualquiera de los aspectos primero a decimoquinto.

El conducto de gases medicinales puede ser un conducto espiratorio, el sistema de gases medicinales puede ser un sistema de asistencia respiratoria y el flujo de gases medicinales puede ser un flujo de gases respiratorios. O el conducto de gases medicinales puede ser un conducto inspiratorio, el sistema de gases medicinales puede ser un sistema de asistencia respiratoria y el flujo de gases medicinales puede ser un flujo de gases respiratorios. O bien el conducto de gases medicinales puede ser un conducto de descarga, el sistema de gases medicinales puede ser un sistema de insuflación quirúrgica y el flujo de gases medicinales puede ser un flujo de gas de insuflación.

Un diámetro y una longitud de al menos uno, y preferentemente ambos, del tubo alargado y la funda pueden variar temporalmente, durante el uso.

Una longitud y un diámetro de la funda pueden estar configurados para variar en relación inversa a medida que el tubo alargado se expande debido a la absorción de moléculas de agua, durante el uso.

Un gradiente de longitud frente a diámetro de la funda puede estar entre aproximadamente -100 y -20, preferentemente entre aproximadamente -50 y -20, más preferentemente entre aproximadamente -40 y -35 y los más preferentemente de aproximadamente -37. O un gradiente de longitud frente a diámetro de la funda puede

estar entre aproximadamente -75 y -25, preferentemente entre aproximadamente -60 y -40, más preferentemente entre aproximadamente -55 y -45 y los más preferentemente de aproximadamente -52.

5

Un gradiente de longitud frente a diámetro de la funda puede ser sustancialmente lineal entre diámetros de funda de aproximadamente 24 mm y 32 mm.

10

La funda, de forma aislada, puede estar configurada para ajustarse a varillas con diámetros exteriores que oscilan entre aproximadamente 23 mm y 43 mm.

15

La funda puede comprender una pluralidad de aberturas, preferentemente aberturas cuadriláteras, que están configuradas para sufrir una transformación afín a medida que el tubo alargado se expande debido a la absorción de las moléculas de agua por el material transpirable, durante el uso.

20

La funda puede estar configurada para estar al menos parcialmente separada del tubo alargado cuando el conducto de gases medicinales está en al menos uno, y preferentemente ambos, de un estado seco y un estado equilibrado.

25

El tubo alargado y la funda pueden estar configurados de modo que, en al menos una sección transversal a través del conducto de gases medicinales, la funda está separada hacia el exterior de al menos parte de la circunferencia del tubo alargado en uno cualquiera o más de un estado seco, un estado equilibrado y al menos un estado acondicionado, durante el uso.

30

El tubo alargado y la funda pueden estar configurados de modo que el tubo alargado ejerce una tensión circunferencial sobre la funda en al menos un estado acondicionado, durante el uso.

35

El tubo alargado y la funda pueden estar configurados de modo que, en al menos una sección transversal a través del conducto de gases medicinales, la funda entra en contacto con toda la circunferencia del tubo alargado en al menos un estado acondicionado, durante el uso.

El material transpirable puede estar no espumado. O bien el material transpirable puede estar espumado.

El material transpirable puede comprender un copolímero de bloque, preferentemente un copolímero de bloque que comprende uno o más de: segmentos duros de poli(tereftalato de butileno); y segmentos blandos de un macroglicol de tipo éter.

5

El copolímero de bloque puede comprender al menos aproximadamente el 90 %, preferentemente al menos aproximadamente el 92 %, más preferentemente al menos aproximadamente el 95 %, aún más preferentemente al menos aproximadamente el 97 %, por ejemplo, aproximadamente el 97 % o aproximadamente el 98.5 % del material transpirable en uno o más de masa, peso y volumen.

10

El material transpirable puede comprender uno o más aditivos, por ejemplo, uno o más de: un agente espumante, un colorante, un estabilizador de ultravioleta (UV), un absorbente de UV y un coadyuvante de procesamiento. El uno o más aditivos puede comprender hasta aproximadamente el 10 %, preferentemente hasta aproximadamente el 8 %, más preferentemente hasta aproximadamente el 5 % y lo más preferentemente hasta aproximadamente el 3 %, por ejemplo, aproximadamente el 3 % o aproximadamente el 2 % del material transpirable, en uno o más de masa, peso y volumen.

15

20

Al menos una parte del tubo alargado pueden estar configurada para absorber más de aproximadamente el 33 %, más preferentemente entre aproximadamente el 33 % y el 200 %, aún más preferentemente entre aproximadamente el 100 % y el 160 %, aún más preferentemente entre aproximadamente el 120 % y el 140 % y lo más preferentemente entre aproximadamente el 130 % y el 135 %, por ejemplo, aproximadamente el 133 %, de su propia masa seca en moléculas de agua, en pruebas de inmersión.

25

Al menos una parte del tubo alargado puede estar configurada para absorber entre aproximadamente el 45 % y el 250 %, preferentemente entre aproximadamente el 65 % y el 200 %, más preferentemente entre aproximadamente el 75 % y el 175 %, aún más preferentemente entre aproximadamente el 100 % y el 160 %, aún más preferentemente entre aproximadamente el 110 % y el 150 %, aún más preferentemente entre aproximadamente el 120 % y el 140 %, aún más preferentemente entre aproximadamente el 130 % y el 140 % y lo más preferentemente entre aproximadamente el 133 % y el 139 %, por ejemplo, aproximadamente el 139 %, de su propia masa seca en moléculas de agua, en pruebas de inmersión.

30

35

En pruebas de inmersión aisladas de la funda, al menos una parte del tubo alargado puede estar configurada para expandirse en entre aproximadamente el 20 % y el 70 %, preferentemente entre aproximadamente el 25 % y el 50 % y más preferentemente entre aproximadamente el 30 % y el 50 %, por ejemplo, en aproximadamente el 32 %, en uno o más, y preferentemente cada uno, de la dirección radial, la dirección longitudinal y un espesor de pared en pruebas de inmersión.

En pruebas de inmersión aisladas de la funda, al menos una parte del tubo alargado puede estar configurada para expandirse en uno o más, y preferentemente todos, de: entre aproximadamente el 37 % y el 47 %, preferente y aproximadamente el 42 %, en la dirección radial; entre aproximadamente el 32 % y el 42 %, preferente y aproximadamente el 37 %, en la dirección longitudinal; y/o entre aproximadamente el 29 % y el 39 %, preferente y aproximadamente el 34 %, en el espesor de pared.

El conducto de gases medicinales puede comprender un par de conectores en extremos opuestos del conducto de gases medicinales, el par de conectores configurados para acoplar neumáticamente el tubo alargado con otros componentes del sistema de gases medicinales, comprendiendo al menos uno del par de conectores un primer componente conector y un segundo componente conector, en donde los extremos correspondientes del tubo alargado y la funda se fijan entre el primer componente conector y el segundo componente conector.

El primer componente conector puede extenderse dentro del lumen del tubo alargado.

El segundo componente conector puede estar sobremoldeado en uno o más, y preferentemente en todos, del primer componente conector, el tubo alargado y la funda.

El segundo componente conector puede comprender una pluralidad de aberturas, preferentemente entre dos y seis aberturas, por ejemplo, cuatro aberturas, a través de las cuales quedan al descubierto el tubo alargado y la funda.

Un extremo del tubo alargado puede estar dispuesto de manera sustancialmente concéntrica alrededor de una parte del primer componente conector; un extremo de la funda puede estar dispuesto de manera sustancialmente concéntrica alrededor del

extremo del tubo alargado; y el segundo componente conector puede estar dispuesto de manera sustancialmente concéntrica alrededor del extremo de la funda.

5 Al menos uno del primer componente conector y el segundo componente conector puede estar formado, al menos en parte, por uno o más de policarbonato, polipropileno y polietileno.

10 Al menos uno del par de conectores puede estar configurado para impedir o inhibir la expansión del extremo del tubo alargado fijado entre el primer componente conector y el segundo componente conector.

El tubo alargado y la funda pueden no estar fijados entre sí a través del par de conectores.

15 El conducto puede estar configurado de modo que el tubo alargado se estrecha hacia al menos uno, y preferentemente ambos, del par de conectores en al menos un estado acondicionado, durante el uso.

20 El conducto puede estar configurado de modo que la funda se estrecha hacia al menos uno, y preferentemente ambos, del par de conectores en al menos uno de, y preferentemente ambos, un estado equilibrado y un estado acondicionado.

25 El conducto de gases medicinales puede estar configurado de modo que, durante el uso: tras la absorción inicial de moléculas de agua, el tubo alargado está configurado para expandirse de manera relativamente no restringida por la funda y, tras una absorción adicional de moléculas de agua, el tubo alargado está configurado para expandirse de manera relativamente restringida por la funda.

30 El tubo alargado puede estar configurado para expandirse de manera relativamente restringida por la funda tras un uso prolongado.

35 La funda puede estar configurada para: no restringir la expansión del tubo alargado cuando el tubo alargado está en un estado equilibrado, durante el uso; y restringir la expansión del tubo alargado cuando el tubo alargado está en al menos un estado acondicionado, durante el uso.

El conducto de gases medicinales puede estar configurado de modo que, durante el uso: tras la absorción inicial de moléculas de agua, el tubo alargado está configurado para expandirse en la dirección radial de manera relativamente no restringida por la funda y, tras una absorción adicional de moléculas de agua, el tubo alargado está configurado para expandirse adicionalmente en la dirección radial de manera relativamente restringida por la funda.

La funda puede estar configurada para: no restringir la expansión del tubo alargado en la dirección radial cuando el tubo alargado está en un estado equilibrado; y restringir la expansión del tubo alargado en la dirección radial cuando el tubo alargado está en al menos un estado acondicionado, durante el uso.

El conducto de gases medicinales puede estar configurado de modo que, durante el uso: tras la absorción inicial de moléculas de agua, el tubo alargado está configurado para expandirse en la dirección longitudinal de manera relativamente no restringida por la funda; y tras una absorción adicional de moléculas de agua, el tubo alargado está configurado para expandirse en la dirección longitudinal de manera relativamente restringida por la funda.

El conducto de gases medicinales puede estar configurado de modo que, tras la absorción aún adicional de moléculas de agua durante el uso, el tubo alargado está configurado para expandirse en la dirección radial y la funda está configurada para hacer que el conducto de gases medicinales se contraiga al menos parcialmente en la dirección longitudinal.

La funda puede estar configurada para no restringir la expansión del tubo alargado en la dirección longitudinal en un estado equilibrado, y para restringir la expansión del tubo alargado en la dirección longitudinal en al menos un estado acondicionado.

El conducto de gases medicinales puede estar configurado de modo que, durante el uso: tras la absorción inicial de moléculas de agua, el tubo alargado está configurado para expandirse libremente en la dirección radial y en la dirección longitudinal, y tras una absorción adicional de moléculas de agua, el tubo alargado está configurado para acoplarse a la funda y la expansión adicional está restringida en al menos una de la dirección radial y la dirección longitudinal.

La funda puede estar configurada para permitir que el tubo alargado se expanda libremente en la dirección radial y la dirección longitudinal en un estado equilibrado, y está configurada para restringir la expansión del tubo alargado en al menos una de la dirección radial y la dirección longitudinal en al menos un estado acondicionado.

El conducto de gases medicinales puede estar configurado de modo que, durante el uso: tras la absorción inicial de moléculas de agua, el tubo alargado está configurado para expandirse libremente en una dirección radial para acoplarse a una superficie interna de la funda, y tras una absorción adicional de moléculas de agua, el tubo alargado está configurado para expandirse adicionalmente en la dirección radial, haciendo que la funda se expanda en la dirección radial y se restrinja en la dirección longitudinal.

El tubo alargado y la funda pueden estar configurados de modo que la expansión del tubo alargado en la dirección radial hace que el tubo alargado se enganche a la funda, y que la funda se expanda en la dirección radial y se restrinja en la dirección longitudinal.

El tubo alargado puede estar configurado para tener una primera longitud antes del uso, una segunda longitud tras la absorción inicial de moléculas de agua y una tercera longitud tras una absorción adicional de moléculas de agua, en donde la segunda longitud es mayor que la primera longitud y la tercera longitud.

El tubo alargado puede estar configurado para tener una primera longitud en un estado equilibrado, una segunda longitud en al menos un estado acondicionado en el que la expansión radial del tubo alargado no está restringida por la funda y una tercera longitud en al menos otro estado acondicionado en el que la expansión radial del tubo alargado está restringida por la funda, en donde la segunda longitud es mayor que la primera longitud y la tercera longitud.

La tercera longitud puede estar dentro de aproximadamente el 90 % al 110 % de la primera longitud, y preferiblemente es aproximadamente igual a la primera longitud.

El tubo alargado puede comprender una pluralidad de corrugaciones.

El conducto de gases medicinales puede estar configurado de modo que un perfil de cada una de la pluralidad de corrugaciones cambia a medida que el tubo alargado se expande debido a la absorción de moléculas de agua, durante el uso.

La pluralidad de corrugaciones pueden estar definidas cada una en parte por un par de paredes laterales, y el tubo alargado y la funda pueden estar configurados de modo que las paredes laterales se reorienten, preferentemente hacia la dirección radial, a medida que el tubo alargado absorbe moléculas de agua, durante el uso.

Las paredes laterales pueden estar configuradas para reorientarse más allá de una dirección radial a medida que el tubo alargado continúa absorbiendo moléculas de agua.

El conducto de gases medicinales puede estar configurado de modo que el paso de la pluralidad de corrugaciones es sustancialmente uniforme a lo largo de una longitud del tubo alargado cuando el tubo alargado está en al menos uno de un estado seco y un estado equilibrado, y el paso de la pluralidad de corrugaciones varía a lo largo del tubo alargado cuando el tubo alargado está en al menos un estado acondicionado.

El tubo alargado puede comprender una parte de manguito en un extremo del tubo alargado, en donde la parte de manguito no está corrugada.

La funda puede comprender una malla tubular, preferentemente una malla tubular trenzada.

La funda puede comprender un trenzado biaxial de una pluralidad de elementos de trenzado extendiéndose cada uno helicoidalmente alrededor del tubo alargado.

La pluralidad de elementos de trenzado pueden comprender cada uno dos o tres filamentos.

La funda puede comprender al menos uno de: entre aproximadamente 75 y 125 elementos de trenzado, preferentemente entre aproximadamente 90 y 100 elementos de trenzado, por ejemplo, aproximadamente 96 elementos de trenzado; y entre aproximadamente 150 y 250 filamentos, y preferentemente entre aproximadamente 180 y 200 filamentos, por ejemplo, aproximadamente 192 filamentos.

El tubo alargado puede estar configurado para tener: un diámetro sustancialmente uniforme en al menos uno de un estado seco y un estado equilibrado; y un diámetro sustancialmente no uniforme en al menos un estado acondicionado, durante el uso.

El conducto de gases medicinales puede estar configurado de modo que el tubo alargado, en al menos un estado acondicionado durante el uso, tiene expansión localizada en una o más regiones de elevada humedad relativa o volumen de condensado dentro del lumen.

El conducto de gases medicinales puede ser un conducto espiratorio configurado de modo que el tubo alargado, en un estado acondicionado durante el uso, tiene expansión localizada en una o más de: una región de entrada, comprendiendo la región de entrada hasta aproximadamente el 50 %, preferentemente hasta aproximadamente el 33 %, más preferentemente hasta aproximadamente el 25 %, aún más preferentemente hasta aproximadamente el 20 % y lo más preferentemente hasta aproximadamente el 10 % de una longitud del tubo alargado más cercana a una interfaz de paciente del sistema de gases medicinales; una región de salida, comprendiendo la región de salida hasta aproximadamente el 50 %, preferentemente hasta aproximadamente el 33 %, más preferentemente hasta aproximadamente el 25 %, aún más preferentemente hasta aproximadamente el 20 % y lo más preferentemente hasta aproximadamente el 10 % de la longitud del tubo alargado más cercano a una entrada de retorno de gases de una fuente de gases del sistema de gases medicinales; y una región intermedia, comprendiendo la región intermedia hasta aproximadamente el 50 %, preferentemente hasta aproximadamente el 33 %, más preferentemente hasta aproximadamente el 25 %, aún más preferentemente hasta aproximadamente el 20 % y lo más preferentemente hasta aproximadamente el 10 % de la longitud del tubo alargado intermedia entre la región de entrada y la región de salida.

El material transpirable en pruebas de calorimetría diferencial de barrido (DSC) puede comprender un punto de fusión más bajo a una temperatura superior a aproximadamente 37 °C, preferentemente superior a aproximadamente 42 °C, más preferentemente superior a aproximadamente 44 °C, más preferentemente superior a aproximadamente 45 °C y lo más preferentemente superior a aproximadamente 46 °C, por ejemplo, a una temperatura de aproximadamente 47 °C.

El material transpirable en pruebas de DSC puede comprender un punto de fusión más bajo a una temperatura entre aproximadamente 37 °C y 100 °C, preferentemente

entre aproximadamente 40 °C y 60 °C, y más preferentemente entre aproximadamente 40 °C y 50 °C, por ejemplo, a una temperatura de aproximadamente 47 °C.

5 El material transpirable en pruebas de calorimetría diferencial de barrido (DSC) puede comprender un punto de fusión a una temperatura entre aproximadamente 42 °C y 52 °C, preferentemente entre aproximadamente 44 °C y 50 °C, más preferentemente entre aproximadamente 45 °C y 49 °C y aún más preferentemente entre aproximadamente 46 °C y 47 °C, por ejemplo, a una temperatura de aproximadamente 47 °C.

10 El material transpirable en pruebas de calorimetría diferencial de barrido (DSC) puede comprender dos puntos de fusión a temperaturas por encima de aproximadamente 197 °C, preferentemente por encima de aproximadamente 202 °C, más preferentemente por encima de aproximadamente 204 °C, aún más preferentemente por encima de
15 aproximadamente 205 °C y más preferentemente por encima de aproximadamente 206 °C, por ejemplo, a o por encima de una temperatura de aproximadamente 207 °C.

20 El material transpirable en pruebas de calorimetría diferencial de barrido (DSC) puede comprender dos puntos de fusión a temperaturas entre aproximadamente 202 °C y 225 °C, preferentemente entre aproximadamente 204 °C y 223 °C, más preferentemente entre aproximadamente 205 °C y 222 °C y aún más preferentemente entre aproximadamente 206 °C y 221 °C, por ejemplo, a temperaturas de aproximadamente 207 °C y 220 °C.

25 El material transpirable en pruebas de calorimetría diferencial de barrido (DSC) puede comprender dos puntos de fusión con una diferencia de temperatura inferior a aproximadamente 23 °C, preferentemente inferior a aproximadamente 18 °C, más preferentemente inferior a aproximadamente 16 °C, aún más preferentemente inferior a
30 aproximadamente 15 °C y lo más preferentemente inferior a aproximadamente 14 °C, por ejemplo, con una diferencia de temperatura de aproximadamente 13 °C.

35 El material transpirable en pruebas de calorimetría diferencial de barrido (DSC) puede comprender dos puntos de fusión con una diferencia de temperatura de entre aproximadamente 150 °C y 170 °C, preferentemente entre aproximadamente 155 °C y 165 °C, más preferentemente entre aproximadamente 158 °C y 162 °C y aún más

preferentemente entre aproximadamente 159 °C y 161 °C, por ejemplo, una diferencia de temperatura de aproximadamente 160 °C.

5 El material transpirable en pruebas de calorimetría diferencial de barrido (DSC) puede comprender tres puntos de fusión a temperaturas entre aproximadamente 42 °C y 225 °C, más preferentemente entre aproximadamente 44 °C y 223 °C, aún más preferentemente entre aproximadamente 45 °C y 222 °C y lo más preferentemente entre aproximadamente 46 °C y 221 °C.

10 El material transpirable en pruebas de calorimetría diferencial de barrido (DSC) puede comprender punto(s) de fusión a temperatura(s) de al menos uno, y preferiblemente los tres, de: entre aproximadamente 42 °C y 52 °C, preferentemente entre aproximadamente 44 °C y 50 °C, más preferentemente entre aproximadamente 45 °C y 49 °C y aún más preferentemente entre aproximadamente 46 °C y 47 °C, por ejemplo, a una temperatura de aproximadamente 47 °C; entre aproximadamente 202 °C y 212 °C, preferentemente entre aproximadamente 204 °C y 210 °C, más preferentemente entre aproximadamente 205 °C y 209 °C y aún más preferentemente entre aproximadamente 206 °C y 208 °C, por ejemplo, a una temperatura de aproximadamente 207 °C; y entre 15 20 aproximadamente 215 °C y 225 °C, preferentemente entre aproximadamente 217 °C y 223 °C, más preferentemente entre aproximadamente 218 °C y 222 °C y aún más preferentemente entre aproximadamente 219 °C y 221 °C, por ejemplo, a una temperatura de aproximadamente 220 °C.

25 El conducto de gases medicinales puede estar configurado para tener una adaptabilidad inferior a aproximadamente 4 ml/cmH₂O, preferentemente inferior a aproximadamente 2.5 ml/cmH₂O y más preferentemente inferior a aproximadamente 1.2 ml/cmH₂O en al menos un estado acondicionado.

30 El tubo alargado, aislado de la funda, puede estar configurado para tener una adaptabilidad de más de aproximadamente 4 ml/cmH₂O, preferentemente más de 5 ml/cmH₂O, en al menos un estado acondicionado.

35 El conducto de gases medicinales puede estar configurado para tener una resistencia al flujo, en al menos un estado acondicionado, inferior a aproximadamente:

0.06 cmH₂O/l/min a un caudal de 30 l/min; 0.12 cmH₂O/l/min a un caudal de 15 l/min; o 0.74 cmH₂O/l/min a un caudal de 2.5 l/min.

5 El conducto de gases medicinales puede estar configurado para tener un aumento en la resistencia al flujo con flexión inferior al 150 %, inferior al 125 % o inferior al 115 %, por ejemplo, aproximadamente el 113 %, en al menos un estado acondicionado.

10 El conducto de gases medicinales configurado para cumplir con uno o más, y preferentemente todos, de los requisitos de longitud, fugas, resistencia al flujo y adaptabilidad de la norma internacional 5367:2014(E) de la Organización Internacional de Normalización (ISO) en al menos un estado acondicionado.

15 El conducto de gases medicinales puede estar configurado para tener una adaptabilidad inferior a aproximadamente 4 ml/cmH₂O, preferentemente inferior a aproximadamente 2.5 ml/cmH₂O y más preferentemente inferior a aproximadamente 1.2 ml/cmH₂O tras un uso prolongado.

20 El tubo alargado, aislado de la funda, puede estar configurado para tener una adaptabilidad de más de aproximadamente 4 ml/cmH₂O, preferentemente de más de 5 ml/cmH₂O tras un uso prolongado.

25 El conducto de gases medicinales puede estar configurado para tener una resistencia al flujo, tras un uso prolongado, inferior a aproximadamente: 0.06 cmH₂O/l/min a un caudal de 30 l/min; 0.12 cmH₂O/l/min a un caudal de 15 l/min; o 0.74 cmH₂O/l/min a un caudal de 2.5 l/min.

30 El conducto de gases medicinales puede estar configurado para tener un aumento de la resistencia al flujo con la flexión inferior al 150 % tras un uso prolongado.

35 El conducto de gases medicinales puede estar configurado para cumplir con uno o más, y preferentemente todos, de los requisitos de longitud, fugas, resistencia al flujo y adaptabilidad de la norma internacional 5367:2014(E) de la Organización Internacional de Normalización (ISO) tras un uso prolongado.

El tubo alargado y la funda pueden ser flexibles para reducir las fuerzas de arrastre del tubo de una o más de una pieza en Y y una interfaz de paciente del sistema de gases medicinales, durante el uso.

5

El tubo alargado, aislado de la funda, puede ser más flexible en un estado acondicionado que en un estado equilibrado.

10

El conducto de gases medicinales puede comprender un conducto espiratorio, comprendiendo el sistema de gases medicinales un sistema de asistencia respiratoria y comprendiendo el flujo de gases medicinales un flujo de gases respiratorios, en donde el conducto espiratorio puede estar configurado para formarse más de aproximadamente el 80 %, preferentemente más de aproximadamente el 90 % y más preferentemente más de aproximadamente el 95 %, de una longitud total de una rama espiratoria del sistema de asistencia respiratoria, durante el uso.

15

20

El conducto de gases medicinales o el tubo alargado, en un estado equilibrado, puede tener una longitud de: entre aproximadamente 0.8 m y 1.2 m, por ejemplo, aproximadamente 1.0 m; entre aproximadamente 1.0 m y 2.5 m, y preferentemente: entre aproximadamente 1.1 m y 1.4 m y más preferentemente entre aproximadamente 1.2 m y 1.3 m, por ejemplo, aproximadamente 1.25 m; entre aproximadamente 1.4 m y 1.6 m, por ejemplo, aproximadamente 1.5 m; entre aproximadamente 1.5 m y 1.7 m, por ejemplo, aproximadamente 1.6 m; o entre aproximadamente 1.5 m y 1.8 m, por ejemplo, aproximadamente 1.6 m o aproximadamente 1.8 m; o entre aproximadamente 2.2 m y 2.6 m, más preferentemente entre aproximadamente 2.3 m y 2.5 m, por ejemplo, aproximadamente 2.4 m.

25

30

El conducto de gases medicinales puede medir entre aproximadamente 1.1 m y 1.8 m, preferentemente entre aproximadamente 1.2 m y 1.8 m, más preferentemente entre aproximadamente 1.2 m y 1.3 m o entre aproximadamente 1.4 m y 1.6 m o entre aproximadamente 1.5 m y 1.7 m, por ejemplo, aproximadamente 1.2 m o 1.5 m o 1.6 m, en longitud, en un estado equilibrado.

35

Un espesor de pared del tubo alargado, en un estado seco, puede estar entre aproximadamente 0.5 mm y 0.9 mm, preferentemente entre aproximadamente 0.6 mm y 0.8 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0.65 mm y 0.75 mm, aún más

preferentemente entre aproximadamente 0.68 mm y 0.72 mm y lo más preferentemente entre aproximadamente 0.69 mm y 0.71 mm, por ejemplo, aproximadamente 0.70 mm.

5 Un espesor de pared del tubo alargado, en un estado saturado aislado de la funda, puede estar entre aproximadamente 0.7 mm y 1.1 mm, preferentemente entre aproximadamente 0.8 mm y 1.0 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0.85 mm y 0.95 mm, aún más preferentemente entre aproximadamente 0.90 mm y 0.94 mm y lo más preferentemente entre aproximadamente 0.91 mm y 0.93 mm, por ejemplo, 10 aproximadamente 0.92 mm.

 Un diámetro exterior máximo del tubo alargado, en un estado seco, puede estar entre aproximadamente 20 mm y 26 mm, preferentemente entre aproximadamente 21 mm y 25 mm y más preferentemente entre aproximadamente 22 mm y 24 mm, por ejemplo, 15 aproximadamente 23 mm.

 Un diámetro exterior máximo del tubo alargado, en un estado saturado aislado de la funda, puede estar entre aproximadamente 25 mm y 35 mm, preferentemente entre aproximadamente 28 mm y 32 mm y más preferentemente entre aproximadamente 29 mm y 31 mm, por ejemplo, aproximadamente 30 mm. 20

El tubo alargado puede estar extruido.

El tubo alargado puede estar corrugado. 25

El tubo alargado puede estar corrugado y la funda puede estar configurada para estar al menos parcialmente separada de los picos de las corrugaciones del tubo alargado cuando el conducto de gases medicinales está en un estado equilibrado.

30 El conducto de gases medicinales puede no comprender ninguna columna o varilla de refuerzo dentro del lumen.

El material transpirable puede estar configurado para secar al menos parcialmente el flujo de gases medicinales a medida que pasan a lo largo del lumen, durante el uso.

35 El al menos un estado acondicionado puede comprender un estado acondicionado simulado.

El sistema de gases medicinales puede comprender una pieza en Y y una fuente de gases, el conducto de gases medicinales configurado para acoplarse directamente a cada uno de: una salida de la pieza en Y; y una entrada de retorno de gases de la fuente de gases o un filtro acoplado directamente a la entrada de retorno de gases.

El conducto de gases medicinales puede no comprender ningún colector de agua o disposición para un colector de agua.

El conducto de gases medicinales puede estar configurado para su uso como o en una rama espiratoria del sistema de gases medicinales, en donde la rama espiratoria no comprende un colector de agua.

El conducto de gases medicinales puede no comprender ningún hilo térmico.

Otras características técnicas pueden resultar fácilmente evidentes para un experto en la materia a partir de las siguientes figuras, descripciones y reivindicaciones.

En un decimosexto aspecto, un kit de circuito de respiración para su uso en un sistema de asistencia respiratoria comprende: un conducto inspiratorio; una pieza en Y; y un conducto espiratorio, comprendiendo al menos uno del conducto inspiratorio y el conducto espiratorio el conducto de gases medicinales de acuerdo con uno cualquiera de los aspectos primero o decimoquinto.

El kit de circuito de respiración puede comprender una cámara de humidificación.

El kit de circuito de respiración puede comprender uno cualquiera o más de: un conducto de suministro del humidificador; una interfaz del paciente; un filtro; una válvula de alivio de presión; un regulador de presión; y un soporte de catéter.

El kit de circuito de respiración puede no comprender: hilo térmico asociado al conducto de gases medicinales; y/o colector de agua asociado al conducto de gases medicinales.

En un decimoséptimo aspecto, un kit de circuito de insuflación comprende: un conducto de descarga que comprende el conducto de gases medicinales de uno cualquiera de los aspectos primero a decimoquinto; y un filtro de descarga.

El kit de circuito de insuflación puede comprender uno cualquiera o más de: un conducto de suministro del insuflador; un adaptador; un conducto de suministro del humidificador; un filtro de gas de insuflación; una cámara de humidificación; un embudo; un conducto de entrega; una cánula quirúrgica; un difusor; y un conducto de descarga adicional.

En un decimoctavo aspecto, un sistema de asistencia respiratoria para su uso para proporcionar terapia respiratoria a un paciente comprende: una fuente de gases configurada para suministrar un flujo de gases respiratorios; un humidificador configurado para calentar y humidificar el flujo de gases respiratorios; un conducto de suministro del humidificador configurado para transportar el flujo de gases respiratorios desde una salida de la fuente de gases hasta una entrada del humidificador; un conducto inspiratorio configurado para transportar el flujo de gases respiratorios desde una salida del humidificador hasta una entrada de una pieza en Y o una interfaz del paciente para su suministro al paciente; y un conducto espiratorio configurado para transportar el flujo de gases medicinales desde una salida de la pieza en Y o la interfaz del paciente hasta una entrada de retorno de gases de la fuente de gases o un filtro en la entrada de retorno de gases; comprendiendo al menos uno del conducto inspiratorio y el conducto espiratorio el conducto de gases medicinales de uno cualquiera de los aspectos primero o decimoquinto.

El sistema de asistencia respiratoria puede no comprender: hilo térmico asociado al conducto de gases medicinales; y/o colector de agua asociado al conducto de gases medicinales.

En un aspecto decimonoveno, un sistema de insuflación quirúrgica configurado para suministrar un gas de insuflación a una cavidad corporal de un paciente comprende: un insuflador configurado para suministrar un flujo de gas de insuflación; un humidificador configurado para calentar y humidificar el flujo de gas de insuflación; un conducto de suministro del humidificador configurado para transportar el flujo de gas de insuflación desde una salida del insuflador hasta una entrada del humidificador; un conducto de entrega configurado para transportar el flujo de gas de insuflación desde una salida del humidificador hasta una entrada de una cánula quirúrgica para su suministro a la cavidad corporal del paciente; y un conducto de descarga configurado para transportar el flujo de

gas de insuflación y humo quirúrgico fuera de la cavidad corporal del paciente, el conducto de descarga que comprende el conducto de gases medicinales de uno cualquiera de los aspectos primero a decimoquinto.

5

En un vigésimo aspecto, un método para formar un conducto para su uso en el transporte de gases medicinales comprende: proporcionar una funda alrededor de un tubo alargado, definiendo el tubo alargado un lumen para el paso de un flujo de gases medicinales; sujetar un primer extremo de la funda a un primer extremo del tubo alargado; y sobremoldear un conector en el primer extremo de la funda y en el primer extremo del tubo alargado para fijar el conector, la funda y el tubo alargado juntos.

10

15

La etapa de sobremoldear el conector puede comprender: insertar un primer componente conector al menos parcialmente en el lumen de la pared del tubo alargado en el primer extremo del tubo alargado; y sobremoldear un segundo componente conector alrededor del primer componente conector, el primer extremo de la funda y el primer extremo del tubo alargado.

20

El método puede comprender una etapa de moldeo por inyección del primer componente conector antes de insertar el primer componente conector al menos parcialmente en el primer extremo del tubo alargado.

25

La etapa de sujetar el primer extremo de la funda al primer extremo del tubo alargado puede comprender posicionar el primer extremo de la funda y el primer extremo del tubo alargado dentro de una herramienta de moldeo, comprendiendo la herramienta de moldeo una pluralidad de protuberancias que enganchan y sujetan la funda al tubo alargado.

30

La pluralidad de protuberancias puede formar una pluralidad de aberturas en el conector tras el sobremoldeo del conector, en donde la funda queda al descubierto a través de la pluralidad de aberturas.

35

El método puede comprender las etapas de: sujetar un segundo extremo de la funda a un segundo extremo del tubo alargado; y sobremoldear un segundo conector en el segundo extremo de la funda y en el segundo extremo del tubo alargado para fijar el segundo conector, el segundo extremo de la funda y el segundo extremo del tubo alargado juntos.

El método puede comprender una etapa de contracción de la funda en una dirección longitudinal, de modo que el segundo extremo de la funda recubre el segundo extremo del tubo alargado, antes de sujetar el segundo extremo de la funda al segundo extremo del tubo alargado.

El método puede comprender una etapa de extrusión del tubo alargado.

El método puede comprender una etapa de corrugación del tubo alargado.

El método puede comprender una etapa de cortar el tubo alargado a partir de una extrusión tubular.

El método puede comprender una etapa de corte de la funda a una longitud de funda predeterminada a partir de una longitud de revestimiento, en donde la longitud de funda predeterminada se selecciona de modo que la funda esté al menos parcialmente separada del tubo alargado en una dirección radial cuando la funda está provista alrededor del tubo alargado y la funda se deforma hasta una longitud del tubo alargado.

La funda puede comprender una malla tubular, preferentemente una malla tubular trenzada.

La funda puede comprender al menos uno de: entre aproximadamente 75 y 125 elementos de trenzado de monofilamento o multifilamento, preferentemente entre aproximadamente 90 y 100 elementos de trenzado, por ejemplo, aproximadamente 96 elementos de trenzado; y entre aproximadamente 150 y 250 filamentos, y preferentemente entre aproximadamente 180 y 200 filamentos, por ejemplo, aproximadamente 192 filamentos. O la funda puede comprender al menos uno de: entre aproximadamente 40 y 60 elementos de trenzado de monofilamento o multifilamento, preferentemente entre aproximadamente 45 y 55 elementos de trenzado, por ejemplo, aproximadamente 48 elementos de trenzado; y entre aproximadamente 120 y 180 filamentos, y preferentemente entre aproximadamente 135 y 165 filamentos, por ejemplo, aproximadamente 144 filamentos.

El tubo alargado puede comprender un material transpirable, preferentemente un copolímero de bloque y más preferentemente un copolímero de bloque que comprende:

segmentos duros de poli(tereftalato de butileno); y segmentos blandos de un macroglicol de tipo éter.

5 El método puede no comprender ninguna etapa de proporcionar al menos uno, y preferentemente ambos, de un hilo térmico y un colector de agua al conducto.

10 En un vigésimo primer aspecto, un conducto se puede formar mediante el método del vigésimo aspecto, en donde el tubo alargado puede estar configurado para expandirse tras la absorción de moléculas de agua y la funda está configurada para restringir selectivamente la expansión del tubo alargado, durante el uso.

15 En un vigésimo segundo aspecto, un conducto para un sistema de asistencia respiratoria comprende: un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases respiratorios, comprendiendo el tubo alargado un material que es permeable a las moléculas de agua y que se expande debido a la absorción de moléculas de agua; y una funda provista alrededor del tubo alargado; en donde la funda está configurada para restringir la expansión del tubo alargado debido a la absorción de moléculas de agua en al menos una de una dirección radial y una dirección longitudinal.

20 En un vigésimo tercer aspecto, un conducto para un sistema de asistencia respiratoria comprende: un tubo corrugado que define un lumen para el paso de un flujo de gases respiratorios, comprendiendo el tubo corrugado una pluralidad de corrugaciones y un material que es permeable a las moléculas de agua y se expande debido a la absorción de moléculas de agua; y una funda provista alrededor del tubo corrugado y configurada para restringir la expansión del tubo corrugado en al menos una dirección longitudinal del tubo corrugado, durante el uso; en donde el tubo corrugado está configurado de modo que un paso de la pluralidad de corrugaciones varía durante el uso, en función de la absorción de moléculas de agua por el tubo corrugado y de la restricción del tubo corrugado por la funda.

35 En un vigésimo cuarto aspecto, un conducto para un sistema de asistencia respiratoria comprende: un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases respiratorios, comprendiendo el tubo alargado un material que es permeable a las moléculas de agua y que se expande debido a la absorción de moléculas de agua; y una funda provista alrededor del tubo alargado, cada extremo de la funda fijado a un extremo

correspondiente del tubo alargado, y la funda está configurada de modo que una longitud y un diámetro de la funda varían en relación inversa entre sí.

5 En un vigésimo quinto aspecto un conducto para un sistema de asistencia respiratoria, comprende: un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases respiratorios; una funda provista alrededor del tubo alargado; y un par de conectores para acoplar neumáticamente el tubo alargado a otros componentes del sistema respiratorio, fijando cada uno del par de conectores un extremo respectivo de la
10 funda con un extremo correspondiente del tubo alargado, y comprendiendo al menos un primer conector del par de conectores una pluralidad de aberturas a través de las cuales quedan al descubierto el tubo alargado y la funda.

15 En un vigésimo sexto aspecto, un conducto para un sistema de asistencia respiratoria comprende un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases respiratorios, comprendiendo el tubo alargado un material permeable a las moléculas de agua, en donde el tubo alargado es capaz de absorber más de aproximadamente el 33 % de su propia masa en moléculas de agua en pruebas de
20 inmersión, y el conducto no comprende al menos uno de un hilo térmico y un colector de agua.

25 En un vigésimo séptimo aspecto, un conducto para un sistema de asistencia respiratoria comprende: un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases respiratorios; y una funda provista alrededor del tubo alargado; en donde la funda está configurada para estar al menos parcialmente separada del tubo alargado en una dirección radial.

30 En un vigésimo octavo aspecto, un conducto para su uso en un sistema de asistencia respiratoria comprende: un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases respiratorios, comprendiendo el tubo alargado un material que es permeable a las moléculas de agua y que se expande tras la absorción de moléculas de agua; y una funda provista alrededor del tubo alargado; en donde una adaptabilidad del conducto en al menos algunas condiciones de operación depende de una interacción
35 física entre el tubo alargado y la funda.

En un vigésimo noveno aspecto, un conducto para su uso en un sistema de asistencia respiratoria comprende: un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases respiratorios, comprendiendo el tubo alargado un material que es permeable a las moléculas de agua; y un par de conectores en los extremos respectivos del tubo alargado para acoplar de manera fluida el conducto con otros componentes del sistema de asistencia respiratoria, comprendiendo al menos uno del par de conectores un primer componente conector insertado al menos parcialmente dentro del lumen en uno de los respectivos extremos del tubo alargado, y un segundo componente conector sobremoldeado en el primer componente conector y en el tubo alargado.

En un trigésimo aspecto, un sistema de asistencia respiratoria comprende: una fuente de gases configurada para generar gases de respiración presurizados; un humidificador configurado para calentar y humidificar los gases de respiración presurizados; un conducto seco configurado para transportar los gases de respiración presurizados desde una salida de la fuente de gases hasta una entrada del humidificador; un conducto inspiratorio configurado para transportar los gases de respiración presurizados desde una salida del humidificador hasta una entrada de una pieza en Y para su suministro a un paciente; y un conducto espiratorio configurado para transportar los gases de respiración espirados desde una salida de la pieza en Y hasta una entrada de retorno de gases de la fuente de gases; en donde el conducto espiratorio puede comprender el conducto de uno cualquiera de los aspectos vigésimo primero a vigésimo noveno.

En un trigésimo primer aspecto, un método para formar un conducto para su uso en un sistema de asistencia respiratoria comprende: proporcionar una funda alrededor de un tubo alargado que define un lumen para el paso de un flujo de gases respiratorios; sujetar un primer extremo de la funda a un primer extremo del tubo alargado; y sobremoldear un conector en el primer extremo de la funda y en el primer extremo del tubo alargado para fijar el conector, la funda y el tubo alargado juntos.

En un trigésimo segundo aspecto se puede formar un conducto mediante el método del trigésimo primer aspecto, en donde el tubo alargado está configurado para expandirse tras la absorción de moléculas de agua y la funda está configurada para restringir selectivamente la expansión del tubo alargado.

Otros aspectos y características técnicas pueden resultar fácilmente evidentes para un experto en la materia a partir de las siguientes figuras, descripciones y reivindicaciones.

5

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para identificar fácilmente la descripción de cualquier elemento o acción particular, la cifra o cifras más significativas en un número de referencia se refieren al número de la figura en la que se presenta ese elemento por primera vez. Los mismos números de referencia se utilizan en diferentes dibujos y con referencia a diferentes ejemplos para referirse a características similares.

10

15

Se describen ejemplos en detalle a continuación con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

La FIG. 1 es una ilustración esquemática de un sistema de asistencia respiratoria que puede incluir un conducto de acuerdo con la presente divulgación.

20

La FIG. 2 es una ilustración esquemática de un sistema de asistencia respiratoria alternativo que puede incluir un conducto de acuerdo con la presente divulgación.

La FIG. 3 es un diagrama detallado de un humidificador de ejemplo que puede utilizarse en el sistema de asistencia respiratoria de la FIG. 2.

25

La FIG. 4 es una ilustración esquemática de un sistema CPAP de burbuja que puede incluir un conducto de acuerdo con la presente divulgación.

30

La FIG. 5 es una ilustración esquemática de un sistema CPAP de burbuja alternativo que puede incluir un conducto de acuerdo con la presente divulgación.

La FIG. 6 es una ilustración esquemática de un sistema de insuflación quirúrgica que puede incluir un conducto de acuerdo con la presente divulgación.

35

La FIG. 7 es una ilustración esquemática de un conducto de ejemplo de acuerdo con la presente divulgación, en corte parcial.

La FIG. 8 es una ilustración esquemática detallada isométrica de un extremo de un conducto de ejemplo de acuerdo con la presente divulgación.

5 La FIG. 9 es una ilustración esquemática detallada lateral de un extremo de un conducto de ejemplo de acuerdo con la presente divulgación.

La FIG. 10 es una ilustración esquemática detallada lateral en despiece ordenado de un extremo de un conducto de ejemplo de acuerdo con la presente divulgación.

10 La FIG. 11 es una ilustración esquemática detallada lateral en sección transversal de un extremo de un conducto de ejemplo de acuerdo con la presente divulgación.

15 La FIG. 12 es una ilustración esquemática detallada isométrica en despiece ordenado de un extremo de un conducto de ejemplo de acuerdo con la presente divulgación.

La FIG. 13 es una ilustración esquemática detallada isométrica del tubo alargado y la funda de un conducto de ejemplo de acuerdo con la presente divulgación.

20 La FIG. 14 es una ilustración esquemática detallada lateral del tubo alargado y la funda de un conducto de ejemplo de acuerdo con la presente divulgación.

La FIG. 15 es una ilustración esquemática en sección transversal final del tubo alargado y la funda de un conducto de ejemplo de acuerdo con la presente divulgación.

25 La FIG. 16 es una ilustración esquemática detallada lateral en sección transversal del tubo alargado y la funda de un conducto de ejemplo de acuerdo con la presente divulgación.

30 La FIG. 17 es un gráfico de los resultados de la prueba de calorimetría diferencial de barrido (DSC) para el material transpirable de un conducto de acuerdo con la presente divulgación.

35 La FIG. 18 es una ilustración esquemática detallada de la funda de un conducto de ejemplo de acuerdo con la presente divulgación, con el conducto en un estado equilibrado.

La FIG. 19 es una ilustración esquemática detallada de la funda de la FIG. 18, con el conducto en un estado acondicionado.

5 La FIG. 20 es un gráfico de los gradientes de longitud frente a diámetro de una selección de fundas de malla tubular trenzada que pueden usarse en conductos de acuerdo con la presente divulgación.

10 La FIG. 21 ilustra esquemáticamente cambios en el estado del tubo alargado de un conducto de ejemplo de acuerdo con la presente divulgación, debido a la absorción de moléculas de agua y la presurización, sin la funda (en la FIG. 21 (a)-(d)) y con la funda (en la FIG. 21 (e)-(h)).

15 La FIG. 22 es una ilustración esquemática detallada en sección transversal del perfil de una corrugación de un conducto de ejemplo de acuerdo con la presente divulgación, en un estado equilibrado.

20 La FIG. 23 es una ilustración esquemática detallada en sección transversal del conducto de la FIG. 22, en un estado acondicionado.

25 La FIG. 24 es una ilustración esquemática detallada en sección transversal de una parte de un tubo alargado de un conducto de ejemplo de acuerdo con la presente divulgación, en un estado equilibrado.

30 La FIG. 25 es una ilustración esquemática detallada en sección transversal del tubo alargado de la FIG. 24, en un estado acondicionado sin una funda.

35 La FIG. 26 es una ilustración esquemática detallada en sección transversal del tubo alargado de la FIG. 24 y la FIG. 25, en un estado acondicionado cuando está restringido por una funda (no mostrada).

La FIG. 27 es una ilustración esquemática de un sistema de asistencia respiratoria que incluye un conducto espiratorio de acuerdo con la presente divulgación, durante el uso.

La FIG. 28 es un diagrama de flujo de un método de ejemplo para fabricar un conducto de acuerdo con la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Descripción general del sistema

5 La presente tecnología se refiere a conductos de gases medicinales que tienen una aplicación particular en una variedad de diferentes sistemas de gases medicinales, por ejemplo, sistemas de asistencia respiratoria y sistemas de insuflación quirúrgica, algunos ejemplos de los cuales se dan a continuación.

10 **Sistema de asistencia respiratoria**

 Haciendo referencia a la FIG. 1, se muestra en un corte parcial un primer ejemplo de sistema de asistencia respiratoria 100 para proporcionar terapia de ventilación no invasiva (VNI). El sistema de asistencia respiratoria 100 tiene una fuente de gases 102, un conducto de suministro del humidificador 104, un humidificador 106, un conducto inspiratorio 108, una pieza en Y 110, una interfaz de paciente 112 y un conducto espiratorio 114.

20 La fuente de gases 102 en el ejemplo ilustrado puede ser un ventilador de arrastre de ambiente con un generador de presión 116, tal como un soplador. El generador de presión 116 aspira aire ambiente hacia la fuente de gases 102 a través de la entrada de gas 118 y lo presuriza por encima de la presión ambiente para generar un suministro de gases respiratorios. El aire ambiente puede complementarse con otros gases, como el oxígeno suplementario (no mostrado).

 La fuente de gases 102 puede tener un controlador de fuente de gases 120 que controla el funcionamiento del generador de presión 116. El control puede basarse en entradas recibidas desde una o más de las interfaces de usuario 122 y uno o más sensores (no mostrados).

 En otros ejemplos, la fuente de gases 102 puede tener una bomba de desplazamiento positivo, como una bomba de fuelle, o puede recibir gases respiratorios de una fuente remota (es decir, un ventilador no de arrastre de ambiente). El controlador de fuente de gases 120 puede controlar la presión de los gases respiratorios suministrados al paciente controlando una válvula solenoide proporcional, por ejemplo.

La ventilación mecánica puede variar desde proporcionar presión y flujo suplementario para ayudar a un paciente que respira espontáneamente ("soporte respiratorio") hasta el control total de cada respiración ("sostenimiento vital").

5

Para pacientes adultos, los gases respiratorios pueden ser suministrados al paciente y devueltos a la fuente de gases, por ejemplo, ventilador, con caudales de hasta 120 litros por minuto (l/min), por ejemplo, dentro del rango de aproximadamente 30 a 80 l/min. Los gases respiratorios pueden ser suministrados al paciente y devueltos a la fuente de gases, por ejemplo, ventilador, a presiones de hasta aproximadamente 6 kilopascales (kPa) (aproximadamente 60 cmH₂O).

10

Para pacientes neonatales o pediátricos, los gases respiratorios pueden suministrarse al paciente y devolverse a la fuente de gases a caudales de entre aproximadamente 0.5 y 60 l/min. El caudal preciso puede depender de la terapia y del peso del paciente. Los gases respiratorios pueden ser suministrados al paciente y devueltos a la fuente de gases a presiones de hasta unos 6 kPa (aproximadamente 60 cmH₂O).

15

Los componentes del sistema de asistencia respiratoria, por ejemplo, los conductos, pueden probarse y etiquetarse para su uso a presiones más altas, por ejemplo, 8 kPa (aproximadamente 80 cmH₂O).

20

Los pacientes que reciben ventilación mecánica pueden estar conectados al sistema de asistencia respiratoria durante más de 24 horas y, dependiendo del estado del paciente, incluso meses o de forma permanente.

25

En otro ejemplo, la fuente de gases 102 puede ser una máquina de anestesia. Para aplicaciones de anestesia, el sistema de asistencia respiratoria puede suministrar una mezcla de gases respiratorios y un agente anestésico al paciente, por ejemplo, para sedar al paciente y dejarlo inconsciente para la cirugía. La mezcla de gases anestésicos puede administrarse al paciente a velocidades de flujo de hasta aproximadamente 20 l/min o, para ciertas aplicaciones de "bajo caudal", hasta aproximadamente 10 l/min. La mezcla de gases anestésicos puede administrarse a presiones de hasta aproximadamente 6 kPa. Pero las presiones suelen ser más bajas que las de la ventilación mecánica. La máquina de anestesia puede incluir un sistema de reinhalación que suministra gases a un paciente

30

35

a través de un conducto inspiratorio y devuelve los gases espirados a la máquina de anestesia a través de un conducto espiratorio. La máquina de anestesia y el circuito de respiración generalmente forman un ciclo cerrado para evitar que el agente anestésico se escape al ambiente. Normalmente no será necesario que los pacientes estén conectados a la máquina de anestesia durante más de 24 horas. La mayoría de los pacientes que reciben agentes anestésicos estarían conectados al circuito de respiración durante mucho menos de 24 horas. Los pacientes que reciben agentes anestésicos pueden ser monitoreados continuamente por un anestesista durante la duración de la anestesia.

La fuente de gases 102 suministra gases respiratorios al humidificador 106 a través de la salida de fuente de gases 124 y el conducto de suministro del humidificador 104. En el ejemplo ilustrado, el humidificador 106 puede ser un humidificador de paso (calentado) activo. Una cámara de humidificación 126 puede ubicarse encima de un calentador de cámara 128, o estar de otro modo en contacto térmico con el calentador de cámara 128. La cámara de humidificación 126 puede acoplarse de forma extraíble con el calentador de cámara 128. Se calienta un volumen de agua dentro de la cámara de humidificación 126 para vaporizar agua en el espacio libre de la cámara de humidificación 126. Los gases respiratorios se reciben desde el conducto de suministro del humidificador 104 en una entrada a la cámara de humidificación 126. Los gases respiratorios pueden pasar a través del espacio de cabeza de la cámara de humidificación 126, recogiendo el vapor de agua, a una salida de la cámara de humidificación 126.

El calentador de cámara 128 puede estar controlado por un controlador del humidificador 130 basándose en las entradas de uno o más de una interfaz de usuario 132 y uno o más sensores para lograr un nivel deseado de uno o más de calentamiento y humidificación de los gases respiratorios.

En algunos ejemplos, la cámara de humidificación 126 puede tener una válvula de flotador (no mostrada) para reponer automáticamente el depósito de agua desde una bolsa de agua esterilizada (no mostrada). El humidificador 106 puede ser un F&P 810™, 820™, 850™ o 950™ Heated Humidifier disponible en Fisher & Paykel Healthcare Limited de Auckland, Nueva Zelanda, por ejemplo. La cámara de humidificación 126 puede incluir un tubo de alimentación de agua y una boquilla de agua (no mostrada) para el acoplamiento de fluido con la bolsa de agua estéril.

El controlador del humidificador 130 del humidificador 106 puede controlar la temperatura del calentador de cámara 128. El calentador de cámara 128 se puede controlar de modo que los gases respiratorios humidificados sean recibidos por el paciente a, o cerca de, una temperatura y humedad predeterminadas. En el caso de un paciente que recibe ventilación invasiva, se evita la vía aérea superior del paciente y los gases respiratorios pueden administrarse al paciente a una temperatura de aproximadamente 37 °C y una humedad relativa de aproximadamente el 100 %. En el caso de un paciente que recibe ventilación no invasiva, los gases respiratorios pueden administrarse a las vías respiratorias superiores del paciente a una temperatura de aproximadamente 31 °Celsius y una humedad relativa del 70 %. Los gases respiratorios pueden calentarse y humidificarse aún más a través de las vías respiratorias superiores del paciente para llegar a los pulmones del paciente a una temperatura de aproximadamente 37 °C y una humedad relativa de aproximadamente el 100 %.

Una o más de las temperaturas y humedades deseadas de los gases respiratorios se pueden ajustar utilizando la interfaz de usuario 132. Como alternativa o adicionalmente, el humidificador 106 y la fuente de gases 102 pueden estar en comunicación electrónica entre sí, por lo que las configuraciones del humidificador 106 se pueden ver y/o ajustar desde la fuente de gases 102, o viceversa. El controlador del humidificador 130 puede recibir señales de uno o más sensores para proporcionar control de ciclo abierto o cerrado de una o más de la temperatura y humedad de los gases respiratorios.

En otros ejemplos, el humidificador 106 puede ser un humidificador de paso (no calentado) pasivo, un intercambiador de calor y humedad (HME), un humidificador nebulizador o un humidificador que suministra un flujo controlado continuo o periódico de un líquido de humidificación a un elemento calefactor para una vaporización instantánea o casi instantánea.

El sistema de asistencia respiratoria 100 de la FIG. 1 ilustra la fuente de gases 102 y el humidificador 106 como dispositivos separados. En otros ejemplos, la fuente de gases 102 y el humidificador 106 pueden estar integrados entre sí. En tales ejemplos, el conducto de suministro del humidificador 104 puede ser, o incluir, conductos internos dentro de la carcasa del dispositivo integrado. Las funciones del controlador de fuente de gases 120 y del controlador del humidificador 130 pueden ser realizadas por un solo

controlador o por un sistema de control distribuido. De manera similar, la interfaz de usuario 122 y la interfaz de usuario 132 pueden ser reemplazadas por una única interfaz de usuario que puede recibir entradas para el control tanto del generador de presión 116 como del calentador de cámara 128.

Haciendo referencia todavía al sistema de asistencia respiratoria 100 de ejemplo de la FIG. 1, los gases respiratorios son transportados desde el humidificador 106 hacia el paciente mediante un conducto inspiratorio 108 flexible. En algunos ejemplos, el conducto inspiratorio 108 puede tener una longitud de aproximadamente 1.0 metros (m) a aproximadamente 2.5 m. En algunos ejemplos, el conducto inspiratorio 108 puede tener una longitud de aproximadamente 1.5 m a 1.8 m, por ejemplo, aproximadamente 1.6 m o 1.8 m. En algunos ejemplos, por ejemplo, para aplicaciones de anestesia, el conducto inspiratorio 108 puede tener una longitud de aproximadamente 2.2 m a 2.6 m, por ejemplo, aproximadamente 2.4 m.

El conducto inspiratorio 108 puede estar corrugado. En algunos ejemplos, por ejemplo, para un paciente adulto, el conducto inspiratorio 108 corrugado puede tener un diámetro exterior máximo (es decir, el diámetro del conducto inspiratorio 108 cuando se mide con respecto a las superficies exteriores en un pico de una corrugación) de aproximadamente 20 milímetros (mm) a 30 mm, o aproximadamente 23 mm a 25 mm, por ejemplo, aproximadamente 24 mm. En otros ejemplos, por ejemplo, para un paciente neonatal o pediátrico, el diámetro exterior máximo puede ser de aproximadamente 10 mm a 20 mm, o de aproximadamente 14 mm a 16 mm, por ejemplo, aproximadamente 15 mm. El conducto inspiratorio 108 también puede tener una superficie interior corrugada. En otros ejemplos, el conducto inspiratorio 108 puede tener una superficie interior sustancialmente lisa (por ejemplo, no corrugada).

El conducto inspiratorio 108 puede tener un hilo térmico 134 (ilustrado solo en parte, para mayor claridad). El hilo térmico 134 se puede enrollar alrededor del exterior de la pared del tubo, se puede incrustar dentro de la pared del tubo o se puede ubicar en el lumen del conducto inspiratorio 108, por ejemplo. El hilo térmico 134 puede ser alimentado por el humidificador 106. El hilo térmico 134 puede ser controlado por el controlador del humidificador 130 para mitigar la pérdida de calor de los gases respiratorios a medida que pasan a lo largo del conducto inspiratorio 108. En algunos

ejemplos, el hilo térmico 134 puede mantener, o en algunos casos aumentar, la temperatura de los gases respiratorios a medida que pasan a lo largo del conducto inspiratorio 108.

5

En algunos ejemplos, el conducto inspiratorio 108 puede tener una estructura compuesta formada por dos o más componentes enrollados alrededor del lumen en forma de espiral. Un primer componente enrollado en espiral puede ser un cuerpo hueco alargado, y un segundo componente enrollado en espiral puede ser un componente estructural alargado. Los componentes primero y segundo enrollados en espiral pueden estar enrollados en una configuración de doble hélice. Los hilos de calefacción y/o de detección pueden incrustarse en el componente estructural alargado. El conducto inspiratorio 108 puede tener un conector con una placa de circuito impreso (PCB). Los hilos de calefacción y/o detección se pueden conectar a la PCB. Se divulgan más detalles de diseño y fabricación de dichos conductos en las publicaciones de patentes de los Estados Unidos números 2015/0306333, 2017/0100556, 2019/0076620 y 2022/0355059, todas asignadas a Fisher & Paykel Healthcare Ltd, cuyo contenido individual se incorpora por referencia en su totalidad en el presente documento.

10

15

20

Las sondas de sensor 136 pueden insertarse de manera extraíble en aberturas en el extremo del paciente y en el extremo del humidificador del conducto inspiratorio 108. Las sondas de sensor 136 pueden incluir uno o más de sensores de temperatura, de humedad y de flujo, por ejemplo. Los cables de sensor 138 pueden conectar las sondas de sensor 136 al humidificador 106, de modo que las señales de las sondas de sensor 136 puedan usarse como entradas en los algoritmos de control para uno o más del generador de presión 116, calentador de cámara 128 e hilo térmico 134. En otros ejemplos, los sensores pueden estar integrados en uno o más del humidificador 106 y del conducto inspiratorio 108. En algunos ejemplos, uno o más de los cables de sensor 138 pueden estar incrustados en la pared del tubo o ubicados en el lumen. En algunos ejemplos, uno o más sensores pueden estar integrados en el conducto inspiratorio 108.

25

30

35

El conducto inspiratorio 108 puede estar provisto de conectores en extremos opuestos para establecer y mantener conexiones neumáticas respectivas con una salida de la cámara de humidificación 126 y una entrada de la pieza en Y 110. En algunos ejemplos, por ejemplo, para un paciente adulto, los conectores pueden ser cada uno un

adaptador con un conector cónico de 22 mm. Los conectores pueden tener una conicidad de 1:40 que cumpla con la norma ISO 5356-1:2015 de la Organización Internacional de Normalización (Anaesthetic and respiratory equipment — Conical connectors — Part 1: Cones and sockets). En otros ejemplos, por ejemplo, para un paciente neonatal o pediátrico, los conectores pueden ser cualquiera de un conector cónico macho con conicidad de 15 mm, un conector cónico hembra con conicidad de 15 mm, un conector cónico macho con conicidad de 12 mm, un conector cónico hembra con conicidad de 12 mm y una combinación de dos cualesquiera de los mismos.

En algunos ejemplos, el conector en el extremo del humidificador del conducto inspiratorio 108 puede tener un receptáculo para recibir la sonda de sensor 136. En algunos ejemplos, el conector en el extremo del humidificador del conducto inspiratorio 108 puede tener un receptáculo para establecer una conexión eléctrica entre el humidificador 106 y el hilo térmico 134. En otros ejemplos, el humidificador 106 y el conector pueden tener contactos eléctricos integrados correspondientes de modo que los cuales se puedan establecer conexiones neumáticas y eléctricas en una sola acción al conectar físicamente el conducto inspiratorio 108 al humidificador 106.

Los gases respiratorios se suministran a través del conducto inspiratorio 108 a la pieza en Y 110 adyacente, o cerca del paciente. La pieza en Y 110 acopla de manera fluida el conducto inspiratorio 108 (a través de la entrada de la pieza en Y), la interfaz de paciente 112 (a través de una entrada/salida del paciente de la pieza en Y) y el conducto espiratorio 114 (a través de una salida de la pieza en Y). Se debe tener en cuenta que si bien las tres ramas (entrada, salida y entrada/salida del paciente) de la pieza en Y 110 en este ejemplo forman una Y, el término no pretende limitarse a esta configuración particular.

En algunos ejemplos, se puede proporcionar un conducto de interfaz (no mostrado) entre la entrada/salida del paciente de la pieza en Y 110 y la interfaz de paciente 112.

En otros ejemplos, la interfaz de paciente 112 puede tener una pieza en Y integrada o una entrada y salida separadas para la conexión del conducto inspiratorio 108 y el conducto espiratorio 114, respectivamente. En tales ejemplos, la pieza en Y 110 separada puede omitirse del sistema.

La interfaz de paciente 112 en el ejemplo ilustrado es una máscara nasal adecuada para la ventilación no invasiva mediante el suministro de gases respiratorios humidificados a las fosas nasales del paciente. En otros ejemplos, la interfaz de paciente 112 puede ser cualquier interfaz de paciente invasiva o no invasiva.

Algunos ejemplos de interfaces de pacientes no invasivas incluyen:

- mascarillas faciales totales, sellando alrededor de los ojos, nariz y boca del paciente;
- máscaras faciales completas, sellando alrededor de la nariz y boca del paciente;
- mascarillas nasales, sellando alrededor de la nariz del paciente;
- mascarillas nasales compactas, sellando con una parte inferior de la nariz del paciente alrededor de las fosas nasales;
- interfaces de almohadillas nasales, sellando cada una de las fosas nasales del paciente;
- sellado de cánulas nasales, sellando el interior de cada una de las fosas nasales del paciente;
- cánulas nasales sin sellar, extendiéndose hacia las fosas nasales del paciente sin ocluir los conductos nasales;
- mascarillas bucales, sellando alrededor de la boca del paciente;
- máscaras híbridas, combinando una mascarilla nasal compacta, interfaz de almohadilla nasal o cánulas nasales con una máscara oral; y
- combinaciones de los anteriores (como cánulas nasales con una máscara facial completa).

Algunos ejemplos de interfaces de pacientes invasivas incluyen:

- tubos endotraqueales, y

- tubos de traqueotomía.

Los gases expirados por el paciente y cualquier exceso de gases respiratorios de la fuente de gases 102 no inspirados por el paciente, son recibidos por el conducto espiratorio 114 desde la pieza en Y 110. El conducto espiratorio 114 transporta los gases respiratorios a la entrada de retorno de gases 140 de la fuente de gases 102.

El conducto espiratorio 114 puede tener conectores en extremos opuestos para establecer y mantener conexiones neumáticas respectivas con una salida de la pieza en Y 110 y una fuente de gases 102 (o un filtro opcional intermedio entre el conducto espiratorio 114 y la entrada de retorno de gases 140). En algunos ejemplos, por ejemplo, para un paciente adulto, los conectores pueden ser cada uno un adaptador con un conector cónico de 22 mm, por ejemplo, un conector hembra con conicidad de 22 mm. Los conectores pueden tener una conicidad 1:40 cumpliendo con la norma ISO 5356-1:2015. En otros ejemplos, por ejemplo, para un paciente neonatal o pediátrico, los conectores pueden ser cualquiera de un conector macho con conicidad de 15 mm, conector cónico hembra con conicidad de 15 mm, conector macho con conicidad de 12 mm, conector cónico hembra con conicidad de 12 mm y una combinación de dos cualesquiera de los mismos.

Dado que los gases inspirados y espirados por el paciente son humidificados por el humidificador 106 y, para ventilación no invasiva, las vías respiratorias superiores del paciente, los gases recibidos por el conducto espiratorio 114 pueden tener una humedad relativa tan alta como el 100 % (es decir, saturación).

El conducto espiratorio 114 no tiene necesariamente un hilo térmico. Se pueden obtener ventajas omitiendo el hilo térmico del conducto espiratorio 114, como se describe con más detalle a continuación. Pero en algunos ejemplos, el conducto espiratorio 114 puede estar provisto de un hilo térmico. En tales ejemplos, el hilo térmico se puede enrollar alrededor del exterior de la pared del tubo, se puede incrustar en la pared del tubo o se puede ubicar en el lumen del conducto inspiratorio 114.

El conducto espiratorio 114 en este ejemplo tampoco tiene, ni prevé, un colector de agua.

El conducto espiratorio 114 en algunos ejemplos puede tener una longitud de aproximadamente 1.0 m a 2.5 m, o de aproximadamente 1.4 m a 1.6 m, por ejemplo, alrededor de 1.5 m. En algunos ejemplos, el conducto espiratorio 114 puede tener una longitud de aproximadamente 1.5 m a 1.7 m, por ejemplo, aproximadamente 1.6 m. En otros ejemplos, por ejemplo, para aplicaciones de anestesia, el conducto espiratorio 114 puede tener una longitud de aproximadamente 2.3 m a 2.5 m, por ejemplo, aproximadamente 2.4 m. En otros ejemplos, el conducto espiratorio 114 puede tener una longitud de aproximadamente 1.1 m a 1.4 m, o de aproximadamente 1.2 m a 1.3 m, por ejemplo, aproximadamente 1.25 m.

El conducto espiratorio 114 puede estar corrugado. En algunos ejemplos, por ejemplo, para un paciente adulto, el conducto espiratorio 114 corrugado puede tener un diámetro exterior máximo (es decir, el diámetro del conducto espiratorio 114 cuando se mide con respecto a las superficies exteriores en un pico de una corrugación) de aproximadamente 20 mm a 30 mm, o aproximadamente 23 mm a 25 mm, por ejemplo, aproximadamente 24 mm. En otros ejemplos, por ejemplo, para un paciente neonatal o pediátrico, el conducto espiratorio 114 corrugado puede tener un diámetro exterior máximo de aproximadamente 10 mm a 20 mm, o de aproximadamente 14 mm a 16 mm, por ejemplo, aproximadamente 15 mm. El conducto espiratorio 114 puede tener una superficie interior corrugada. En otros ejemplos, el conducto espiratorio 114 puede tener una superficie interior sustancialmente lisa (por ejemplo, no corrugada).

En otros ejemplos, el conducto espiratorio 114 puede estar enrollado en espiral.

En algunos ejemplos, uno o más del conducto inspiratorio 108 y el conducto espiratorio 114 pueden tener un elemento de identificación. El elemento de identificación puede ser una resistencia, un condensador o un circuito integrado (CI), por ejemplo. El elemento de identificación puede permitir que uno o más del humidificador 106 y la fuente de gases 102 identifiquen el conducto. En algunos ejemplos, uno o más del humidificador 106 y la fuente de gases 102 pueden ajustar automáticamente uno o más parámetros de terapia en función de la identificación del conducto. En algunos ejemplos, el elemento de identificación puede permitir la identificación del tipo (por ejemplo, modelo) del conducto. En algunos ejemplos, el elemento de identificación puede comunicarse con el humidificador 106 o la fuente de gases 102 a través de una conexión cableada. En otros

ejemplos, el elemento de identificación puede configurarse para comunicarse de forma inalámbrica, por ejemplo, utilizando identificación por radiofrecuencia (RFID).

5 Se puede proporcionar un filtro (no mostrado) entre el conducto espiratorio 114 y la entrada de retorno de gases 140. En algunos ejemplos, un filtro puede proporcionarse, adicionalmente, o como alternativa, dentro de la fuente de gases 102.

10 El conducto de suministro del humidificador 104, la cámara de humidificación 126, conducto inspiratorio 108, la pieza en Y 110 y el conducto espiratorio 114 forman juntos un circuito de respiración. Más específicamente, esta configuración particular forma un circuito de respiración 142 de doble rama.

15 El conducto de suministro del humidificador 104, la cámara de humidificación 126 y el conducto inspiratorio 108 forman una rama inspiratoria 144 del circuito de respiración 142. La rama inspiratoria 144 se extiende desde la salida de la fuente de gases 102 hasta la pieza en Y 110.

20 El conducto espiratorio 114 en este ejemplo forma una rama espiratoria 146 del circuito de respiración 142. La rama espiratoria 146 se extiende desde la pieza en Y 110 (o, en algunos casos, directamente desde la interfaz de paciente 112) hasta la entrada de retorno de gases 140 de la fuente de gases 102 (o, en algunos casos, el filtro en la entrada de retorno de gases 140).

25 La pieza en Y 110 puede considerarse parte de uno o ambos de la rama inspiratoria 144 y la rama espiratoria 146.

30 En algunos ejemplos, como se muestra en la FIG. 1, el conducto espiratorio 114 puede formar la totalidad de la rama espiratoria 146 (excluyendo la pieza en Y 110). En otros ejemplos, la rama espiratoria también puede incluir uno o más de un filtro y un segundo conducto espiratorio conectado de extremo a extremo con el conducto espiratorio 114. En algunos ejemplos, el conducto espiratorio 114 puede formar una mayoría sustancial, por ejemplo, más de aproximadamente el 80 %, más de aproximadamente el 90 % o más de aproximadamente el 95 %, de la longitud de la rama espiratoria 146.

35 El conducto espiratorio 114 puede definir la totalidad de la trayectoria de flujo desde la pieza en Y 110 (o, en algunos casos, la interfaz del paciente 112) hasta la entrada de

retorno de gases 140 de la fuente de gases 102 (o, en algunos casos, el filtro opcional). Es decir, es posible que no sea necesario ningún otro conducto en la rama espiratoria del circuito de respiración.

5

Con la posible excepción de partes del conducto espiratorio 114 cubiertas inadvertidamente o temporalmente por las extremidades de un paciente, ropa, ropa de cama o similares durante el uso, la totalidad del conducto espiratorio 114 estará generalmente expuesta al aire ambiente del entorno circundante, por ejemplo, una habitación de hospital.

10

La tecnología de la presente divulgación es particularmente adecuada para su uso como conducto espiratorio 114 del sistema de asistencia respiratoria 100.

15

En algunos ejemplos, la tecnología de la presente divulgación puede ser adecuada, como alternativa o adicionalmente, para su uso como conducto inspiratorio 108. En un procedimiento anestésico, por ejemplo, la mitigación del condensado dentro del conducto inspiratorio 108 puede ser una prioridad mayor que mantener una humedad relativa del 100 % de los gases respiratorios suministrados al paciente.

20

La FIG. 2 ilustra otro ejemplo de sistema de asistencia respiratoria 200 que proporciona terapia VNI. Al igual que el sistema de asistencia respiratoria 100, el sistema de asistencia respiratoria 200 tiene una fuente de gases 102, un conducto de suministro del humidificador 104, un humidificador 106, un conducto inspiratorio 108, una pieza en Y 110, una interfaz de paciente 112 y un conducto espiratorio 114. Salvo lo descrito a continuación o lo que resulte evidente de los dibujos, el sistema de asistencia respiratoria 200 es similar al sistema de asistencia respiratoria 100 de la FIG. 1 y la descripción del sistema de asistencia respiratoria 100 pretende aplicarse igualmente al sistema de asistencia respiratoria 200.

25

30

En algunos ejemplos, los hilos térmicos 134, 202 pueden estar provistos tanto en el conducto inspiratorio 108 como en el conducto espiratorio 114. Pero en algunos ejemplos, al menos se puede omitir el hilo térmico 202 en el conducto espiratorio 114.

35

El hilo térmico 202 en el conducto espiratorio 114 puede estar enrollado alrededor del exterior de la pared del tubo, incrustado dentro de la pared del tubo o ubicado en el lumen del conducto espiratorio 114, por ejemplo.

El hilo térmico 202 espiratorio puede alimentarse por el humidificador 106. El hilo térmico 202 puede ser controlado por el controlador del humidificador 130 para mitigar la pérdida de calor de los gases respiratorios a medida que pasan a lo largo del conducto espiratorio 114. En algunos ejemplos, el hilo térmico 202 se puede controlar para aumentar, mantener, o en algunos casos disminuir, la temperatura de los gases respiratorios a medida que pasan a lo largo del conducto espiratorio 114.

Un sensor 204 (por ejemplo, uno o más de un sensor de temperatura, de humedad y de flujo) puede estar integrado dentro del conducto inspiratorio 108, en un conector del conducto inspiratorio 108. Uno o más de los sensores 204 pueden estar conectados eléctricamente con el humidificador 106 mediante hilos sensores incrustados dentro de la pared del tubo o provistos dentro del lumen del conducto inspiratorio 108.

El conducto inspiratorio 108 puede tener un conector electroneumático 206 con contactos eléctricos integrados. El conector electroneumático 206 puede configurarse para establecer conexiones tanto neumáticas como eléctricas con el humidificador 106 en una sola acción al conectar físicamente el conector al humidificador 106. Esto puede evitar la necesidad de las sondas de sensor 136 extraíbles y los cables de sensor 138 del sistema de asistencia respiratoria 100 que se muestra en la FIG. 1.

El humidificador 106 puede tener una sonda de sensor 136 (oculta en la FIG. 2) en o adyacente a una salida de la cámara de humidificación 126, tal y como se describe en más detalle con respecto a la FIG. 3.

La fuente de gases 102 en este ejemplo tiene una entrada de gases suplementarios 208 para el suministro de gases suplementarios, como el oxígeno suplementario, al paciente.

La tecnología de la presente divulgación es particularmente adecuada para su uso como conducto espiratorio 114 del sistema de asistencia respiratoria 200. En algunos ejemplos, por ejemplo, para procedimientos anestésicos, puede ser adecuada como alternativa o adicionalmente para su uso como conducto inspiratorio 108.

La FIG. 3 ilustra en detalle un humidificador 106 de ejemplo que puede utilizarse en el sistema de asistencia respiratoria 200. También se muestran (en parte) el conducto de suministro del humidificador 104 y el conducto inspiratorio 108.

El humidificador 106 representado en la FIG. 3 es un humidificador respiratorio F&P 950™ disponible en Fisher & Paykel Healthcare. El humidificador 106 ilustrado tiene una base calefactora 302 y una cámara de humidificación 126 extraíble y reemplazable. La base calefactora 302 puede tener un calentador de cámara 128 (oculto en la FIG. 3), una interfaz de usuario 132 y un controlador (no mostrado). El humidificador 106 también puede tener un cartucho 304 extraíble y reemplazable.

La interfaz de usuario 132 en este ejemplo puede incluir una pantalla táctil 306 (es decir, para recibir información de, y proporcionar información a, un usuario). La interfaz de usuario 132 también puede incluir uno o más de un interruptor 308 y una luz indicadora 310. El interruptor 308 puede ser mecánico (por ejemplo, pulsador o interruptor de palanca) o eléctrico controlado por tacto (por ejemplo, capacitivo). El interruptor 308 puede ser un botón de encendido/espera. La luz indicadora 310 se puede utilizar para indicar cuando ocurre una condición de falla. La luz indicadora 310 puede ser un diodo emisor de luz (LED). La luz indicadora 310 puede tener cualquier forma o formato adecuado (por ejemplo, una barra, un círculo, un rectángulo, un cuadrado, el perímetro de la pantalla táctil 306, etc.). La luz indicadora 310 puede iluminarse selectivamente en un solo color (por ejemplo, rojo, amarillo o verde), o en dos o más colores diferentes (por ejemplo, amarillo y rojo) para indicar diferentes condiciones de falla de prioridad.

La cámara de humidificación 126 puede ser recibida de forma extraíble por la base calefactora 302, en contacto térmico con el calentador de cámara 128 (oculto debajo de la cámara de humidificación 126 en la FIG. 3).

El cartucho 304 puede alojar componentes electrónicos. La electrónica puede incluir uno o más sensores. Los sensores en el cartucho 304 pueden detectar una o más propiedades de los gases respiratorios que fluyen a través de la cámara de humidificación 126 durante el uso. Los sensores pueden estar dispuestos en una o más sondas de sensor 136 (ocultas) que sobresalen del cartucho. La sonda de sensor 136 puede sobresalir a través de una abertura en una o más de la entrada y salida de la cámara de humidificación, durante el uso. La abertura puede cerrarse mediante un sello elastomérico. El sello elastomérico puede deformarse elásticamente mediante la sonda de sensor 136 cuando la cámara de humidificación 126 es recibida por la base calefactora 302.

El cartucho 304 puede tener un conector eléctrico que realiza una conexión eléctrica con la base calefactora 302 para comunicación (por ejemplo, comunicación en serie) con el controlador. El cartucho 304 puede tener un microcontrolador acoplado comunicativamente con el(los) sensor(es) y el controlador.

Durante el uso, el extremo de salida del conducto de suministro del humidificador 104 está acoplado neumáticamente con la entrada de la cámara de humidificación 126. El conector electroneumático 206 del conducto inspiratorio 108 está acoplado eléctricamente con el cartucho 304 y acoplado neumáticamente con la salida de la cámara de humidificación 126 para transportar el flujo humidificado de gases hacia el paciente. El conector electroneumático 206 puede realizar una conexión liberable y bloqueable con una o más de la cámara de humidificación 126 y el cartucho 304. El conector electroneumático 206 puede tener un botón de liberación 312. El botón de liberación 312 puede accionarse para facilitar la desconexión del conector electroneumático 206 del humidificador 106.

El conector electroneumático 206 puede configurarse de modo que pueda acoplarse física y neumáticamente con la cámara de humidificación 126 antes de que la cámara de humidificación 126 se instale en la base calefactora 302. El conector electroneumático 206 puede configurarse de modo que pueda realizar una conexión eléctrica con el humidificador 106 a medida que la cámara de humidificación 126 se instala en la base calefactora 302 en un movimiento deslizante (por ejemplo, en una dirección horizontal).

Como alternativa o adicionalmente, el conector electroneumático 206 puede estar configurado de modo que pueda acoplarse física y neumáticamente con la cámara de humidificación 126 cuando ya está instalado en la base calefactora 302, y conectarse física y eléctricamente con el humidificador 106 de manera sustancialmente simultánea, por ejemplo, en una sola acción.

El conducto inspiratorio 108 en un ejemplo puede tener una superficie interna sustancialmente lisa. El conducto inspiratorio 108 puede tener una menor resistencia al flujo que un tubo corrugado equivalente y, en consecuencia, puede tener un diámetro interior relativamente más pequeño (en comparación con el diámetro interior mínimo de un tubo corrugado). Por ejemplo, el conducto inspiratorio 108 en este ejemplo puede tener

un diámetro interior sustancialmente uniforme de aproximadamente 15 mm a 19 mm, por ejemplo, aproximadamente 17 mm, para pacientes adultos o de aproximadamente 10 mm a 14 mm, por ejemplo, aproximadamente 12 mm, para pacientes neonatales o pediátricos. En algunos ejemplos, el conducto inspiratorio 108 puede estar enrollado en espiral.

El conector electroneumático 206 puede tener terminales eléctricos acoplados respectivamente con al menos uno de un par de hilos sensores y un par de hilos térmicos 134 (ocultos en la FIG. 3). Uno o más de los hilos sensores y los hilos térmicos 134 pueden estar incrustados dentro de la pared del tubo del conducto inspiratorio 108. Los hilos sensores y los hilos térmicos 134 pueden formar respectivos circuitos de detección y de calentamiento.

El conector electroneumático 206 puede tener terminales eléctricos acoplados eléctricamente con un elemento de identificación, por ejemplo, una resistencia, incrustados dentro del conector electroneumático 206. El controlador del humidificador 106 puede configurarse para identificar el tipo de conducto inspiratorio 108 acoplado con el humidificador 106, por ejemplo, aplicando un voltaje a través de los terminales eléctricos respectivos y midiendo una corriente a través de la resistencia. Una resistencia de, por ejemplo, aproximadamente 100 ohmios (Ω) pueden indicar al controlador que un primer tipo de conducto inspiratorio 108, por ejemplo, un conducto para adultos, está conectado al humidificador 106, y una resistencia de, por ejemplo, aproximadamente 200 Ω pueden indicar al controlador que un segundo tipo de conducto inspiratorio 108, por ejemplo, un conducto para neonatos, está conectado al humidificador 106.

En otros ejemplos, el conector electroneumático 206 puede tener un elemento de identificación que comprende un CI con una memoria no transitoria configurada para almacenar datos de identificación, como se ha descrito anteriormente.

Los terminales eléctricos del conector electroneumático 206 pueden configurarse para realizar una conexión eléctrica con terminales correspondientes en el cartucho 304. Por lo tanto, las bases calefactoras 302 existentes pueden modernizarse con un cartucho de reemplazo 304 que puede incluir uno o más de terminales electrónicos y eléctricos adicionales para proporcionar una nueva funcionalidad al humidificador 106. De manera similar, el humidificador 106 puede estar retroadaptado con un cartucho de reemplazo 304 para compatibilidad con conductos inspiratorios alternativos, si fuese necesario. Como

alternativa, los terminales eléctricos del conector electroneumático 206 y los cartuchos 304 pueden disponerse de modo que los terminales "centrales" seleccionados establezcan conexiones eléctricas con los terminales correspondientes de dos o más cartuchos diferentes, mientras que los terminales o almohadillas "opcionales" establecen conexiones eléctricas solo con terminales o almohadillas específicas de cartuchos seleccionados configurados para hacer uso de esas conexiones.

En un extremo distal (es decir, extremo del paciente, no mostrado en la FIG. 3) del conducto inspiratorio 108, un sensor, por ejemplo, un sensor de temperatura, puede estar acoplado eléctricamente al par de hilos de detección, formando un circuito de detección. Los hilos térmicos pueden estar acoplados eléctricamente entre sí, formando un circuito de calefacción. De manera similar, se pueden acoplar eléctricamente hilo(s) o conductor(es) adicionales en el extremo distal del tubo, si es preciso.

El humidificador 106, por ejemplo, el cartucho 304 puede tener un receptáculo o cable integrado configurado para la conexión al conducto espiratorio 114, por ejemplo, para suministrar energía al hilo térmico 202 espiratorio opcional (no mostrado en la FIG. 3).

Haciendo referencia a la FIG. 4, se muestra otro ejemplo de sistema de asistencia respiratoria 400, esta vez en forma de un sistema CPAP de burbuja que proporciona terapia CPAP de burbuja (presión positiva continua en las vías respiratorias).

Salvo lo descrito a continuación y lo mostrado en los dibujos, el sistema de asistencia respiratoria 400 de la FIG. 4 puede ser similar a los sistemas de asistencia respiratoria 100, 200 de la FIG. 1 y la FIG. 2, respectivamente.

Los gases suministrados al paciente pueden ser aire ambiente, oxígeno, una mezcla de ambos, o una mezcla de aire ambiente y otro(s) gas(es) auxiliar(es). Los gases pueden incluir medicamentos. Los medicamentos pueden añadirse mediante nebulización. En este ejemplo, la fuente de gases 102 puede ser, o incluir, una fuente de pared, por ejemplo, en un hospital. El flujo de gases suministrado al paciente en el sistema de asistencia respiratoria 400 puede suministrarse a un caudal sustancialmente constante.

Para pacientes neonatales o pediátricos, los gases respiratorios en un sistema CPAP de burbuja pueden administrarse al paciente a un caudal de aproximadamente 2

litros por kilogramo por minuto (l/kg/min). En algunos ejemplos, el caudal puede estar comprendido entre aproximadamente 1 l/min y 15 l/min, entre aproximadamente 4 l/min y 15 l/min, o entre aproximadamente 6 l/min y 8 l/min. Los gases respiratorios pueden administrarse al paciente a presiones de entre aproximadamente 3 cmH₂O y 10 cmH₂O.

El sistema de asistencia respiratoria 400 puede tener un regulador de presión 402. En el ejemplo ilustrado, el regulador de presión 402 tiene forma de burbujeador.

El burbujeador puede configurarse para contener un volumen de líquido 404, por ejemplo, agua. El burbujeador puede tener una sonda de entrada 406 ajustable configurada para extenderse dentro del burbujeador para su inmersión en el líquido 404. La sonda de entrada 406 puede configurarse para acoplarse neumáticamente con el conducto espiratorio 114. El burbujeador puede actuar como un regulador de presión al ventilar gases del sistema de asistencia respiratoria 400 cuando la presión excede un nivel deseado. Esto puede mantener la presión promedio o media en el nivel objetivo. El nivel de presión objetivo se puede ajustar sumergiendo la sonda de entrada 406 a una profundidad deseada dentro del líquido 404.

Un problema potencial con el condensado en el circuito de respiración de un sistema CPAP de burbuja es que al menos parte del condensado puede drenar hacia el burbujeador. Esto puede aumentar el volumen del líquido 404 en el burbujeador, aumentando la profundidad de la sonda de entrada 406. Esto, a su vez, puede aumentar la presión positiva al final de la espiración (PEEP) por encima del nivel objetivo, durante el uso.

Durante el uso, los gases escapan de un extremo terminal de la sonda de entrada 406 y burbujan hacia la superficie del líquido 404. Este burbujeo puede provocar pequeñas fluctuaciones en la presión de los gases. Estas fluctuaciones pueden tener beneficios terapéuticos para el paciente.

El sistema de asistencia respiratoria 400 puede tener una válvula de alivio de presión 408 para ventilar el exceso de gases cuando la presión excede un nivel seleccionado.

El sistema de asistencia respiratoria 400 de ejemplo proporciona otro ejemplo de un circuito de respiración 142 de doble rama. El término "circuito" no pretende exigir que

el circuito de respiración deba formar necesariamente un ciclo cerrado, aunque puede que así sea al menos en algunos ejemplos. La rama inspiratoria 144 también puede incluir la válvula de alivio de presión 408 opcional. La rama espiratoria 146 también puede incluir el regulador de presión 402.

Haciendo referencia a la FIG. 5, se muestra otro ejemplo de un sistema de asistencia respiratoria 500, nuevamente en forma de un sistema CPAP de burbuja. Excepto como se describe a continuación, el sistema de asistencia respiratoria 500 de la FIG. 5 puede ser similar al sistema de asistencia respiratoria 400 de la FIG. 4.

En este ejemplo, la fuente de gases 102 incluye un generador de flujo, por ejemplo, un soplador 502. El soplador 502 puede incluir un motor eléctrico que impulsa un impulsor para presurizar el aire ambiente para generar un suministro de gases respiratorios. El uso de un generador de flujo para generar el flujo de gases puede permitir que el sistema de asistencia respiratoria 500 proporcione terapia CPAP de burbuja sin la necesidad de una fuente de pared. La fuente de gases 102 puede incluir una fuente de energía de batería para el soplador 502. La fuente de alimentación de la batería puede permitir que el sistema de asistencia respiratoria 500 proporcione terapia, al menos temporalmente, sin conexión de la fuente de gases 102 a una toma de corriente con un cable de alimentación, por ejemplo, mientras un paciente es trasladado entre salas del hospital.

El generador de flujo puede aspirar aire ambiente para suministrarlo al paciente. El sistema de asistencia respiratoria 500 puede ser más sencillo y más económico de utilizar, ya que no requiere un depósito de gas ni una fuente de gas, por ejemplo, una fuente de pared. El uso de un generador de flujo para presurizar aire ambiente abundante puede eliminar el riesgo de agotar un suministro de gases. El agotamiento del suministro de gases puede interrumpir la terapia al paciente.

La fuente de gases 102 y el humidificador 106 pueden integrarse como un único dispositivo de terapia respiratoria 504. En algunos ejemplos, la fuente de gases 102 y el humidificador 106 pueden compartir un único alojamiento 506. La cámara de humidificación 126 puede extraerse del alojamiento 506 para su sustitución o recarga. En otros ejemplos, el alojamiento 506 puede estar formado por un alojamiento de generador de flujo separado y un alojamiento del humidificador que pueden unirse entre sí para formar un dispositivo de terapia respiratoria 504 integrado.

El conducto de suministro del humidificador 104 puede ser, o incluir, conductos dentro del alojamiento 506.

El dispositivo de terapia respiratoria 504 puede incluir una entrada de gas 118. La entrada de gas 118 puede recibir aire ambiente del entorno que rodea al dispositivo de terapia respiratoria 504. La entrada de gas 118 puede incluir un filtro para filtrar el aire ambiente.

El dispositivo de terapia respiratoria 504 puede tener una entrada de gases suplementarios (no mostrada) para recibir un gas suplementario, por ejemplo, oxígeno, o gases que se suministrarán al paciente. El dispositivo de terapia respiratoria 504 puede tener un mezclador de gases para mezclar el aire ambiente y el gas suplementario. El controlador puede configurarse para controlar la concentración del gas suplementario suministrado al paciente, por ejemplo, utilizando una válvula proporcional (no mostrada).

La fuente de gases 102 y el humidificador 106 pueden compartir un único controlador (no mostrado) que controla el funcionamiento de uno cualquiera o más del calentador de cámara 128, el hilo térmico 134, el soplador 502 y la válvula proporcional.

En algunos ejemplos, el conducto espiratorio 114 no tiene ningún hilo térmico. En otros ejemplos, el conducto espiratorio 114 puede tener un hilo térmico. En algunos ejemplos, el conducto espiratorio 114 no tiene ningún colector de agua. En algunos ejemplos, el conducto espiratorio 114 no tiene ni un hilo térmico ni un colector de agua.

La tecnología de la presente divulgación es particularmente adecuada para su uso en el conducto espiratorio 114 del sistema de asistencia respiratoria 400.

Uno o más del conducto inspiratorio 108 y el conducto espiratorio 114 de cada uno de los sistemas de asistencia respiratoria 100, 200, 400, 500 (y otros) de ejemplo pueden venderse individualmente o empaquetarse y venderse como parte de un kit de circuito de respiración. El kit de circuito de respiración puede incluir combinaciones de dos cualesquiera o más del:

- conducto de suministro del humidificador 104;
- cámara de humidificación 126;

- conducto inspiratorio 108;
- pieza en Y 110;
- 5 • interfaz de paciente 112;
- montaje de catéter;
- conducto espiratorio 114;
- 10 • filtro;
- válvula de alivio de presión 408;
- regulador de presión 402; y
- 15 • otros accesorios, como un conducto de presión y uno o varios adaptadores de conector.

20 En algunos ejemplos, el kit de circuito de respiración puede incluir el conducto inspiratorio 108, pieza en Y 110 y conducto espiratorio 114. El kit de circuito de respiración puede incluir opcionalmente uno o más de los otros componentes enumerados anteriormente, por ejemplo, la cámara de humidificación 126.

25 En algunos ejemplos, el kit de circuito de respiración puede incluir el conducto de suministro del humidificador 104, conducto inspiratorio 108, pieza en Y 110, conducto espiratorio 114 y filtro. El kit de circuito de respiración también puede incluir la cámara de humidificación 126. El kit de circuito de respiración puede incluir opcionalmente uno o más de los otros componentes enumerados anteriormente.

30 En otros ejemplos, el kit de circuito de respiración puede incluir el conducto de suministro del humidificador 104, conducto inspiratorio 108, conducto espiratorio 114 y regulador de presión 402. El regulador de presión 402 puede ser un burbujeador. El kit de circuito de respiración también puede incluir opcionalmente una o más de la cámara de humidificación 126 y la válvula de alivio de presión 408. El kit de circuito de respiración
35 puede incluir opcionalmente uno o más de los otros componentes enumerados anteriormente.

En algunos ejemplos, el kit del circuito de respiración puede estar parcial, o totalmente, premontado. El premontaje del circuito de respiración puede facilitar una configuración más rápida del circuito de respiración. El premontaje puede reducir el riesgo de errores de conexión, por ejemplo, transposición del conducto inspiratorio 108 y del conducto espiratorio 114.

En algunos ejemplos, el kit de circuito de respiración puede estar empaquetado junto, por ejemplo, en una bolsa de plástico cerrada. Varios kits de circuitos de respiración, por ejemplo, 10 kits de circuitos de respiración, pueden empaquetarse juntos, por ejemplo, en una caja de cartón.

Sistema de insuflación quirúrgica

Haciendo referencia a la FIG. 6, se muestra un sistema de insuflación quirúrgica 600. El sistema de insuflación quirúrgica 600 puede estar configurado para suministrar un gas de insuflación a una cavidad corporal de un paciente, por ejemplo, para procedimientos laparoscópicos.

En algunos ejemplos, el gas de insuflación puede ser dióxido de carbono. En algunos ejemplos, puede añadirse un medicamento al gas de insuflación.

El gas de insuflación se presuriza a una presión superior a la atmosférica. El gas de insuflación puede crear un espacio de trabajo dentro del cuerpo del paciente, por ejemplo, la cavidad abdominal o peritoneal, para que un cirujano o un equipo quirúrgico lleve a cabo una intervención quirúrgica. El procedimiento quirúrgico puede implicar la cauterización creando humo quirúrgico en el espacio de trabajo.

El sistema de insuflación quirúrgica 600 puede incluir uno o más de una fuente de gases 102, un conducto de suministro del insuflador 602, un insuflador 604, un filtro de gas de insuflación (no mostrado), un conducto de suministro del humidificador 104, un humidificador 106, un conducto de entrega 606, una cánula quirúrgica 608 y un sistema de evacuación de humos 610. En otros ejemplos, el sistema de insuflación quirúrgica puede incluir un sistema de recirculación (no mostrado), por ejemplo, en lugar del sistema de evacuación de humos 610.

La fuente de gases 102 puede ser una fuente de pared 612 o un cilindro de gas comprimido 614, por ejemplo. En otros ejemplos, el insuflador puede estar configurado para presurizar el aire ambiente.

5

Entre el insuflador 604 y la cánula quirúrgica 608 puede haber uno o varios filtros de gas de insuflación. Entre el insuflador 604 y el humidificador 106 puede haber un filtro de gas de insuflación, por ejemplo, entre una salida del insuflador 604 y un extremo de entrada del conducto de suministro del humidificador. Un filtro de gas de insuflación puede estar provisto como alternativa o adicionalmente entre el humidificador 106 y la cánula quirúrgica 608, por ejemplo, entre una salida del humidificador 106 y un extremo de entrada del conducto de entrega 606.

10

Un adaptador (no mostrado) puede estar provisto en la salida del insuflador 604, por ejemplo, entre el insuflador 604 y el filtro de gas de insuflación o el conducto de suministro del humidificador 104.

15

En otros ejemplos, por ejemplo, un sistema de insuflación quirúrgica configurado para cirugía abierta, el filtro de gas de insuflación o conducto de suministro del humidificador 104 puede conectarse directamente a un puerto de salida de gas del soporte de suministro de gas CO₂.

20

El humidificador 106 puede incluir uno o más de una cámara de humidificación, un calentador de cámara, un controlador del humidificador y una interfaz de usuario como se ha descrito anteriormente con respecto a los sistemas de asistencia respiratoria 100, 200, 400, 500 de ejemplo. El humidificador 106 en este ejemplo puede ser un F&P HumiGard™ SH870 Surgical Humidifier, también disponible en Fisher & Paykel Healthcare. En otro ejemplo de sistemas de insuflación quirúrgica, el humidificador 106 puede omitirse o desactivarse durante todo el procedimiento o parte del procedimiento.

25

30

Se puede proporcionar un embudo para ayudar a llenar la cámara de humidificación 126 con un líquido, por ejemplo, agua estéril, a través de la entrada o salida de la cámara de humidificación 126.

35

Un conector en un extremo del conducto de entrega 606 puede ser un conector luer lock. El conector luer lock puede estar configurado para conectarse directamente a la cánula quirúrgica 608. En otros ejemplos, por ejemplo, un sistema de insuflación

quirúrgica configurado para cirugía abierta, el conducto de entrega 606 puede estar configurado en cambio para conectarse a un difusor.

5 Por lo demás, el conducto de entrega 606 puede ser similar al conducto inspiratorio 108 de los sistemas de asistencia respiratoria 100, 200, 400, 500. Por ejemplo, el conducto de entrega 606 puede tener un calentador, por ejemplo, hilo térmico 134. En algunos ejemplos, el conducto de entrega 606 puede estar corrugado. En otros ejemplos, el conducto de entrega puede estar enrollado en espiral.

10 El sistema de evacuación de humos 610 puede incluir un conducto de descarga 616 y un filtro de descarga 618.

15 En algunos ejemplos, el conducto de descarga 616 puede tener una longitud entre aproximadamente 0.8 m y 1.2 m, por ejemplo, aproximadamente 1.0 m.

20 El sistema de evacuación de humos 610 puede estar configurado para acoplarse a una fuente de vacío 620, por ejemplo, una fuente de pared. En algunos ejemplos, el sistema de evacuación de humos 610 puede incluir un conducto de descarga adicional 622. El conducto de descarga adicional 622 puede estar configurado para acoplarse entre el filtro de descarga 618 y la fuente de vacío 620. En algunos ejemplos, el conducto de descarga adicional 622 puede tener en general la misma construcción que el conducto de descarga 616. En algunos ejemplos, el conducto de descarga adicional 622 puede tener la misma longitud que el conducto de descarga 616. En otros ejemplos, el conducto de descarga adicional 622 puede tener una construcción diferente a la del conducto de descarga 616. En algunos ejemplos, el conducto de descarga adicional 622 puede diferir del conducto de descarga 616 en uno o más de longitud, diámetro y materiales.

30 El sistema de recirculación (no mostrado) puede incluir el conducto de descarga 616, el filtro de descarga 618 y un conducto de descarga adicional acoplado a otra cánula quirúrgica. Esto puede permitir que el gas de insuflación agotado se filtre y se recircule de nuevo en la cavidad corporal del paciente.

35 En el ejemplo ilustrado, el sistema de insuflación quirúrgica 600, el conducto de suministro del humidificador 104, la cámara de humidificación 126, conducto de entrega 606, conducto de descarga 616, filtro de descarga 618 y conducto de descarga adicional 622 forman un circuito de insuflación. Más específicamente, esta configuración particular

forma un circuito de insuflación 624 de doble rama. El conducto de suministro del humidificador 104, la cámara de humidificación 126 y el conducto de entrega 606 puede decirse que forman una rama de entrada del circuito de insuflación 624 de doble rama. El sistema de evacuación de humos 610 (por ejemplo, conducto de descarga 616, filtro de descarga 618 y conducto de descarga adicional 622) puede decirse que forman una rama de salida del circuito de insuflación 624 de doble rama.

También se muestran en la FIG. 6 un endoscopio 626 y un monitor laparoscópico 628.

Durante el uso, el gas de insuflación se suministra por la fuente de gases 102, a través del conducto de suministro del insuflador 602, al insuflador 604. El insuflador 604 puede controlar la presión del gas de insuflación. El insuflador 604 suministra el gas de insuflación, a través del conducto de suministro del humidificador 104, a una entrada del humidificador 106. El gas de insuflación se calienta y humidifica por el humidificador 106. A continuación, se suministra el gas de insuflación calentado y humidificado, a través del conducto de entrega 606, a la cánula quirúrgica 608 y luego a la cavidad corporal del paciente.

En algunos ejemplos, la presión del insuflador 604 puede fijarse entre aproximadamente 5 mm/Hg y 20 mm/Hg, dependiendo del tamaño del paciente y de la cantidad de insuflación necesaria. El caudal del insuflador 604 puede ajustarse entre aproximadamente 1 l/min y 12 l/min, en función de los requisitos de la operación específica.

El gas de insuflación y el humo quirúrgico, en su caso, puede fluir desde la cavidad corporal del paciente hacia la cánula quirúrgica 608 y a través del conducto de descarga 616 hacia el filtro de descarga 618. En algunos ejemplos, el gas de insuflación y el humo quirúrgico, en su caso, puede fluir desde la cavidad corporal del paciente hacia una cánula de ventilación específica (no mostrada) y a través del conducto de descarga 616 hacia el filtro de descarga 618. Es decir, la cánula quirúrgica 608 no está necesariamente conectada al conducto de descarga 616.

El filtro de descarga 618 puede incluir un medio filtrante. El medio filtrante puede atrapar material contaminante en el gas de insuflación o en el humo quirúrgico. El material

contaminante puede incluir una o más de material particulada, olores e hidrocarburos gaseosos. En algunos ejemplos, el gas filtrado aguas abajo del filtro de descarga 618 puede ser casi un 100 % de dióxido de carbono. En algunos ejemplos, el filtro de descarga
5 elimina el 99.999 % de todas las partículas, células y virus. En algunos ejemplos, el filtro de descarga puede tener una retención de hasta 0.02 micrómetros. El gas filtrado puede ventilarse al aire ambiente. Puede ventilarse a distancia del paciente y del equipo quirúrgico.

10 En algunos ejemplos, el humidificador 106 puede estar configurado para humidificar los gases de insuflación hasta, o cerca de, la saturación, es decir, un 100 % de humedad relativa. Como la cavidad corporal del paciente ya está húmeda y mojada, el gas de insuflación puede no perder mucha, en su caso, humedad en el cuerpo, y puede saturarse por completo si no está ya en el punto de saturación.
15

En otros ejemplos, un sistema de insuflación quirúrgica puede omitir el humidificador 106 y puede suministrar gas de insuflación relativamente seco al paciente, por ejemplo, a una humedad relativa por debajo de aproximadamente el 90 %, por debajo
20 de aproximadamente el 80 % o por debajo de aproximadamente el 70 %. El gas de insuflación, relativamente seco, puede humidificarse a medida que atraviesa la cavidad corporal del paciente, recogiendo la humedad del ambiente relativamente cálido y húmedo de la cavidad corporal por encima de los órganos internos.

25 Cuando el gas insuflado sale de la cavidad corporal del paciente, pasa a lo largo de la pared tubular del conducto de descarga 616. La pared del tubo, que está expuesta al aire ambiente, puede estar más fría que el gas de insuflación. El vapor de agua en el gas de insuflación puede condensarse fuera del gas en la pared del tubo del conducto de
30 descarga 616. El vapor de agua también puede condensarse sobre, o en, uno o más componentes del circuito de insuflación, por ejemplo, el filtro de descarga 618 y el conducto de descarga adicional 622.

35 Uno o más de vapor de agua que se condensa en el filtro de descarga 618 y la escorrentía del conducto de descarga 616 pueden saturar el filtro de descarga 618. El filtro de descarga 618 puede ocluirse al menos parcialmente. La oclusión del filtro de descarga 618 puede provocar un aumento de la contrapresión. La oclusión del filtro de descarga 618 puede dificultar la disipación del humo quirúrgico dentro de la cavidad

corporal del paciente. El humo quirúrgico que permanece en la cavidad corporal del paciente o en el conducto de descarga 616 puede ser peligroso para el paciente. La visión del cirujano puede verse obstruida o dificultada por el humo quirúrgico persistente. Una filtración deficiente puede dar lugar a la fuga de material contaminante potencialmente nocivo al quirófano.

La tecnología de la presente divulgación es especialmente adecuada para su uso en el sistema de evacuación de humos 610 del sistema de insuflación quirúrgica 600, por ejemplo, como uno o más del conducto de descarga 616 y el conducto de descarga adicional 622. En algunos ejemplos, el sistema de evacuación de humos 610 no tiene uno o más de un hilo térmico y un colector de agua. Pero en algunos ejemplos, uno o más del conducto de descarga 616 y el conducto de descarga adicional 622 pueden tener un hilo térmico.

El sistema de evacuación de humos 610 del sistema de insuflación quirúrgica 600 de ejemplo puede venderse individualmente o como parte de un kit de circuito de insuflación. El kit de circuito de insuflación puede incluir el conducto de descarga 616 y uno o más del:

- conducto de suministro del insuflador 602;
- adaptador;
- filtro de gas de insuflación;
- conducto de suministro del humidificador 104;
- cámara de humidificación 126;
- embudo;
- conducto de entrega 606;
- cánula quirúrgica 608;
- difusor;
- filtro de descarga 618;

- conducto de descarga adicional 622.

En un ejemplo, el kit del circuito de insuflación puede incluir el conducto de
5 descarga 616 y el filtro de descarga 618.

En otro ejemplo, el kit del circuito de insuflación puede incluir el adaptador, filtro de
gas de insuflación, conducto de suministro del humidificador 104, la cámara de
humidificación 126, embudo, conducto de entrega 606, conducto de descarga 616 y filtro
10 de descarga 618.

En otro ejemplo, el kit del circuito de insuflación puede incluir el filtro de gas de
insuflación, conducto de suministro del humidificador 104, la cámara de humidificación
126, conducto de entrega 606 y conducto de descarga 616 y filtro de descarga 618.

En algunos ejemplos, el kit de circuito de insuflación, o uno o más componentes
del kit, pueden empaquetarse, por ejemplo, en una bolsa de plástico cerrada. Varios kits
de circuitos de insuflación, por ejemplo, 10 kits de circuitos de insuflación, pueden
empaquetarse juntos, por ejemplo, en una caja de cartón.

En algunos ejemplos, el kit del circuito de insuflación puede estar parcial, o
totalmente, premontado. El premontaje puede facilitar una configuración más rápida del
circuito de insuflación. El premontaje puede reducir el riesgo de errores de conexión.

En un ejemplo, el filtro de gas de insuflación, el conducto de suministro del
humidificador 104 y la cámara de humidificación 126 pueden estar premontados entre sí.
En este ejemplo, el conducto de entrega 606 no está premontado con ningún otro
componente del circuito de insuflación. El filtro de gas de insuflación, el conducto de
suministro del humidificador 104 y la cámara de humidificación 126 pueden estar no
30 estériles. El conducto de entrega 606 puede estar estéril. El conducto de entrega 606
puede empaquetarse individualmente, por ejemplo, dentro de una bolsa de plástico
sellada. El conducto de entrega 606 empaquetado individualmente puede empaquetarse
junto con el filtro de gas de insuflación, conducto de suministro del humidificador 104 y
35 cámara de humidificación 126, por ejemplo, en otra bolsa de plástico.

Estructura del conducto

Un ejemplo de conducto de acuerdo con la presente divulgación se describirá a continuación con referencia a un conducto 700 adecuado para su uso como conducto
5 espiratorio 114 en los sistemas de asistencia respiratoria 100, 200, 400, 500 de ejemplo. Pero la presente tecnología puede ser adecuada para su aplicación como uno cualquiera de los otros conductos en los sistemas de asistencia respiratoria 100, 200, 400, 500, en sistemas de asistencia respiratoria alternativos o en otros sistemas médicos. Por ejemplo,
10 los conductos de acuerdo con la presente divulgación pueden utilizarse como el conducto inspiratorio 108 en un circuito de respiración configurado para su uso con una máquina de anestesia, o como el conducto de descarga 616 en el sistema de insuflación quirúrgica 600, por ejemplo.

La acumulación de condensado en un conducto inspiratorio de un sistema de asistencia respiratoria puede reducirse disminuyendo el nivel de humidificación activa, reduciendo a su vez la humedad relativa de los gases suministrados al paciente. Pero
15 esto no es óptimo para la comodidad del paciente ni para su recuperación. Tampoco tendrá en cuenta necesariamente el condensado en el conducto espiratorio debido a una mayor humidificación de los gases en las vías respiratorias superiores del paciente durante la terapia VNI. Tampoco tendrá en cuenta necesariamente el condensado que
20 drena hacia una o más de la rama inspiratoria y la rama espiratoria desde los componentes intersticiales de la interfaz de paciente, como un soporte de catéter.

Otras opciones para mitigar el condensado en el conducto inspiratorio y el conducto espiratorio incluyen el uso de uno o más de aislamiento térmico, un colector de agua y un
25 calentador.

El aislamiento del conducto reduce la tasa de pérdida de calor de los gases respiratorios a medida que pasan a lo largo del conducto. El conducto puede estar provisto de una cubierta exterior de material térmicamente aislante o de una cámara de aire en la
30 pared del tubo, por ejemplo. Sin embargo, dicho aislamiento puede aumentar uno o más del diámetro, peso y coste del conducto; mermar la flexibilidad del conducto; o tener una eficacia limitada. El aislamiento tampoco tiene en cuenta el condensado que pueda
35 drenarse en el conducto desde otra fuente, por ejemplo, uno o más de la fuente de gases, el filtro, la pieza en Y, el soporte de catéter y la interfaz de paciente.

Un colector de agua está destinado a recoger el condensado acumulado para su eliminación. El conducto inspiratorio y el conducto espiratorio suelen colocarse entre el paciente y un ventilador, y el condensado puede acumularse en el punto más bajo del conducto. Por lo general, el colector de agua está provisto en o cerca del centro de la rama espiratoria de modo que quede cerca del punto más bajo previsto de la rama espiratoria, durante el uso. Pero la posición del colector de agua es fija y no tiene por qué coincidir con el punto más bajo. Un profesional médico puede necesitar manipular periódicamente el conducto elevando porciones del mismo para que el condensado acumulado drene hacia, y en, el colector de agua. Si no se hace con cuidado, esto puede hacer que parte del condensado se drene simultáneamente hacia el paciente o el ventilador, por ejemplo. Y el condensado puede quedar atrapado en las corrugaciones del conducto. Es más, el peso añadido del colector de agua y del condensado recogido puede aumentar las fuerzas de arrastre del tubo. Y el colector de agua requiere un vaciado periódico. Esto puede interrumpir la terapia del paciente. Vaciar el colector de agua también supone un riesgo de infección. Un colector de agua resuelve en parte el problema del condensado una vez que está presente. Y también puede servir para tratar el condensado de otras fuentes. Pero no aborda la causa del problema y tiene sus propias desventajas.

En algunos ejemplos, los conductos de acuerdo con la presente divulgación pueden omitir un colector de agua.

Un calentador está destinado a mantener o aumentar la temperatura de los gases respiratorios por encima de su punto de rocío. Esto puede mitigar la formación de condensado dentro del conducto. El calentador puede incluir un hilo térmico resistivo provisto dentro del lumen del conducto o incrustado dentro de la pared del tubo del conducto. Las desventajas potenciales de un cable calefactor pueden incluir una o más de:

- la necesidad de establecer conexiones eléctricas entre el conducto y una fuente de energía (como un humidificador del sistema de asistencia respiratoria);
- mayor complejidad en los algoritmos de calefacción y humidificación;

- temperatura y humedad absoluta/relativa relativamente alta de los gases recibidos por el ventilador;

5 • la necesidad de cumplir normas adicionales específicas de los tubos de respiración con hilo térmico (por ejemplo, Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) 60601-1 (IEC:2005+A1:2012(E)), sección 11.2);

- vida útil reducida; y

10 • consumo de energía durante el uso de un conducto calefactado contribuye a la huella de carbono global, por ejemplo, aproximadamente el 50 % de la huella de carbono, del conducto calefactado a lo largo de su vida útil.

15 Otro tipo de calentador es un calentador de "camisa de agua", por el que circula agua calentada (u otro líquido) por el exterior del lumen para calentar el flujo de gases respiratorios dentro del lumen. Esto tiene las desventajas adicionales de un mayor volumen, peso y coste del conducto, la necesidad adicional de calentar y bombear el agua, y el riesgo de que el agua se filtre en el lumen del conducto.

20 En algunos ejemplos, los conductos de acuerdo con la presente divulgación pueden omitir un calentador, por ejemplo, tanto un hilo térmico como una camisa de agua. En otros ejemplos, los conductos pueden incluir un hilo térmico. Pero la omisión de un hilo térmico puede tener una o más de las ventajas de:

25 • simplificar la fabricación;

 • reducir los costes de fabricación y materiales;

30 • mejorar la usabilidad al evitar la necesidad de establecer una conexión eléctrica entre el conducto y una fuente de energía como el humidificador 106 o la fuente de gases 102;

- evitar la necesidad de algoritmos de control del hilo térmico;

35 • mejorar la seguridad;

- reducir las temperaturas superficiales;

- mejorar el rendimiento neumático;
- reducir las cargas reglamentarias (por ejemplo, Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) 60601-1 (IEC:2005+A1:2012(E)), sección 11.2);
- reducir la temperatura de los gases recibidos en la entrada de retorno de gases 140;
- mayor fiabilidad;
- vida útil más larga (por ejemplo, donde el aislamiento eléctrico es un factor limitante);
- mayor duración del uso (por ejemplo, donde el aislamiento eléctrico es un factor limitante); y
- reducir el consumo de energía y, por tanto, la huella de carbono, del conducto.

Otro enfoque para mitigar la condensación dentro de un conducto, en particular un conducto espiratorio, es formar la pared del tubo a partir de un material transpirable (definido en el Glosario a continuación). El material transpirable es permeable a las moléculas de agua, pero relativamente impermeable al agua líquida y a los gases respiratorios. Las moléculas de agua dentro del lumen de dichos conductos pueden ser absorbidas por el material transpirable de la pared del tubo, difundidas a través del material transpirable y desorbidas al aire ambiente de acuerdo con un gradiente que se desplaza desde el lado de mayor humedad hacia el lado de menor humedad. Esto se conoce como mecanismo de solución-difusión. Por el contrario, membranas porosas como los tejidos de PTFE expandido (ePTFE) (por ejemplo, tejido Gore-Tex® disponible en W. L. Gore & Associates) son permeables a las moléculas de agua (y, potencialmente, patógenos) por el mecanismo de flujo de poros, por el que el agua pasa a través de los poros (es decir, orificios) que se extienden de un lado a otro de la membrana.

Bajo un microscopio electrónico de barrido (SEM) con un aumento de 150x o 2500x, un material transpirable no espumado puede carecer de canales o poros. Un material transpirable espumado puede tener varios huecos de células cerradas, pero sin

canales abiertos o poros que se extiendan de una superficie principal a la otra. Una membrana porosa tendrá canales abiertos o poros que se extienden de una superficie principal a la otra.

5

El uso de un material transpirable puede reducir la humedad absoluta del flujo de gases respiratorios dentro del lumen y, por tanto, el punto de rocío de los gases respiratorios, a medida que pasan a lo largo del conducto. Ejemplos de tales conductos son los conductos espiratorios de diversos circuitos de respiración con tecnología EVAQUA™ disponibles en Fisher & Paykel Healthcare, como los circuitos de respiración para adultos RT280™ y RT340™ con tecnología EVAQUA™. Estos conductos espiratorios omiten el colector de agua, pero sí incluyen un hilo térmico. Han demostrado su eficacia para reducir la formación de condensado dentro del conducto. Pero se ha descubierto que, en al menos algunas condiciones, el condensado, por ejemplo, de otras fuentes (como el soporte de catéter, contribución del paciente, nebulizador o similar), puede seguir acumulándose en el conducto durante un uso prolongado.

10

15

20

Los detalles de dichos conductos transpirables se divulgan en las patentes de Estados Unidos n.º 6.769.431 y 10.532.177, ambas asignadas a Fisher & Paykel Healthcare Limited.

25

Se ha comprobado que los materiales transpirables con una permeabilidad relativamente más alta a las moléculas de agua pueden ser más eficaces para mitigar el condensado. Pero estos materiales transpirables pueden absorber una masa relativamente grande de moléculas de agua durante el uso, que se ha comprobado que altera significativamente las propiedades mecánicas del conducto.

30

Esto plantea problemas a la hora de cumplir determinadas normas u otros requisitos de diseño. Puede exigirse que los conductos de circuito de respiración respiratorios cumplan ciertos requisitos mínimos especificados por normas formales como la norma ISO 5367:2014(E) (Anaesthetic and respiratory equipment — Breathing sets and connectors). Esta norma especifica los requisitos básicos, tales como:

35

i. materiales,

ii. longitud,

- iii. conexiones,
- iv. fugas,
- 5 v. resistencia al flujo y
- vi. cumplimiento.

La FIG. 7 muestra una vista esquemática isométrica de un ejemplo de conducto 700 de acuerdo con la presente divulgación.

El conducto 700 puede utilizarse en un sistema de asistencia respiratoria como los sistemas de asistencia respiratoria 100, 200, 400, 500 ilustrados a modo de ejemplo en la FIG. 1, FIG. 2, FIG. 4 y FIG. 5, respectivamente. En particular, el conducto 700 puede utilizarse como el conducto espiratorio 114 en el sistema de asistencia respiratoria 100 y se describirá en este contexto debajo.

Como se muestra, el conducto 700 tiene un tubo alargado 702, una funda 704 provista alrededor del tubo alargado 702 y un par de conectores 706 en los respectivos extremos del tubo alargado 702.

En cada una de las FIG. 7 a FIG. 16, la construcción del conducto 700 y, en particular, de la funda 704, está en forma esquemática para mayor claridad. Un ejemplo de construcción de la funda 704 se describe con más detalle debajo con respecto a las FIG. 18 y FIG. 19. Es más, se aprecia que la funda 704 puede omitirse en otros ejemplos.

En otros ejemplos, el conducto puede tener dos (o más) tubos alargados. Los dos tubos alargados pueden tener propiedades diferentes. Las diferentes propiedades pueden incluir uno o más de diferentes materiales, corrugaciones, construcción, transpirabilidad, diámetro, aislamiento o calentamiento, por ejemplo. Los dos tubos alargados pueden estar dispuestos de extremo a extremo. Pueden fijarse entre sí y acoplarse de forma fluida, por un conector intermedio. Por ejemplo, el conector intermedio puede estar provisto aproximadamente en un punto medio del conducto o aproximadamente en un tercio de la longitud del conducto.

Tanto el tubo alargado 702 como la funda 704 y, por tanto, el conducto 700, pueden ser flexibles. Esto puede reducir las fuerzas de arrastre del tubo. Como se describe con

más detalle a continuación, la flexibilidad del tubo alargado 702 puede variar durante el uso. Pero la funda 704 puede mitigar esto.

5 El conducto 700 puede ser relativamente ligero. Esto puede reducir las fuerzas de arrastre del tubo. La omisión de un colector de agua puede contribuir a que el conducto 700 sea relativamente ligero. Durante el uso, la acumulación de condensado dentro de un colector de agua puede hacer que el conducto sea relativamente pesado. En algunos ejemplos, el conducto 700 puede tener una masa, en un estado equilibrado, de entre
10 aproximadamente 130 gm y 170 gm, entre aproximadamente 140 gm y 160 gm o entre aproximadamente 145 gm y 155 gm, por ejemplo, aproximadamente 150 gramos (gm). En algunos ejemplos, el conducto 700 puede tener una masa, en un estado acondicionado, de entre aproximadamente 260 gm y 300 gm, entre aproximadamente 270 gm y 290 gm o
15 entre aproximadamente 275 gm y 285 gm, por ejemplo, aproximadamente 280 gm.

El tubo alargado 702 está definido por una pared del tubo que define un lumen interno para el paso de gases respiratorios de un extremo al otro del conducto 700. En el ejemplo ilustrado, el conducto 700 tiene un único tubo alargado 702 y un único lumen,
20 frente a dos o más tubos paralelos que definen dos o más lúmenes paralelos. Múltiples tubos de menor diámetro pueden ser más propensos a uno o más retorcimientos y oclusiones, y pueden ser menos flexibles que un tubo/lumen único equivalente.

La pared del tubo puede tener un perfil corrugado que incluya una pluralidad de
25 corrugaciones anulares paralelas, como se describe con más detalle a continuación. Las corrugaciones pueden tener una o más de las ventajas de mejorar la flexibilidad del tubo alargado 702, promover la deformación controlada y mitigar el retorcimiento.

Las corrugaciones pueden extenderse a lo largo de una longitud del tubo alargado
30 702 entre los conectores 706. Más del 80 %, o del 90 %, de la longitud del tubo alargado 702 puede estar corrugada. Las partes de extremo del tubo alargado 702 enganchadas por los conectores 706, como se describe con más detalle a continuación, pueden estar no corrugadas. La ausencia de corrugaciones en las partes de extremo puede mejorar el sellado entre el tubo alargado 702 y el conector 706. En otros ejemplos, la pared del tubo
35 puede tener un perfil helicoidal (por ejemplo, una hélice simple o doble hélice). En algunos ejemplos, una o más partes del tubo alargado 702 entre los conectores pueden estar desprovistas del perfil corrugado/helicoidal.

La pared tubular del tubo alargado 702 puede estar formada por un material transpirable (descrito con más detalle a continuación) que sea permeable a las moléculas de agua. El material transpirable puede ser altamente permeable a las moléculas de agua. El material transpirable permite el paso de las moléculas de agua al aire ambiente a través de la pared del tubo. El material transpirable de la pared del tubo puede reducir la humedad absoluta de los gases respiratorios dentro del lumen a medida que pasan a lo largo del conducto 700, durante el uso. El material transpirable de la pared del tubo puede disipar el condensado u otros líquidos, por ejemplo, del paciente, que pueden estar presentes dentro del lumen. El material transpirable puede impedir sustancialmente el paso de gases respiratorios (por ejemplo, nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono y helio) a través de la pared del tubo. El material transpirable puede impedir el paso de gotas de agua líquida a través de la pared del tubo. El material transpirable puede impedir el paso de patógenos a través de la pared del tubo.

En este ejemplo, el material transpirable forma la totalidad tanto de la longitud como de la circunferencia del tubo alargado 702, al menos entre los conectores 706. En otros ejemplos, el material transpirable puede definir sólo una parte o partes de una o más de la longitud y circunferencia del tubo alargado 702. Por ejemplo, el material transpirable puede coextruirse con otro material diferente (por ejemplo, no transpirable). El material diferente puede proporcionar soporte estructural al tubo alargado 702.

La formación de la totalidad del tubo alargado 702 a partir del material transpirable proporciona ventajosamente una superficie relativamente mayor del material transpirable, lo que aumenta la permeabilidad global del tubo alargado 702 y la eficacia para mitigar el condensado. También puede simplificar la fabricación del tubo alargado 702. Una longitud continua de tubo puede ser extruida y cortada a medida para formar el tubo alargado 702, como se describe con más detalle a continuación.

Siendo todo lo demás igual, cuanto mayor es la permeabilidad del material transpirable a las moléculas de agua, más eficaz puede ser el tubo alargado 702 para disipar uno o más de vapor de agua y condensado (si los hubiera) desde el interior del lumen del tubo alargado 702. Pero también se ha descubierto que, los materiales transpirables absorben una masa cada vez mayor de moléculas de agua, en relación con la masa seca del material transpirable, por ejemplo, a partir de aproximadamente el 100

% de su propia masa seca en moléculas de agua en pruebas de inmersión. Las propiedades mecánicas del tubo alargado 702 pueden cambiar significativamente durante el uso. Por ejemplo, un tubo alargado configurado para absorber aproximadamente el 100 % de su propia masa seca en moléculas de agua puede estar compuesto de hasta un 50 % de agua durante el uso, y puede volverse significativamente más flexible que antes de su uso.

Debido a que el estado del conducto 700 puede variar durante el uso, a lo largo de la descripción detallada y de las reivindicaciones los términos "seco", "equilibrado", "condicionado" y "saturado" se refieren a diversos estados diferentes, o intervalos de estados, de uno o más del tubo alargado 702, funda 704 y conducto 700. Cada uno de estos estados se define en el Glosario, a continuación.

En un ejemplo, se comprobó que un tubo alargado 702 por sí solo (es decir, sin la funda 704 u otra estructura similar), hecho de un material transpirable de tal manera que el tubo alargado 702 estaba configurado para absorber más de aproximadamente el 120 %, por ejemplo, aproximadamente el 133 %, de su propia masa en moléculas de agua en pruebas de inmersión, era suficientemente rígido para cumplir los requisitos de conformidad de la norma ISO 5367:2014(E) cuando se encontraba en estado equilibrado o cuando se acondicionó según lo establecido en la norma. Pero cuando ese mismo tubo alargado 702 se utilizó para transportar gases respiratorios humidificados durante un periodo prolongado, se comprobó que el material transpirable se reblandecía hasta tal punto que el tubo alargado 702, en el estado acondicionado definido en el presente documento, puede dejar de cumplir el mismo requisito de conformidad.

La absorción de una masa relativamente grande de moléculas de agua por el tubo alargado 702, por ejemplo, superior al 100 % de su propia masa seca en pruebas de inmersión, también se ha comprobado que hace que el tubo alargado 702 se expanda apreciablemente. Es decir, se produce un aumento volumétrico del material transpirable del tubo alargado 702 a medida que absorbe moléculas de agua. En al menos algunos ejemplos, esta expansión puede apreciarse fácilmente a simple vista, durante el uso. Las dimensiones de uno o más del tubo alargado y de la funda pueden variar temporalmente (es decir, con el tiempo, absorbe y desorbe moléculas de agua), durante el uso.

En algunos ejemplos, uno o más del diámetro externo, diámetro interno, espesor de pared y paso de corrugación (número de corrugaciones por unidad de longitud) del tubo alargado 702, cuando está en un estado acondicionado, puede variar a lo largo del tubo alargado 702. Mientras que en uno o más de un estado seco, estado equilibrado y estado de saturación, uno o más, y potencialmente todos, del diámetro externo, diámetro interno, espesor de pared y paso de corrugación del tubo alargado 702 pueden ser sustancialmente uniformes a lo largo de al menos una parte central del tubo alargado 702. La parte central puede excluir las partes de extremo del tubo alargado 702. Las partes de extremo pueden consistir en la respectiva parte de manguito y la respectiva parte ahusada (si la hay) del tubo alargado 702 que puede estrecharse hacia los conectores 706 (remítase a la parte central 2102, partes de extremo 2104, partes de manguito 1002 y partes ahusadas 2106 ilustradas en la FIG. 21(h)). La expansión de las partes de extremo puede estar restringida por los respectivos conectores 706.

Aunque la expansión del tubo alargado 702 puede ser no uniforme durante el uso (por ejemplo, en el estado acondicionado), la siguiente descripción de la FIG. 7 a la FIG. 26 asume que los cambios en las dimensiones del tubo alargado 702 y la funda 704 ocurren generalmente de manera uniforme para facilitar la representación y explicación. La absorción y expansión no uniforme del conducto 700 se describe con más detalle con respecto a la FIG. 27.

El diámetro, longitud, espesor de pared y otras dimensiones de las muestras de ensayo pueden medirse mediante un método sin contacto utilizando la tomografía computerizada (TC) o un sistema de medición óptica. En algunos ejemplos, puede utilizarse un método de medición por contacto, por ejemplo, con máquina de medición de coordenadas (MMC).

En pruebas de inmersión (descritas en el Glosario, abajo), muestras del tubo alargado 702, aislado de la funda (es decir, sin la funda 704 u otra restricción similar), puede expandirse entre aproximadamente el 20 % y el 70 % en una o más de una dirección radial (por ejemplo, un diámetro externo máximo, diámetro interno mínimo, o diámetro externo o interno promedio, para un tubo alargado 702 corrugado), una dirección longitudinal (es decir, longitud), y un espesor de pared de la pared del tubo, de un estado seco a un estado saturado. En algunos ejemplos, las muestras del tubo alargado 702

pueden expandirse entre aproximadamente el 20 % y el 70 %, entre aproximadamente el 25 % y el 50 % o entre aproximadamente el 30 % y el 50 %, en una o más de la dirección radial, la dirección longitudinal y el espesor de pared. En un ejemplo, se observó que las muestras del tubo alargado 702 del conducto 700 de ejemplo se expandían en la dirección radial en aproximadamente el 42 %, dirección longitudinal en aproximadamente el 37 % y el espesor de pared en aproximadamente el 34 %. En otro ejemplo, se comprobó que las muestras del tubo alargado 702 se expandían en cada una de la dirección radial, dirección longitudinal y espesor de pared en aproximadamente el 32 % cada una.

En algunos ejemplos, un espesor de pared del tubo alargado, en un estado seco, puede estar entre aproximadamente 0.5 mm y 0.9 mm, entre aproximadamente 0.6 mm y 0.8 mm, entre aproximadamente 0.65 mm y 0.75 mm, entre aproximadamente 0.68 mm y 0.72 mm o entre aproximadamente 0.69 mm y 0.71 mm, por ejemplo, aproximadamente 0.70 mm. En un estado saturado aislado de la funda, la misma pared del tubo puede tener un espesor de pared de entre aproximadamente 0.7 mm y 1.1 mm, entre aproximadamente 0.8 mm y 1.0 mm, entre aproximadamente 0.85 mm y 0.95 mm, entre aproximadamente 0.90 mm y 0.94 mm o entre aproximadamente 0.91 mm y 0.93 mm, por ejemplo, aproximadamente 0.92 mm.

En algunos ejemplos, un diámetro exterior máximo del tubo alargado, en un estado seco, puede estar entre aproximadamente 20 mm y 26 mm, entre aproximadamente 21 mm y 25 mm o entre aproximadamente 22 mm y 24 mm, por ejemplo, aproximadamente 23 mm. En un estado saturado aislado de la funda, el mismo tubo alargado puede tener un diámetro exterior máximo de entre aproximadamente 25 mm y 35 mm, entre aproximadamente 28 mm y 32 mm o entre aproximadamente 29 mm y 31 mm, por ejemplo, aproximadamente 30 mm.

Haciendo referencia todavía a la FIG. 7, la funda 704 está provista alrededor del tubo alargado 702. La funda 704 se muestra en corte con fines ilustrativos, pero en este ejemplo se extiende continuamente entre los conectores 706 en extremos opuestos del conducto 700. La funda 704 se ilustra como generalmente tubular en forma (es decir, circular en sección transversal), pero puede no tener necesariamente una sección transversal perfectamente circular. En particular, se apreciará que la funda 704 puede formarse cortándola a medida a partir de una longitud continua de material de

revestimiento flexible que puede almacenarse en forma de rollo de revestimiento aplanado. Por ejemplo, la funda 704 puede tender a adoptar más bien una sección transversal elíptica u oval puntiaguda cuando se proporciona alrededor del tubo alargado 702. Es más, la funda 704 puede no tener necesariamente una forma uniforme en sección transversal a lo largo de su longitud como se ilustra en los dibujos.

En el ejemplo ilustrado, los extremos de la funda 704 se fijan con respecto a los extremos del tubo alargado 702 mediante los conectores 706, como se describe con más detalle a continuación. El tubo alargado 702 y la funda 704, en este ejemplo, no están fijados entre sí a través de los conectores 706. En otros ejemplos, el tubo alargado 702 y la funda 704 pueden fijarse adicionalmente entre sí en uno o más puntos discretos a lo largo de la longitud del conducto a través de los conectores 706, como en aproximadamente el punto medio o en un tercio de la longitud del tubo alargado 702, por ejemplo. En todavía otros ejemplos, la funda 704 puede extenderse sólo parcialmente a lo largo del tubo alargado 702. En un ejemplo, los extremos opuestos de la funda 704 pueden fijarse al tubo alargado 702 mediante uno de los conectores 706 y un conector intermedio adicional.

En todavía otros ejemplos, el conducto puede tener dos o más fundas a lo largo de la longitud del conducto. Las dos o más fundas pueden estar separadas entre sí. Las dos o más fundas pueden tener propiedades diferentes. Las diferentes propiedades pueden incluir uno o más de un material diferente, patrón de trenzado, número de elementos de trenzado y gradiente longitud/diámetro. Las dos o más fundas pueden estar dispuestas sustancialmente una al lado de la otra. Las dos o más fundas pueden fijarse al tubo alargado 702, por un conector intermedio. El conector intermedio puede estar provisto en aproximadamente un punto medio del conducto o en otro lugar (por ejemplo, más cerca del extremo del paciente). El conector intermedio también puede fijar, y acoplar de forma fluida, dos tubos alargados discretamente formados. Uno, o ambos, de los tubos alargados discretamente formados pueden estar formados, al menos en parte, a partir del material transpirable. La funda 704 puede extenderse a lo largo de toda la longitud del conducto 700 entre los conectores de extremo 706. O la funda 704 puede estar provista sobre sólo el tubo alargado transpirable 702.

La funda 704 tiene una pluralidad de elementos de trenzado trenzados en una configuración tubular abierta en forma de malla que define una pluralidad de aberturas, como se describe con más detalle a continuación haciendo referencia a las FIG. 18 y FIG. 19. La funda 704 puede ser altamente porosa y permeable al vapor, y por lo tanto no inhibe el paso de moléculas de agua a través del material transpirable desde el interior del lumen del tubo alargado 702 al aire ambiente. Es decir, el vapor de agua y otros gases pueden pasar libremente a través de la funda 704. La funda 704 puede tener un efecto insignificante, o ningún efecto, sobre la temperatura y humedad de los gases ambientales adyacentes al exterior de la pared del tubo, para no afectar al gradiente de presión de vapor a través de la pared del tubo. La estructura abierta en forma de malla de la funda 704 también puede permitir la inspección visual del tubo alargado 702.

Cuando el conducto de ejemplo 700 está en uno o más de un estado seco y un estado equilibrado, la funda 704 puede quedar suelta alrededor del tubo alargado 702. Es decir, un diámetro interno de la funda 704 puede exceder un diámetro externo correspondiente del tubo alargado 702, de manera que la funda 704 esté al menos parcialmente separada del tubo alargado 702. El tubo alargado 702 puede moverse con respecto a la funda 704 (o viceversa).

"Al menos parcialmente separada" pretende permitir algún contacto entre la funda 704 y el tubo alargado 702 sobre o a lo largo de una o más de la circunferencia del conducto 700 y la longitud del conducto 700. Es decir, la funda 704 no necesita (pero puede) estar totalmente separada del tubo alargado 702. En el caso de un tubo corrugado, "al menos parcialmente separada" se refiere a una separación desde el pico de una corrugación, en lugar de una mera separación de una depresión entre dos picos.

La funda 704 puede describirse o ilustrarse como concéntrica o coaxial con respecto al tubo alargado 702, como se muestra en la FIG. 15, por ejemplo, pero se apreciará que, en la práctica, puede producirse un movimiento relativo entre el tubo alargado 702 y la funda 704 en uno o más del estado seco y el estado acondicionado. El tubo alargado 702 y la funda 704 no compartirán necesariamente el mismo centro en sección transversal. Por ejemplo, el tubo alargado 702 puede descender hacia la parte inferior de la funda 704 o, por el contrario, la funda 704 puede extenderse hacia la parte superior del tubo alargado 702. Se apreciará que la separación entre el tubo alargado 702

y la funda 704 no será por tanto necesariamente uniforme ni en la dirección circunferencial ni en la dirección longitudinal del conducto 700. Y la funda 704 puede entrar en contacto con el tubo alargado 702 en algunos puntos, sin dejar de considerarse en general
5 parcialmente separada.

El tubo alargado 702 y la funda 704 se muestran con diámetros relativamente uniformes a lo largo de su longitud. Pero durante el uso, y sobre todo en el estado acondicionado (como se ha discutido anteriormente), uno o más del tubo alargado 702 y
10 la funda 704 pueden variar en diámetro o forma a lo largo de su longitud, como se describe con más detalle a continuación con respecto a la FIG. 27. En un ejemplo, en un estado acondicionado, la funda 704 puede engranar una circunferencia completa del tubo alargado 702 en una primera parte del conducto 700, pero puede estar separada de una
15 totalidad, o al menos de una parte, de la circunferencia del tubo alargado 702 en una segunda parte del conducto 700. En ese ejemplo, puede decirse que la funda 704 está al menos parcialmente separada del tubo alargado 702 en la segunda parte. O puede decirse que la funda 704 está al menos parcialmente separada del tubo alargado 702 en su conjunto. Pero la funda 704 no se considera al menos parcialmente separada del tubo
20 alargado 702 en la primera parte del conducto 700 en particular.

La funda 704 puede interactuar con el tubo alargado 702 a medida que el tubo alargado 702 se expande en una o más de la dirección radial, la dirección longitudinal y el espesor de pared debido a la absorción de moléculas de agua durante el uso, como se
25 describe con más detalle a continuación. En particular, la funda 704 puede restringir la expansión de al menos una parte del tubo alargado 702 en al menos una de las direcciones longitudinal y radial del conducto 700, cuando el conducto 700 se encuentra en un estado acondicionado restringido. Es decir, la funda 704 restringe la expansión del
30 tubo alargado 702 aplicando una fuerza que contrarresta en al menos algunas condiciones.

La funda 704 también puede proporcionar un grado de protección física al tubo alargado 702, por ejemplo, uno o más de alivio de tensión, resistencia a la abrasión y
35 distribución de cargas puntuales o localizadas, por ejemplo, a través de múltiples corrugaciones del tubo alargado 702.

Los conectores 706 del conducto 700 pueden proporcionar un acoplamiento neumático cómodo y fiable del tubo alargado 702 a otros componentes de un sistema de asistencia respiratoria para transportar gases respiratorios entre esos otros componentes. En particular, si el conducto 700 está destinado a utilizarse como conducto espiratorio 114 en el sistema de asistencia respiratoria 100, los conectores 706 están configurados para una conexión neumática directa con una salida de la pieza en Y 110 y la entrada de retorno de gases 140 de la fuente de gases 102, respectivamente. En algunos ejemplos, puede proporcionarse un filtro entre el conducto 700 y la entrada de retorno de gases 140.

En el ejemplo ilustrado, los conectores tienen una conicidad médica estándar para la interoperabilidad con una amplia variedad de sistemas de asistencia respiratoria y sus componentes.

En algunos ejemplos, en particular si el conducto tiene un hilo térmico, al menos uno de los conectores puede incluir un receptáculo para establecer una conexión eléctrica con el humidificador 106, la fuente de gases 102, u otra fuente de energía.

Los conectores 706 definen cada uno un orificio que se acopla de manera fluida con el lumen del tubo alargado 702.

La FIG. 8 proporciona una vista isométrica detallada de un extremo de un conducto 700 de acuerdo con la presente divulgación, incluyendo un conector 706, una parte de extremo de la funda 704 y una parte de extremo del tubo alargado 702 (parcialmente oscurecida por la funda 704 y el conector 706). También se muestra el orificio 802 del conector 706, que se acopla de manera fluida con el lumen del tubo alargado 702.

La FIG. 9 proporciona una vista lateral detallada de un extremo de un conducto 700 de acuerdo con la presente divulgación. También se ilustra lo que se denomina la dirección longitudinal del conducto 700, representado por la flecha 902. Se apreciará que el conducto 700, durante el uso, pueden no adoptar necesariamente una configuración estrictamente lineal como se muestra en los dibujos, y las referencias a "longitudinal", "axial" y similares no deben interpretarse como limitados a dicha configuración lineal.

La funda 704 puede ser una funda tubular trenzada como se describe con más detalle a continuación con respecto a las FIG. 18 y FIG. 19.

La FIG. 10 proporciona una vista detallada en despiece ordenado de un extremo de un conducto 700 de acuerdo con la presente divulgación, incluyendo uno de los conectores 706 y partes del tubo alargado 702 y la funda 704. Como se muestra, el conector 706 en este ejemplo tiene un primer componente conector 1004 y un segundo componente conector 1006.

El primer componente conector 1004 puede tener un borde biselado 1008. El borde achaflanado 1008 puede ayudar a la inserción del primer componente conector 1004 en el lumen 1202 del tubo alargado 702.

El primer componente conector 1004 puede tener al menos una pestaña 1010. En algunos ejemplos, el primer componente conector 1004 puede tener tres pestañas 1010. Las pestañas 1010 pueden extenderse circunferencialmente alrededor del primer componente conector 1004. Las pestañas 1010 pueden resistir el desmontaje inadvertido del primer componente conector 1004 de uno o más del tubo alargado 702, la funda 704 y el segundo componente conector 1006 (o viceversa). La pestaña 1010 puede extenderse radialmente hacia fuera desde al menos una parte del primer componente conector 1004, y puede definir en parte un canal anular 1012. El segundo componente conector 1006 puede en parte ser recibido dentro del canal anular 1012. La pestaña 1010 puede inhibir que uno o más del tubo alargado 702, la funda 704 y el segundo componente conector 1006 se deslicen fuera del primer componente conector en dirección longitudinal.

El segundo componente conector 1006 puede tener una o más aberturas 1014. Las aberturas 1014 pueden estar dispuestas en pares en lados opuestos del segundo componente conector 1006. Las aberturas 1014 pueden ser orificios pasantes. Es decir, cada una de las aberturas puede extenderse completamente a través de una pared cilíndrica que define parte del segundo componente conector 1006.

Las aberturas 1014 pueden facilitar la fabricación del conducto 700, como se describe con más detalle a continuación. Las aberturas 1014 pueden proporcionar un mayor agarre para que un usuario conecte o desconecte el conducto 700 a/de otros componentes del sistema de asistencia respiratoria.

Aunque las aberturas 1014 del conducto 700 de ejemplo están dispuestas como pares de ranuras alargadas paralelas, como alternativa, puede haber cualquier número

de aberturas en cualquier forma o disposición adecuada. Por ejemplo, las aberturas pueden formar alternativamente un patrón de chevron o un logotipo. En algunos ejemplos, el patrón de chevron u otros indicios (como texto o símbolos) pueden indicar una dirección de flujo preferida, o un componente específico del sistema de asistencia respiratoria al que se pretende acoplar el conector 706 respectivo. Esto puede reducir el riesgo de desconexiones. El conducto 700 de ejemplo puede ser simétrico y puede estar configurado para acoplarse entre la fuente de gases 102 (o filtro) y la pieza en Y 110 en cualquier dirección. En otros ejemplos, el conducto puede ser direccional.

Al menos uno del primer componente conector 1004 y el segundo componente conector 1006 puede estar formado a partir de un material polimérico. El material polimérico puede incluir uno o más de policarbonato (PC), polipropileno (PP) y polietileno (PE). En algunos ejemplos, el primer componente conector 1004 y el segundo componente conector 1006 pueden estar formados a partir del mismo material. En otros ejemplos, el primer componente conector 1004 y el segundo componente conector 1006 pueden estar formados a partir de materiales diferentes.

El primer componente conector 1004 puede estar moldeado por inyección. El segundo componente conector 1006 puede estar sobremoldeado en uno o más de los tubos alargados 702, la funda 704 y el primer componente conector 1004. En algunos ejemplos, el segundo componente conector 1006 puede estar sobremoldeado en los tres del tubo alargado 702, la funda 704 y el primer componente conector 1004.

En otros ejemplos, la funda 704 puede fijarse, como alternativa o adicionalmente, a uno o más del conector 706 y al tubo alargado 702 mediante soldadura ultrasónica, soldadura de radiofrecuencia (RF), un adhesivo, una abrazadera de manguera, un clip (por ejemplo, un clip o clip a presión) o similares.

También se muestra en la FIG. 10 una parte de manguito 1002 y una parte corrugada 1016 del tubo alargado 702. La parte del manguito 1002 en este ejemplo, que está destinado a ser recibido entre el primer componente conector 1004 y el segundo componente conector 1006 del conector 706, no está corrugada. La ausencia de corrugaciones de la parte de manguito 1002 puede tener una o más de las ventajas de ayudar a la inserción del borde biselado 1008 dentro de la parte de manguito 1002, facilitando un acoplamiento más seguro entre el tubo alargado 702 y el conector 706, y

reduciendo la posibilidad de fugas neumáticas entre el tubo alargado 702 y el conector 706.

5 La FIG. 11 es una vista en sección transversal de un extremo de un conducto 700 de acuerdo con la presente divulgación. La funda 704 está representada esquemáticamente para mayor claridad. Debe apreciarse que la funda 704 puede estrecharse hasta el diámetro, por ejemplo, el diámetro interno, del conector 706 como se muestra en la FIG. 21(e), por ejemplo. Debido a la naturaleza de una funda de malla
10 tubular trenzada, esto puede lograrse ampliando la longitud de la funda en la parte que requiere un diámetro menor.

El primer componente del conector 1004 define el orificio 802 del conector 706. El primer componente conector 1004 puede incluir un extremo cónico ahusado 1102 macho
15 o hembra configurado para conectarse a otros componentes del sistema de asistencia respiratoria, por ejemplo, la entrada de retorno de gases 140. Un extremo opuesto del primer componente conector 1004 puede recibirse parcialmente dentro del lumen 1202 del tubo alargado 702, por ejemplo, en la parte de manguito 1002. Uno o más del tubo alargado 702 y la funda 704 pueden estar expuestos, por ejemplo, visibles, a través de
20 las aberturas 1014 del segundo componente conector 1006 del conector 706.

Como se muestra, el extremo de uno o más del tubo alargado 702, por ejemplo, la parte de manguito 1002, y el extremo correspondiente de la funda 704 pueden fijarse entre
25 sí mediante uno o más del primer componente conector 1004 y el segundo componente conector 1006. Los extremos del tubo alargado 702 y de la funda 704 pueden coincidir dentro del conector 706. En algunos ejemplos, uno o más del tubo alargado 702 y la funda 704 pueden estar fijados entre (por ejemplo, "intercalados" en) el primer componente conector 1004 y el segundo componente conector 1006. En algunos ejemplos, la funda
30 704 puede colocarse directamente adyacente al tubo alargado 702 dentro del conector 706. En otros ejemplos, como se muestra, la funda 704 puede estar separada del tubo alargado 702 dentro del conector 706.

35 La FIG. 12 proporciona una vista detallada isométrica en despiece ordenado de un extremo de un conducto 700 de acuerdo con la presente divulgación, incluyendo el tubo alargado 702, funda 704, y el primer componente conector 1004 y el segundo componente conector 1006 del conector 706. También se muestran la parte de manguito 1002 y la

parte corrugada 1016 del tubo alargado 702, y una parte del lumen 1202 para el paso de los gases respiratorios de un extremo al otro del conducto 700.

5 La FIG. 13 es una vista isométrica detallada, parcialmente en despiece ordenado, de partes de un tubo alargado 702 y la funda 704 de un conducto 700 de acuerdo con la presente divulgación. También se muestra (en parte) el lumen 1202 definido por el tubo alargado 702.

10 La FIG. 14 es una vista lateral, parcialmente en despiece ordenado, de porciones del tubo alargado 702 y de la funda 704 de un conducto 700 de acuerdo con la presente divulgación.

15 La funda 704 está en forma esquemática para mayor claridad. Se muestra la pluralidad de elementos de trenzado en sentido horario 904 y elementos de trenzado en sentido antihorario 906 de la funda 704. Los elementos de trenzado en sentido horario 904 y los elementos de trenzado en sentido antihorario 906 pueden estar intercalados como se describe en más detalle a continuación y se ilustra en las FIG. 18 y FIG. 19.

20 La FIG. 15 muestra una sección transversal a través del tubo alargado 702 y la funda 704 de un conducto 700 de acuerdo con la presente divulgación. El conector 706 se omite para mayor claridad.

25 Se puede observar que puede haber una separación 1502 entre la superficie exterior del tubo alargado 702 y la superficie interior de la funda 704 cuando el conducto 700 de ejemplo está en un estado equilibrado, como se ilustra. Esto permite cierta expansión de al menos una parte del tubo alargado 702 en al menos una de la dirección radial 1504 y la dirección longitudinal 902. Aunque, bajo algunas condiciones, una mayor expansión del tubo alargado 702 en la dirección radial 1504 puede verse restringida por
30 la funda 704, como se describe con más detalle a continuación. Es decir, en este ejemplo, la funda 704 puede restringir selectivamente la expansión del tubo alargado 702.

35 Como se ha explicado anteriormente, la separación 1502 no tiene que ser necesariamente uniforme o incluso continua alrededor de toda la circunferencia del conducto 700, o a lo largo de la longitud del conducto 700 (en la dirección longitudinal 902). En particular, la funda 704 tampoco tendrá necesariamente una sección transversal perfectamente circular ni será concéntrica con el tubo alargado 702.

La FIG. 15 también ilustra el lumen 1202 definido por la pared del tubo, y un ejemplo de lo que se denomina la dirección radial del conducto 700, representado por las flechas 1504.

La FIG. 16 es una vista lateral en sección transversal detallada de porciones de un conducto 700 de acuerdo con la presente divulgación. Se muestran una funda 704 y la parte corrugada 1016 de un tubo alargado 702. El dibujo muestra sólo una parte superior de una longitud del conducto 700 en una orientación horizontal, con el lumen 1202 hacia la parte inferior del dibujo y el aire ambiente en la parte superior del dibujo.

Puede observarse una separación 1502 entre la superficie exterior del tubo alargado 702, en los picos 1602 de las corrugaciones y la superficie interior de la funda 704. También puede observarse que las depresiones 1604 de la parte corrugada 1016 en este ejemplo están aplanadas. Es decir, las depresiones son sustancialmente cilíndricas. Por el contrario, los picos 1602 pueden curvarse continuamente, como se muestra.

Material transpirable

El material transpirable puede ser, o incluir, un copolímero de bloque como un elastómero termoplástico (TPE) con "segmentos duros" y "segmentos blandos". En algunos ejemplos, los segmentos duros pueden ser un polímero duro, rígido, semicristalino que puede ser hidrófobo (por ejemplo, un poliéster como el poli(tereftalato de butileno) (PBT) o similar). En algunos ejemplos, los segmentos blandos pueden ser un polímero blando, flexible, amorfo e hidrófilo (por ejemplo, un macroglicol de tipo éter). El material transpirable puede combinar las propiedades hidrófilas de los segmentos blandos con las propiedades mecánicas de los segmentos duros.

En algunos ejemplos, el copolímero de bloque puede ser al menos aproximadamente el 90 %, al menos aproximadamente el 92 %, al menos aproximadamente el 95 % o al menos aproximadamente el 97 %, por ejemplo, aproximadamente el 97 % o aproximadamente el 98.5 %, del material transpirable del tubo alargado en uno o más de masa, peso y volumen.

La FIG. 17 es un gráfico que muestra los resultados de las pruebas de calorimetría diferencial de barrido (DSC) (definidas en el Glosario más adelante) en especímenes de

muestra de un ejemplo de tubo alargado 702 formado a partir de un material transpirable de acuerdo con la presente divulgación.

5 La línea 1702 de la FIG. 17 muestra la tasa de calor diferencial (medida en milivatios por miligramo, mW/mg) del material transpirable de ejemplo al calentarlo por segunda vez durante las pruebas de DSC.

10 Los picos de la línea 1702 representan los puntos de fusión 1704 del material transpirable. El término "punto de fusión", tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a la temperatura correspondiente a un pico en el gráfico de DSC. Se apreciará que la fusión puede comenzar antes del pico.

15 En algunos ejemplos, el material transpirable puede tener dos, tres o más puntos de fusión 1704. El punto de fusión más bajo 1704 del material transpirable puede estar a una temperatura superior a aproximadamente 37 °C, superior a aproximadamente 42 °C, superior a aproximadamente 44 °C, superior a aproximadamente 45 °C o superior a aproximadamente 46 °C, por ejemplo, a una temperatura de aproximadamente 47 °C. La temperatura de punto de fusión más bajo 1704 del material transpirable puede ser inferior a aproximadamente 108 °C, inferior a aproximadamente 100 °C, inferior a aproximadamente 80 °C, inferior a aproximadamente 60 °C o inferior a aproximadamente 50 °C. En algunos ejemplos, el punto de fusión más bajo 1704 puede estar a una temperatura entre aproximadamente 37 °C y 100 °C, entre aproximadamente 40 °C y 60 °C o entre aproximadamente 40 °C y 50 °C.

25 En algunos ejemplos, el material transpirable puede tener un punto de fusión 1704 a una temperatura entre aproximadamente 42 °C y 52 °C, entre aproximadamente 44 °C y 50 °C, entre aproximadamente 45 °C y 49 °C o entre aproximadamente 46 °C y 47 °C, por ejemplo, a una temperatura de aproximadamente 47 °C.

30 En algunos ejemplos, el material transpirable puede tener un punto de fusión 1704 a una temperatura entre aproximadamente 202 °C y 212 °C, entre aproximadamente 204 °C y 210 °C, entre aproximadamente 205 °C y 209 °C o entre aproximadamente 206 °C y 208 °C, por ejemplo, a una temperatura de aproximadamente 207 °C.

35 En algunos ejemplos, el material transpirable puede tener un punto de fusión 1704 a una temperatura entre aproximadamente 215 °C y 225 °C, entre aproximadamente

217 °C y 223 °C, entre aproximadamente 218 °C y 222 °C o entre aproximadamente 219 °C y 221 °C, por ejemplo, a una temperatura de aproximadamente 220 °C.

5 En algunos ejemplos, el material transpirable puede tener dos puntos de fusión 1704 por encima de una temperatura de aproximadamente 197 °C, por encima de aproximadamente 202 °C, por encima de aproximadamente 204 °C, por encima de aproximadamente 205 °C o por encima de aproximadamente 206 °C, por ejemplo, a y por encima de una temperatura de aproximadamente 207 °C.

10 En algunos ejemplos, el material transpirable puede tener dos puntos de fusión 1704 a temperaturas entre aproximadamente 202 °C y 225 °C, entre aproximadamente 204 °C y 223 °C, entre aproximadamente 205 °C y 222 °C o entre aproximadamente 206 °C y 221 °C, por ejemplo, a temperaturas de aproximadamente 207 °C y 220 °C.

15 En algunos ejemplos, el material transpirable puede tener dos puntos de fusión 1704 con una diferencia de temperatura inferior a aproximadamente 23 °C, inferior a aproximadamente 18 °C, inferior a aproximadamente 16 °C, inferior a aproximadamente 15 °C o inferior a aproximadamente 14 °C, por ejemplo, una diferencia de temperatura de aproximadamente 13 °C.

20 En algunos ejemplos, el material transpirable puede tener dos puntos de fusión 1704 con una diferencia de temperatura de entre aproximadamente 150 °C y 170 °C, entre aproximadamente 155 °C y 165 °C, entre aproximadamente 158 °C y 162 °C o entre aproximadamente 159 °C y 161 °C, por ejemplo, una diferencia de temperatura de aproximadamente 160 °C.

25 El material transpirable puede tener tres puntos de fusión 1704. Los tres puntos de fusión pueden estar a temperaturas de entre aproximadamente 42 °C y 225 °C, entre aproximadamente 44 °C y 223 °C, entre aproximadamente 45 °C y 222 °C o entre aproximadamente 46 °C y 221 °C.

30 En un ejemplo particular, los tres puntos de fusión 1704 pueden estar a temperaturas de aproximadamente 47 °C, 207 °C y 220 °C (todos ± 5 °C, ± 3 °C, ± 2 °C o ± 1 °C).

En algunos ejemplos, el material transpirable puede tener un punto de fusión más bajo a una temperatura superior a 37 °C (o 42 °C, 44 °C, 45 °C, 46 °C). Como se ha descrito anteriormente, 37 °C puede corresponder a una o más de la temperatura de los gases respiratorios suministrados al paciente por el sistema de asistencia respiratoria y a la temperatura de los gases respiratorios espirados por el paciente.

El punto de fusión más bajo del material transpirable puede corresponder al punto de fusión de los segmentos blandos del material transpirable. Se ha descubierto que la selección de un material transpirable con todos los puntos de fusión por encima de esta temperatura puede mitigar la fusión de los segmentos blandos del material transpirable cuando el conducto transporta gases respiratorios calentados y humidificados durante el uso. A temperaturas superiores al punto de fusión de los segmentos blandos, los segmentos blandos pueden permanecer unidos a los segmentos duros. El usuario no percibe que el tubo alargado se esté "derritiendo". Pero se ha descubierto que por debajo del punto de fusión más bajo, la mayoría de los segmentos blandos pueden permanecer sólidos durante el uso y contribuir a la integridad estructural del tubo alargado. Esto puede permitir el uso de una mayor proporción de segmentos blandos frente a segmentos duros en el material transpirable, lo que a su vez puede aumentar la permeabilidad del material transpirable a las moléculas de agua.

En algunos ejemplos, la temperatura de los gases respiratorios dentro del lumen del conducto inspiratorio 108 puede ser superior a 37 °C para permitir un descenso de la temperatura antes de que los gases respiratorios se suministren al paciente a través de la interfaz de paciente. En algunos ejemplos, la temperatura de los gases respiratorios dentro del lumen del conducto inspiratorio 108 puede ser de hasta 50 °C o 60 °C, por ejemplo. Por consiguiente, en algunos ejemplos, el punto de fusión más bajo del material transpirable puede estar a una temperatura superior a 50 °C, o superior a 60 °C.

Se ha comprobado que dicho material transpirable es especialmente adecuado para su uso en conductos sin calentador, por ejemplo, un hilo térmico. Un hilo térmico puede calentarse hasta una temperatura muy por encima de la temperatura de los gases respiratorios dentro del lumen 1202. Se ha descubierto que este calentamiento puede fundir al menos algunos de los segmentos blandos del material transpirable durante el uso, aunque la temperatura de los gases respiratorios no supere el punto de fusión más

bajo. Esto ocurre sobre todo si el hilo térmico está incrustado en la pared del tubo o presionado contra la pared del tubo. Omitiendo el hilo térmico y seleccionando un material transpirable con puntos de fusión superiores a una temperatura prevista, o real, máxima de los gases respiratorios, al menos una mayoría de los segmentos blandos permanecerán sólidos durante el uso del conducto, contribuyendo así a la resistencia mecánica del conducto, durante el uso. En algunos ejemplos, puede no ser necesaria una funda.

En otros ejemplos, el conducto puede incluir un hilo térmico y el material transpirable puede seleccionarse para tener un punto de fusión más bajo por encima de la temperatura previsto, o real, máxima del hilo térmico, durante el uso. En otros ejemplos, el conducto puede funcionar, por ejemplo, controlando el ciclo de trabajo del hilo térmico, de modo que la temperatura del hilo térmico no supere el punto de fusión más bajo del material transpirable. En otros ejemplos, el tubo alargado 702 puede estar formado por un material transpirable y un material no transpirable, y el hilo térmico puede estar incrustado en, o presionado contra, el material no transpirable.

Al menos una parte del tubo alargado 702 pueden estar configurada para absorber más de aproximadamente el 45 %, más de aproximadamente el 65 %, más de aproximadamente el 75 %, más de aproximadamente el 100 %, más de aproximadamente el 120 % o más de aproximadamente el 130 % de su propia masa en agua, en pruebas de inmersión (descritas en el Glosario, a continuación).

En algunos ejemplos, las muestras de al menos una parte del tubo alargado 702 puede estar configurada para absorber entre aproximadamente el 45 % y el 250 %, entre aproximadamente el 65 % y el 200 %, entre aproximadamente el 75 % y el 175 %, entre aproximadamente el 100 % y el 160 %, entre aproximadamente el 110 % y el 150 %, entre aproximadamente el 120 % y el 140 %, entre aproximadamente el 130 % y el 140 % o entre aproximadamente el 133 % y el 139 %, por ejemplo, aproximadamente el 139 %, de su propia masa seca en moléculas de agua, en pruebas de inmersión.

En algunos ejemplos, las muestras de al menos una parte del tubo alargado 702 puede estar configurada para absorber entre aproximadamente el 40 % y el 80 %, entre aproximadamente el 40 % y el 60 %, entre aproximadamente el 45 % y el 55 % o entre

aproximadamente el 48 % y el 51 %, por ejemplo, aproximadamente el 49 %, de su propia masa seca en moléculas de agua, en pruebas de inmersión.

5 En algunos ejemplos, las muestras de al menos una parte del tubo alargado 702 puede estar configurada para absorber entre aproximadamente el 100 % y el 250 %, entre aproximadamente el 100 % y el 180 %, entre aproximadamente el 110 % y el 150 %, entre aproximadamente el 120 % y el 140 %, entre aproximadamente el 130 % y el 145 % o entre aproximadamente el 135 % y el 145 %, por ejemplo, aproximadamente el 138 % o
10 el 139 %, de su propia masa seca en moléculas de agua, en pruebas de inmersión.

 En algunos ejemplos, las muestras de al menos una parte del tubo alargado pueden estar configurada para absorber más de aproximadamente el 33 %, entre aproximadamente el 33 % y el 200 %, entre aproximadamente el 100 % y el 160 %, entre
15 aproximadamente el 120 % y el 140 % o entre aproximadamente el 130 % y el 135 %, por ejemplo, aproximadamente el 133 % de su propia masa en moléculas de agua, en pruebas de inmersión.

 Se ha comprobado que la permeabilidad a las moléculas de agua del material
20 transpirable descrito en el presente documento mitiga el condensado dentro del lumen hasta tal punto que puede omitirse al menos uno de un hilo térmico y un colector de agua. En algunos ejemplos, tanto el hilo térmico como el colector de agua pueden omitirse.

 En algunos ejemplos, se ha descubierto que dicho tubo alargado 702 puede ser
25 suficientemente permeable a las moléculas de agua para mitigar pasivamente (es decir, sin calentamiento, vaciar un colector de agua, o drenar el conducto) la condensación dentro del lumen tras un uso prolongado del conducto 700, por ejemplo, uso continuo durante aproximadamente 24 horas. En algunos ejemplos, puede no haber acumulación
30 neta de condensado dentro del lumen, incluido el condensado procedente de otras fuentes, como el soporte de catéter, tras un uso prolongado. En algunos ejemplos, los conductos de acuerdo con la presente divulgación pueden ser lo suficientemente transpirables como para que no sea necesario que un profesional médico drene el condensado del conducto tras un uso prolongado, al menos cuando el conducto se utiliza
35 en un entorno regulado, por ejemplo, aire ambiente dentro del intervalo de aproximadamente 20 °C a 24 °C y de aproximadamente el 40 % al 60 % de humedad relativa.

En un ejemplo, se encontró que un conducto que tiene un tubo alargado 702 configurado para absorber entre aproximadamente el 45 % y el 55 %, entre aproximadamente el 46 % y el 52 %, entre aproximadamente el 47 % y el 51 % o entre aproximadamente el 48 % y el 50 %, por ejemplo, aproximadamente el 49 % o aproximadamente el 50 %, de su propia masa en moléculas de agua en pruebas de inmersión, era adecuado para su uso como conducto espiratorio 114 sin necesidad de un hilo térmico o un colector de agua en al menos algunas condiciones ambientales. Tampoco requería una funda 704 u otras medidas similares para compensar el reblandecimiento del tubo alargado 702 al absorber moléculas de agua, durante el uso. Es decir, se comprobó que el tubo alargado por sí solo cumplía uno o más de los requisitos de resistencia al flujo y de adaptabilidad de la norma ISO 5367:2014(E) en un estado acondicionado sin una funda 704.

En otro ejemplo, se encontró que un conducto 700 que tiene un tubo alargado 702 configurado para absorber entre aproximadamente el 130 % y el 140 % de su propia masa en moléculas de agua, en pruebas de inmersión, también sin hilo térmico ni colector de agua, era adecuado para su uso como conducto espiratorio 114. Se comprobó que este ejemplo atenuaba mejor la condensación en una gama más amplia de condiciones ambientales en comparación con el ejemplo anterior (configurado para absorber entre aproximadamente el 45 % y el 55 %). El conducto 700 estaba provisto de una funda 704. Se comprobó que el conducto 700 cumplía uno o más de los requisitos de resistencia al flujo y adaptabilidad de la norma ISO 5367:2014(E) en estado acondicionado a pesar de absorber una proporción mucho mayor de moléculas de agua.

En un ejemplo, tras un uso prolongado, por ejemplo, aproximadamente 24 horas, no se encontró condensado acumulado en la fuente de gases o dentro del lumen del conducto 700 cuando se utilizó como conducto espiratorio 114. Tras cinco días de uso continuado, se observó que el condensado se acumulaba en la fuente de gases a una velocidad inferior a aproximadamente 1 mililitro por hora (ml/h) y dentro del lumen del conducto 700 a una velocidad inferior a aproximadamente 2 ml/h, sin hilo térmico ni colector de agua. Pero en algunos ejemplos, opcionalmente, el conducto puede estar provisto de al menos uno de un hilo térmico y un colector de agua.

En algunos ejemplos, una adaptabilidad del conducto 700 puede depender de una interacción física entre el tubo alargado 702 y la funda 704. La adaptabilidad del conducto 700, cuando se acondiciona durante un periodo prolongado, pueden diferir en más del 10 %, el 20 % o incluso el 30 % cuando está con funda frente a cuando está sin funda.

El material transpirable puede incluir además uno o más aditivos. Los aditivos pueden incluir uno o más agentes espumantes, colorante, estabilizador de ultravioleta (UV), absorbente de UV o coadyuvante de procesamiento, por ejemplo. En algunos ejemplos, el (los) aditivo(s) pueden formar hasta aproximadamente el 10 %, hasta aproximadamente el 8 %, hasta aproximadamente el 5 % o hasta aproximadamente el 3 %, por ejemplo, aproximadamente el 3 % o el 1.5 %, del material transpirable del tubo alargado en uno o más de masa, peso y volumen. Se apreciará que los propios aditivos pueden no ser necesariamente transpirables, pero el material transpirable en su conjunto sigue siendo transpirable con los aditivos.

En algunos ejemplos, el material transpirable puede estar no espumado. En otros ejemplos, el material transpirable puede estar espumado. El material transpirable puede incluir un aditivo de agente espumante. El agente espumante puede seleccionarse y dosificarse de modo que el material transpirable sea una espuma de célula cerrada. Se ha descubierto que los huecos formados dentro de un material transpirable espumado pueden aumentar la masa de agua que puede ser absorbida por el material transpirable. En un ejemplo, se observó que una muestra de material transpirable espumado absorbía aproximadamente el doble de masa de agua en comparación con una muestra no espumada de masa seca y estructura equivalentes (por ejemplo, perfil de corrugación), en pruebas de inmersión. Los huecos también pueden mejorar el aislamiento térmico proporcionado por la pared del tubo.

Funda

La FIG. 18 proporciona un diagrama detallado de una funda 704 de un conducto 700 de acuerdo con la presente divulgación, con el conducto 700 en estado equilibrado. La funda 704 se ilustra como si el conducto estuviera dispuesto horizontalmente.

La funda 704 puede ser menos elástica que el tubo alargado 702, de modo que si el tubo alargado 702 se aplasta, la recuperación del tubo alargado 702 no está restringida por la funda 704.

5

La funda 704 puede ser una malla. La funda 704 puede tener una pluralidad de elementos de trenzado intercalados para formar una malla tubular trenzada.

10

En algunos ejemplos, la funda puede tener una configuración biaxial. Cada uno de los elementos de trenzado puede estar dispuesto helicoidalmente alrededor del tubo alargado 702 en sentido horario o antihorario.

15

Cada uno de los elementos de trenzado en sentido horario 904 puede intercalarse con cada uno de los elementos de trenzado en sentido antihorario 906, y viceversa. En algunos ejemplos, los elementos de trenzado pueden estar intercalados en un patrón de trenzado regular en el que un elemento de trenzado en sentido horario 904 pasa por debajo de dos elementos de trenzado en sentido antihorario 906 y luego por encima de dos elementos de trenzado en sentido horario 906, como se muestra. En otros ejemplos, los elementos de trenzado pueden estar intercalados en un patrón de trenzado de diamante en el que un elemento de trenzado en sentido horario 904 pasa por debajo de un único elemento de trenzado en sentido antihorario 906 y luego por encima de un único elemento de trenzado en sentido horario 906.

20

25

Los elementos de trenzado de la funda 704 de malla tubular trenzada pueden estar orientados cada uno con un ángulo de trenzado α con respecto a la dirección longitudinal del conducto 700 (la dirección horizontal, como se ilustra). En algunos ejemplos, el ángulo de trenzado α puede ser el mismo para los elementos de trenzado en sentido horario 904 y para los elementos de trenzado en sentido antihorario 906. En algunos ejemplos, el ángulo de trenzado α en el estado equilibrado puede estar entre aproximadamente 35° y 55°, o entre aproximadamente 40° y 50°. En un ejemplo, el ángulo de trenzado puede ser de aproximadamente 45°. En algunos ejemplos, el ángulo en una intersección entre un elemento de trenzado en sentido horario 904 y un elemento de trenzado en sentido antihorario 906 puede estar entre aproximadamente 70° y 110° o entre aproximadamente 80° y 100°. En un ejemplo, el ángulo en la intersección puede ser de aproximadamente 90°.

30

35

En otros ejemplos, los elementos de trenzado que se extienden en la dirección longitudinal, paralela al tubo alargado 702, pueden ser ventajosos en aplicaciones donde la expansión del conducto en la dirección longitudinal no es deseable. Los elementos de trenzado que se extienden en dirección circunferencial pueden ser ventajosos en aplicaciones donde la expansión del conducto en la dirección radial no es deseable.

En algunos ejemplos, la funda puede tener una configuración triaxial o de otro tipo.

En algunos ejemplos, los respectivos elementos de trenzado 904, 906 no están pegados ni unidos permanentemente de otro modo entre sí donde se cruzan (excepto donde la funda 704 está fijada con respecto al tubo alargado 702, por ejemplo, en los conectores 706). Es decir, los elementos de trenzado 904, 906 pueden moverse uno con respecto a otro en cierta medida (sujetos a fuerzas de fricción).

La funda 704 puede tener un tejido abierto. Los elementos de trenzado en sentido horario 904 pueden estar separados entre sí alrededor de la circunferencia de la funda 704. Los elementos de trenzado en sentido horario 904 pueden estar separados de manera sustancialmente equidistante, por ejemplo, adyacente al conector 706. Los elementos de trenzado en sentido antihorario 906 pueden estar separados entre sí de forma similar.

La separación de los elementos de trenzado en la funda trenzada forma una pluralidad de aberturas 908 entre los elementos de trenzado. Cada una de las aberturas puede tener una forma sustancialmente cuadrilátera, por ejemplo, tienen forma de paralelogramo o forma romboide. La geometría de las aberturas puede variar durante el uso, sufriendo una transformación afín a medida que las dimensiones de la funda 704 varían durante el uso como se describe con más detalle a continuación.

En este estado equilibrado, las aberturas 908 pueden ser relativamente alargadas en la dirección longitudinal (la dirección horizontal, como se ilustra) en comparación con la dirección tangencial (la dirección vertical, como se ilustra).

Si los elementos de trenzado 904, 906 no están pegados o unidos permanentemente de otro modo en el lugar donde se cruzan, puede haber cierto movimiento relativo entre ellos a medida que el tubo alargado 702 se expande y/o contrae, durante el uso. Se apreciará que la separación entre elementos de trenzado adyacentes

puede no ser necesariamente uniforme a lo largo de la longitud del conducto. Tampoco todas las aberturas 908 formarán necesariamente un paralelogramo perfecto.

5 En algunos ejemplos, una propiedad útil de la funda 704 es que la longitud total (en la dirección longitudinal) y el diámetro (en la dirección radial) de la funda 704 pueden variar en una relación inversa. Es decir, la funda 704 tenderá a contraerse en la dirección radial a medida que se alarga en la dirección longitudinal. Por el contrario, la funda 704 tenderá a contraerse en sentido longitudinal al expandirse en la dirección radial. Se ha
10 descubierto que esta propiedad puede aprovecharse para contrarrestar, al menos parcialmente, los cambios en las propiedades mecánicas del tubo alargado 702 a medida que se expande debido a la absorción de moléculas de agua durante el uso, como se describe con más detalle a continuación.

15 En la práctica, el revestimiento puede tener límites en uno o más de los diámetros mínimo y máximo a los que puede deformarse. En algunos ejemplos, por ejemplo, para un conducto para adultos, la funda 704 puede tener un diámetro interior que puede variar entre al menos aproximadamente 23 mm y 43 mm (± 2 mm). Es decir, la funda 704 puede
20 estar configurada para ajustarse a varillas con diámetros exteriores que oscilan entre aproximadamente 23 mm y 43 mm. Se apreciará que la longitud de la funda 704 también cambiará a lo largo de este intervalo. En algunos ejemplos, la funda 704 puede tener un diámetro interior que puede variar en al menos aproximadamente 20 mm.

25 En otros ejemplos, por ejemplo, para un conducto para paciente neonatal o pediátrico, la funda puede tener un diámetro interior que puede variar entre al menos aproximadamente 12 mm y 22 mm (± 2 mm). En algunos ejemplos, la funda puede tener un diámetro interior que puede variar en al menos aproximadamente 10 mm.

30 En algunos ejemplos, el número de elementos de trenzado en sentido horario 904 puede ser igual al número de elementos de trenzado en sentido antihorario 906. En algunos ejemplos, la funda 704 puede tener entre aproximadamente 75 y 125 elementos de trenzado o entre aproximadamente 90 y 100 elementos de trenzado. La funda 704 del
35 conducto de ejemplo 700 tiene aproximadamente 96 elementos de trenzado en total, formado por 48 elementos de trenzado en sentido horario 904 y 48 elementos de trenzado en sentido antihorario 906. La funda 704 puede ser adecuada para un conducto 700 destinado a ser utilizado por un paciente adulto, por ejemplo.

En otros ejemplos, la funda puede tener entre aproximadamente 40 y 60 elementos de trenzado o entre aproximadamente 45 y 55 elementos de trenzado, por ejemplo, aproximadamente 48 elementos de trenzado en total, formado por 24 elementos de trenzado en sentido horario 904 y 24 elementos de trenzado en sentido antihorario 906. Dicha funda puede ser adecuada para un conducto destinado a un paciente neonatal o pediátrico, por ejemplo.

En algunos ejemplos, uno o más de los elementos de trenzado 904, 906 pueden tener dos o más filamentos (es decir, los elementos de trenzado pueden ser un multifilamento). En otros ejemplos, uno o más de los elementos de trenzado 904, 906 puede ser un único filamento (monofilamento). En algunos ejemplos, cada uno de los elementos de trenzado 904, 906 puede ser un multifilamento. En el ejemplo ilustrado, cada uno de los elementos de trenzado 904, 906 tiene dos filamentos adyacentes. En otro ejemplo, por ejemplo, una funda adecuada para un conducto destinado a un paciente neonatal o pediátrico, cada uno de los elementos de trenzado puede comprender tres filamentos adyacentes.

En algunos ejemplos, como se muestra en la FIG. 18, los filamentos 1802 pueden estar intercalados en un patrón de trenzado regular en el que un par de filamentos 1802 uno al lado del otro pasa por debajo de dos pares de filamentos 1802 uno al lado del otro, luego sobre dos pares de filamentos 1802 uno al lado del otro. En otros ejemplos, los filamentos 1802 pueden estar intercalados en un patrón de trenzado regular en el que un único filamento 1802 pasa por debajo de dos únicos filamentos 1802 y luego por encima de dos únicos filamentos 1802. En otros ejemplos, los filamentos 1802 pueden estar intercalados en un patrón de trenzado de diamante en el que un par de filamentos 1802 uno al lado del otro pasa por debajo de un par de filamentos 1802 uno al lado del otro, luego sobre un par de filamentos 1802 uno al lado del otro. En otros ejemplos, los filamentos 1802 pueden estar intercalados en un patrón de trenzado de diamante en el que un único filamento 1802 pasa por debajo de un único filamento 1802, luego sobre un solo filamento 1802.

En algunos ejemplos, los filamentos de cada elemento de trenzado están sin torsión. En otros ejemplos, los filamentos de cada elemento de trenzado pueden estar retorcidos o trenzados entre sí.

Los filamentos 1802 en el ejemplo ilustrado pueden ser sustancialmente circulares en sección transversal. En otros ejemplos, los filamentos pueden tener una sección transversal poligonal, por ejemplo, triangular, cuadrada, pentagonal, hexagonal, octogonal, o similar. En otros ejemplos, los filamentos pueden tener una sección transversal redondeada, por ejemplo, ovalada, elíptica, poligonal redondeada o similares.

Los filamentos 1802 de la funda 704 de ejemplo pueden estar formados de poli(tereftalato de etileno) (PET). En otros ejemplos, los filamentos 1802 pueden estar formados por uno o más de metal, polímero, materiales cerámicos y fibrosos.

Uno o más de los filamentos 1802 y los elementos de trenzado 904, 906, individual o colectivamente, pueden ser sustancialmente inextensibles a las cargas a las que estarán sometidos en uso normal.

En algunos ejemplos, el número de filamentos en los elementos de trenzado en sentido horario 904 puede ser igual al número de filamentos en los elementos de trenzado en sentido antihorario 906. En algunos ejemplos, la funda puede tener entre aproximadamente 150 y 250 filamentos, o entre aproximadamente 180 y 200 filamentos. La funda 704 del conducto 700 de ejemplo puede tener aproximadamente 192 filamentos en total.

En otros ejemplos, por ejemplo, una funda adecuada para un conducto destinado a un paciente neonatal o pediátrico, la funda puede tener entre aproximadamente 120 y 180 filamentos, o entre aproximadamente 135 y 165 filamentos, por ejemplo, aproximadamente 144 filamentos en total.

En algunos ejemplos, los filamentos pueden tener todos el mismo diámetro. En otros ejemplos, los filamentos pueden tener dos o más diámetros diferentes.

En algunos ejemplos, los filamentos pueden tener un diámetro de entre aproximadamente 0.1 mm y 0.4 mm o de entre aproximadamente 0.2 mm y 0.3 mm. La funda 704 del conducto 700 de ejemplo puede tener filamentos con un diámetro de aproximadamente 0.25 mm.

La FIG. 19 ilustra la funda 704 en un estado acondicionado.

A medida que la funda 704 se expande y contrae en la dirección longitudinal y en la dirección radial, las aberturas 908 pueden sufrir una transformación afín. Es decir, la forma de las aberturas 908 cambia. Un paso de los elementos de trenzado 904, 906 (es decir, el ángulo de los elementos de trenzado y, por tanto, el número de arrollamientos helicoidales sobre el tubo alargado 702 por unidad de longitud del mismo) puede variar.

En este estado equilibrado, las aberturas 908 pueden ser relativamente alargadas en la dirección tangencial en comparación con la dirección longitudinal.

Cuando se compara con el estado equilibrado mostrado en la FIG. 18, se puede observar que las aberturas 908 en la FIG. 19 son relativamente más cortas en la dirección longitudinal. Y relativamente más largo en la dirección tangencial.

La longitud y el diámetro de la funda 704 pueden estar inversamente relacionados. Las diferentes mallas tubulares trenzadas pueden caracterizarse por el gradiente de su relación longitud frente a diámetro (L/D).

La FIG. 20 ilustra un gráfico del gradiente de longitud frente al diámetro de varios ejemplos de mallas tubulares trenzadas diferentes.

El proceso de caracterización se llevó a cabo cortando un espécimen de muestra de un revestimiento de malla tubular trenzada a una longitud predeterminada (por ejemplo, 2000 mm) cuando se aplana (como se almacena normalmente), a continuación, midiendo la longitud del espécimen de muestra cuando se ajusta sobre, y conforme a, una serie de varillas de acero de diámetros adecuados conocidos (por ejemplo, diámetros de entre aproximadamente 22 mm y 32 mm o entre aproximadamente 23 mm y 32 mm, para un conducto para adultos). En algunos ejemplos, el gradiente de longitud frente a diámetro puede ser sustancialmente lineal dentro de este intervalo. Una longitud y un diámetro iniciales diferentes pueden dar lugar a una respuesta característica similar en función de la configuración de los elementos de trenzado. Se puede determinar un gradiente de longitud frente a diámetro trazando estas mediciones y las líneas de tendencia lineal asociadas, en un gráfico. La FIG. 20 ilustra fundas con gradientes de longitud frente a diámetro de aproximadamente -23, -34, -37, -43 y -79.

Una malla tubular trenzada que tenga un valor absoluto relativamente mayor de gradiente de longitud frente a diámetro dará lugar a una reducción relativamente mayor

de la longitud del tubo alargado a medida que aumenta el diámetro (y viceversa). Un valor absoluto menor del gradiente de longitud frente al diámetro da como resultado un cambio comparativamente menor de la longitud axial para un mismo aumento del diámetro.

5

En algunos ejemplos, por ejemplo, para un conducto para adultos, el gradiente de longitud frente a diámetro de la funda 704 del conducto 700 puede estar entre aproximadamente -100 y -20, entre aproximadamente -50 y -20 o entre aproximadamente -40 y -35. En un ejemplo, el gradiente de longitud frente a diámetro puede ser de

10

aproximadamente -37.

En otros ejemplos, por ejemplo, para un conducto para paciente neonatal o pediátrico, el gradiente de longitud frente a diámetro de la funda puede estar entre aproximadamente -75 y -25, entre aproximadamente -60 y -40 o entre aproximadamente

15

-55 y -45. En un ejemplo, el gradiente de longitud frente a diámetro puede ser de aproximadamente -52.

La separación 1502 entre el tubo alargado 702 y la funda 704 puede crearse cortando la malla tubular trenzada seleccionada para la funda 704 a una longitud que sea mayor que la longitud del tubo alargado 702 en una distancia predeterminada cuando la funda 704 se ajusta al exterior del tubo alargado 702 (es decir, el diámetro exterior máximo del tubo alargado 702 en los picos de las corrugaciones). La distancia predeterminada puede seleccionarse de modo que la longitud final del conducto en el estado acondicionado sea similar a la longitud del tubo en el estado equilibrado, como se ha descrito anteriormente. La funda 704 se comprime axialmente antes de fijarla al tubo alargado 702, de modo que los extremos respectivos del tubo alargado 702 y de la funda 704 coincidan, aumentando el diámetro promedio de la funda 704 para crear la separación 1502. Un gradiente característico de longitud frente a diámetro relativamente menor puede proporcionar una o más de las ventajas de minimizar la separación 1502, lo que puede mejorar la estética, y minimizar la longitud plana de la malla tubular trenzada, lo que puede reducir los costes de fabricación.

20

25

30

35

En algunos ejemplos, la funda 704 también puede mitigar la vibración u oscilación del conducto, durante el uso. El material transpirable utilizado para el tubo alargado 702 tiene propiedades específicas que dan lugar a cambios dimensionales y mecánicos a medida que las moléculas de agua son absorbidas por el material transpirable y se

difunden a través del material transpirable a una velocidad que depende de las condiciones límite de temperatura y humedad a ambos lados del material transpirable. Específicamente, el material transpirable se ablanda y se ensancha al absorber moléculas de agua. Cuando el material transpirable se forma en un tubo alargado que transporta un gas húmedo, con un nivel de humedad superior al del exterior de la pared del tubo, la humedad de los gases respiratorios que entran en el tubo alargado puede disminuir axialmente a medida que los gases respiratorios atraviesan el tubo alargado hacia la salida como resultado de la difusión natural a través del material respirable y el descenso de temperatura resultante, como resultado de la tasa de transferencia de calor dependiente de las condiciones límite a través del material transpirable y como resultado de la difusión de moléculas de agua en el material transpirable mientras el gradiente de presión de vapor permanece positivo a través de la pared del tubo. Esto puede dar lugar a una variación axial de las dimensiones y propiedades mecánicas del conducto. De este modo, el material transpirable tiene las propiedades de un material funcionalmente graduado (FGM), ya que las moléculas de agua son absorbidas por el material transpirable y se difunden a través de él. El diámetro y la longitud de la funda pueden elegirse de tal manera que la expansión radial y la expansión longitudinal puedan controlarse selectivamente. En la entrada del conducto, donde pueden entrar gases respiratorios de alta humedad, la captación de moléculas de agua puede ser mayor en comparación con las posiciones axiales distales a la entrada. En algunos ejemplos, los parámetros de la funda pueden elegirse para mitigar o minimizar la expansión del tubo alargado en la dirección longitudinal (en relación con un estado equilibrado) a favor de una expansión radial en el diámetro hidráulico del tubo alargado. La captación de moléculas de agua, en combinación con el perfil de corrugación y la restricción longitudinal resultante del tubo alargado por la funda, puede tener como consecuencia la producción de una sección de pared del tubo más gruesa en relación con el estado equilibrado. Así, el espesor de pared de la pared del tubo puede variar axialmente y esta variación puede ser más pronunciada cuando la funda se engancha una vez que se ha producido un cambio dimensional suficiente. Aunque el material transpirable puede ablandarse como resultado de la captación de moléculas de agua, la restricción del crecimiento axial resultante de la funda puede dar lugar a una distancia de separación reducida entre los picos de corrugación. Esta menor distancia de separación puede tener un doble efecto: aumenta el espesor de pared y aumenta la resistencia tangencial. La rigidez de un tubo puede depender del

espesor de pared, acabado de la superficie interior, diámetro hidráulico y las propiedades del material. Los modos de flexión de un tubo se excitan cuando la velocidad del gas supera un determinado valor crítico (velocidad crítica) que depende del diámetro hidráulico y de la rugosidad de la superficie interior en relación con la longitud. Controlando la expansión longitudinal y radial del tubo alargado, por lo tanto, la funda puede influir indirectamente en la velocidad crítica en relación con una tubería de diámetro hidráulico uniforme y espesor de pared uniforme. Específicamente, la velocidad crítica de los gases respiratorios puede aumentar, potencialmente hasta varias veces el relativo a un tubo equivalente de espesor de pared y diámetro hidráulico uniformes. Por tanto, para la longitud operativa del tubo alargado al pasar gases respiratorios húmedos a velocidades máximas típicas apropiadas para la terapia, la funda puede reducir la probabilidad de modos de vibración a lo largo del tubo alargado.

Expansión durante el uso

El uso y comportamiento del conducto 700 de ejemplo se describirá a continuación a modo de ejemplo con referencia a las FIG. 21 a FIG. 26. Es de apreciar que esta descripción se refiere a un ejemplo particular solamente, y la estructura y disposición de conductos en otros ejemplos pueden seleccionarse para comportarse de manera diferente. En otros ejemplos, el conducto puede estar configurado y dispuesto para expandirse como alternativa en la dirección longitudinal, o la expansión puede limitarse a una sola de la dirección longitudinal o la dirección radial seleccionando una funda con las propiedades adecuadas, por ejemplo, patrón de trenzado, gradiente de longitud frente a diámetro, y similares.

Debe apreciarse que la FIG. 21 no se muestra a escala y que los cambios de dimensiones y proporciones entre los diferentes estados pueden estar exagerados con fines ilustrativos. La FIG. 21 también ilustra una expansión sustancialmente uniforme del tubo alargado 702, aparte de estrecharse hacia los conectores 706. Como ya se ha descrito, la expansión no tiene que ser necesariamente uniforme durante el uso.

Las FIG. 21(a) a (d) (en el lado izquierdo de la FIG. 21) ilustran esquemáticamente un tubo alargado 702 y un par de conectores 706 sin la funda 704 (denominado conducto sin funda 2108), en diversos estados diferentes.

Las FIG. 21(e) a (h) (a la derecha de la FIG. 21) ilustran esquemáticamente el conducto 700 de ejemplo descrito anteriormente, incluida la funda 704, en diversos estados diferentes.

5

Las FIG. 21 (a) y (e) ilustran el conducto sin funda 2108 y el conducto 700, respectivamente, en el estado equilibrado, sin presión.

10

Las FIG. 21 (b) y (f) ilustran el conducto sin funda 2108 y el conducto 700, respectivamente, en un estado parcialmente acondicionado, sin presión. Puede observarse que tanto el conducto sin funda 2108 como el conducto 700 se han expandido tanto en la dirección radial como en la dirección longitudinal. Pero el conducto 700 menos que el conducto sin funda 2108.

15

Las FIG. 21 (c) y (g) ilustran el conducto sin funda 2108 y el conducto 700, respectivamente, en un estado acondicionado tras un uso prolongado, sin presión. Puede observarse que el conducto sin funda 2108 se ha expandido aún más tanto en la dirección radial como en la dirección longitudinal. Mientras que el conducto 700 se ha expandido aún más en la dirección radial, pero se ha contraído en la dirección longitudinal. El conducto 700 puede volver a, o cerca de, su longitud original.

20

25

Las FIG. 21 (d) y (h) ilustran el conducto sin funda 2108 y el conducto 700, respectivamente, en el mismo estado acondicionado tras un uso prolongado, pero esta vez presurizado. Puede observarse que el conducto sin funda 2108 se ha expandido aún más tanto en la dirección radial como en la dirección longitudinal. Pero el conducto 700 permanece inalterado.

30

En referencia a las FIG. 21(a) y (e), cuando ha de comenzar el tratamiento respiratorio de un paciente, se puede establecer un nuevo circuito de respiración 142 con la fuente de gases 102. El conducto 700 puede extraerse de un envase en el que los gases dentro del lumen 1202 tienen generalmente la misma temperatura y humedad que los gases fuera de la pared tubular del tubo alargado 702 dentro del envase. Es decir, no existe un diferencial de presión de vapor que impulse la transmisión de moléculas de agua a través de la pared tubular del tubo alargado 702. Los gases del interior del envase pueden tener una temperatura y una humedad relativa similares a las del aire ambiente, y por lo tanto el conducto 700 puede encontrarse en un estado equilibrado o casi

35

equilibrado cuando se extrae del envase. En algunos casos, el conducto 700 puede dejarse durante un tiempo después de sacarlo del envase y antes de utilizarlo (por ejemplo, almacenado listo para su uso), llenando el aire ambiente el lumen del tubo alargado 702. Si la humedad del aire ambiente difiere de la del interior del envase, el tubo alargado 702 puede absorber o desorber moléculas de agua mientras llega a un estado equilibrado con el aire ambiente. El conducto sin funda 2108 y el conducto 700 se muestran en este estado equilibrado en la FIG. 21(a) y FIG. 21(e), respectivamente. En este estado, hay una separación 1502 entre el tubo alargado 702 y la funda 704 del conducto 700, como se ha descrito anteriormente.

La funda 704 puede estar configurada para estar al menos parcialmente separada del tubo alargado 702 en este estado equilibrado. Esta separación puede mitigar la rigidez adicional del conducto 700 en el estado equilibrado. Un conducto 700 demasiado rígido puede ser problemático para su utilización. Por ejemplo, puede aumentar las fuerzas de arrastre del tubo sobre la pieza en Y 110 o la interfaz de paciente 112. En algunos ejemplos, la funda 704 en este estado equilibrado no puede hacer ninguna, o no más que insignificante, contribución a la rigidez del conducto 700.

Como se ilustra en la FIG. 21(e), la funda 704 en sus respectivos extremos puede estrecharse hacia el respectivo conector 706 en al menos el estado equilibrado.

Se ha comprobado que el material transpirable del tubo alargado 702 puede ser suficientemente rígido para que el conducto 700 cumpla al menos uno o más de los requisitos de adaptabilidad y resistencia al flujo de la norma ISO 5367:2014(E), cuando se encuentra en el estado equilibrado o cuando se acondiciona según lo establecido en la norma. Pero el conducto 700 puede no cumplir necesariamente uno o más de estos requisitos en el estado acondicionado definido en el presente documento.

Una vez que el conducto 700 se conecta al sistema de asistencia respiratoria y comienza la terapia, el lumen del tubo alargado 702 está expuesto a un flujo de gases respiratorios con una humedad relativa que puede ser superior al 90 %, y a menudo de aproximadamente el 100 %, en el extremo del paciente. El aire ambiente puede tener una humedad relativa de entre aproximadamente el 10 % y el 90 %, y a menudo dentro de los intervalos de aproximadamente el 40 % al 60 % o del 45 % al 55 % que se sugieren para la salud y el confort cotidianos. Existe un diferencial en la presión parcial de vapor de agua

entre los gases respiratorios dentro del lumen 1202 y el aire ambiente fuera del tubo alargado 702. El mecanismo de solución-difusión hace que el material respirable del tubo alargado 702 absorba continuamente moléculas de agua de los gases respiratorios y del condensado (si lo hay) u otros líquidos (si los hay) dentro del lumen, y desorba las moléculas de agua al aire ambiente fuera del tubo alargado 702 de acuerdo con el gradiente de conducción.

Como se describe con más detalle a continuación, haciendo referencia a la FIG. 27, la expansión del tubo alargado 702 en un estado acondicionado, durante el uso, puede no ser necesariamente uniforme a lo largo del tubo alargado 702. Pero con el fin de explicar, la siguiente descripción asume que los cambios en las dimensiones del tubo alargado 702 y la funda 704 ocurren generalmente de manera uniforme.

La absorción inicial de moléculas de agua desde el interior del lumen hace que los tubos alargados 702 del conducto sin funda 2108 y el conducto 700 tiendan a expandirse tanto en la dirección longitudinal 902 como en la dirección radial 1504 (así como en el espesor de pared).

En el caso del conducto sin funda 2108, esta expansión no tiene restricciones, como se ilustra en la FIG. 21(b).

En el caso del conducto 700, la separación 1502 entre el tubo alargado 702 y la funda 704 significa que el tubo alargado 702 puede expandirse algo tanto en la dirección longitudinal como en la dirección radial. La expansión del tubo alargado 702 en la dirección longitudinal causará un alargamiento correspondiente de la funda 704. La elongación del tubo alargado 702 y de la funda 704 puede, a su vez, hacer que la funda 704 se contraiga en la dirección radial.

Como se muestra en la FIG. 21(c) y (g), el uso prolongado del conducto 700 y la exposición al diferencial de humedad (es decir, mayor absorción de moléculas de agua) puede hacer que el tubo alargado 702 se enganche a la superficie interior de la funda 704. La separación 1502 entre el tubo alargado 702 y la funda 704 puede eliminarse a lo largo de al menos una parte de la longitud del tubo alargado 702. La expansión adicional del tubo alargado 702 en al menos una de la dirección radial y la dirección longitudinal puede estar restringida por la funda 704. Es decir, cada uno de los elementos de trenzado de la

funda 704 están en tensión y la funda 704 tiene una tensión circunferencial debido a la expansión de, y el enganche con, el tubo alargado 702.

5 A medida que el tubo alargado 702 continúa absorbiendo moléculas de agua desde el interior del lumen, puede producirse cierta expansión radial adicional del tubo alargado 702. Esto puede hacer que la funda 704 se contraiga en la dirección longitudinal. El conducto 700 puede volver a, o cerca de (por ejemplo, entre aproximadamente el 90 % y el 110 %), su longitud original (en el estado equilibrado).

10 Como se muestra en la FIG. 21(d), la presurización del conducto sin funda 2108 puede causar una mayor expansión tanto en la dirección radial como en la dirección longitudinal. Esto puede deberse en parte al reblandecimiento del material transpirable debido a la absorción de una masa relativamente grande de moléculas de agua. Pero la
15 funda 704 restringe la expansión adicional del conducto 700, como se ilustra en la FIG. 21(h).

20 Como la longitud del tubo alargado 702 varía durante el uso, como se ha descrito anteriormente, un paso de corrugación (es decir, una distancia entre picos adyacentes de las corrugaciones en el tubo alargado 702) también puede variar. Pero en el conducto 700, esta variación es restringida por la funda 704 como es evidente a partir de una comparación entre la FIG. 21(b) (sin funda) y la FIG. 21(f) (con funda), por ejemplo. En los casos donde la interacción entre el tubo alargado 702 y la funda 704 hace que el tubo
25 alargado 702 se expanda inicialmente en la dirección longitudinal y luego se contraiga para volver a, o cerca de, su longitud original, se apreciará que el paso de corrugación del tubo alargado 702 aumentará de forma similar y luego disminuirá para volver a, o cerca de, el paso de corrugación original.

30 Como ya se ha descrito, el tubo alargado 702 puede no necesariamente absorber moléculas de agua uniformemente a lo largo de la longitud de la parte corrugada 1016. En particular, se apreciará que los gases respiratorios en el lumen pueden tener una mayor humedad absoluta en el extremo del paciente del conducto debido al efecto deshumidificador del material respirable sobre los gases respiratorios a medida que pasan
35 a lo largo del tubo alargado 702 hacia la entrada de retorno de gases 140. Es más, la gravedad hará que cualquier condensado que se forme dentro del lumen se drene hacia, y se acumule en, la parte más baja de una o más de las corrugaciones anulares 2202 y el

tubo alargado 702 (en su conjunto). Esto puede hacer que el material transpirable del tubo alargado 702 absorba una mayor concentración de moléculas de agua en una primera región del tubo alargado 702 en comparación con una segunda región del tubo alargado 702. Esto, a su vez, puede dar lugar a una expansión localizada del material transpirable en la primera región, en una o más de la dirección radial y la dirección longitudinal. Y un paso de las corrugaciones 2202 (el número de corrugaciones por unidad de longitud) puede variar a lo largo del tubo alargado 702.

La funda 704 puede permitir una mayor expansión del tubo alargado 702 en la primera región de la que permitiría si la absorción y la expansión fueran uniformes a lo largo del tubo alargado 702. Un diámetro del tubo alargado 702 en la primera región puede exceder el diámetro promedio del tubo alargado 702 en su conjunto. La expansión del tubo alargado 702 en la primera región puede tomar holgura en la funda 704 debido a la separación 1502 en la segunda región del tubo alargado 702. Esta expansión localizada puede aumentar el área superficial y la permeabilidad del material transpirable en la primera región del tubo alargado 702, donde más se desea aumentar la permeabilidad (es decir, en las regiones de mayor concentración de moléculas de agua dentro del lumen, donde el condensado está presente o es más probable que se forme), con respecto a la segunda región.

Debe apreciarse que el comportamiento de los conductos de acuerdo con la presente divulgación puede modificarse o ajustarse variando una serie de factores para satisfacer requisitos de diseño particulares. Se ha descubierto una serie de factores que afectan al comportamiento de los conductos de acuerdo con esta divulgación, incluyendo al menos la:

- i. característica de longitud/diámetro (L/D) de la funda,
- ii. perfil y paso de las corrugaciones del tubo alargado, y
- iii. separación entre el tubo alargado y la funda.

La FIG. 22 ilustra un ejemplo de perfil de corrugaciones 2202 de un tubo alargado 702 en un estado equilibrado, en sección transversal. La funda 704 se omite en este dibujo. El dibujo muestra sólo una parte superior de una longitud del tubo alargado 702 en

una orientación horizontal, con el lumen 1202 hacia la parte inferior del dibujo y el aire ambiente en la parte superior del dibujo.

5 Cada una de las corrugaciones 2202 tiene paredes laterales 2204 que convergen hacia el pico 1602 de la corrugación 2202 (es decir, que define el diámetro exterior máximo de la corrugación 2202 y del tubo alargado 702) cuando el tubo alargado 702 está equilibrado.

10 El pico 1602 puede ser sustancialmente redondo. Una depresión 1604 de cada una de las corrugaciones 2202 puede estar sustancialmente aplanada. Es decir, cada región de depresión puede ser sustancialmente cilíndrica (al menos cuando el tubo alargado 702 está dispuesto en una configuración lineal).

15 La FIG. 23 ilustra un perfil de las corrugaciones 2202 de la FIG. 22 en sección transversal cuando el tubo alargado 702 está en un estado acondicionado, y más particularmente un estado acondicionado en el que la expansión del tubo alargado 702 está restringida por la funda 704.

20 A medida que el material del tubo alargado 702 se expande debido a la absorción de moléculas de agua, la funda 704 restringe la expansión del tubo alargado 702 en la dirección longitudinal, como se ha descrito anteriormente. La expansión del tubo alargado 702 contra la restricción de la funda 704 puede hacer que las corrugaciones 2202 se compriman más juntas en la dirección longitudinal. Esto a su vez puede causar que el
25 perfil de las corrugaciones 2202 cambie de la sección transversal mostrada en la FIG. 22 a la sección transversal mostrada en la FIG. 23. Es decir, a medida que el tubo alargado 702 se expande contra la restricción de la funda 704, las paredes laterales pueden reorientarse hacia, y potencialmente más allá de, la dirección radial (es decir, la dirección
30 vertical, como se ilustra). Las paredes laterales pueden reorientarse formando un ángulo agudo con la dirección longitudinal, hacia una dirección radial (90° con respecto a la dirección longitudinal), y posiblemente incluso más allá de la dirección radial para formar un ángulo obtuso con la dirección longitudinal.

35 En el estado acondicionado particular ilustrado en la FIG. 23, cada una de las paredes laterales 2204 tiene una orientación generalmente radial (que se extiende verticalmente en este dibujo de sección transversal, 90° con respecto a la dirección

longitudinal), por lo que las paredes laterales 2204 son sustancialmente planas y las paredes laterales adyacentes 2204 son generalmente paralelas entre sí (al menos cuando el tubo alargado 702 está dispuesto en una configuración lineal).

5 El pico 1602 de la corrugación 2202 que une las paredes laterales 2204 adyacentes también puede volverse relativamente aplanado en comparación con el perfil inicial de la FIG. 22. Es decir, el pico de la corrugación 2202 puede volverse sustancialmente cilíndrico como se muestra en la FIG. 23. Mientras que en el estado equilibrado el pico puede
10 curvarse continuamente a través de las paredes laterales 2204 como se muestra en la FIG. 22.

La orientación radial de las paredes laterales 2204 en la FIG. 23 significa que el vector de fuerza 2206, equivalente en este ejemplo a la componente de fuerza radial F_R ,
15 se opone a cualquier fuerza de aplastamiento radialmente hacia el interior. La fuerza de aplastamiento puede deberse al peso de un brazo del paciente apoyado sobre el conducto, por ejemplo. Un conducto sin funda 2108, por otro lado, puede tender a mantener un perfil de corrugación generalmente similar al de la FIG. 22 a medida que se
20 expande. El vector de fuerza 2206 de la FIG. 22 incluye tanto un componente de fuerza radial F_R en la dirección radial como un componente de fuerza axial F_A en la dirección longitudinal. El componente de fuerza radial F_R puede ser relativamente menor que en la FIG. 23.

25 Las corrugaciones pueden tender a comprimirse más con la expansión del material, debido a la restricción axial de la funda 704 sobre el tubo alargado 702. Esta "fuerza de compresión de muelle" axial puede seguir la Ley de Hooke, rigidizando el tubo alargado 702 y actuando contra la presión atmosférica comprimiendo axialmente el tubo alargado 702 a medida que disminuye la presión interna.

30 La restricción longitudinal impuesta por la funda 704 puede provocar el crecimiento de la corrugación, debido a la absorción de moléculas de agua, en los huecos entre las corrugaciones 2202 (es decir, corrugaciones más gruesas). La restricción radial puede provocar el crecimiento de la corrugación radialmente hacia el interior (hacia el centro del tubo alargado 702). En algunos ejemplos, los huecos entre las corrugaciones 2202 pueden
35 cerrarse parcial o totalmente, lo que puede dar lugar eficazmente a una única sección de pared gruesa sin puntos de giro ni efecto de momento de los radios de corrugación.

Uno o más de estos efectos, que resultan de la interacción entre el tubo alargado 702 y la funda 704 a medida que el tubo alargado 702 se expande debido a la absorción de moléculas de agua, pueden mitigar el reblandecimiento del material transpirable. Esto puede permitir que el conducto 700 cumpla con una o más de las normas pertinentes y otros requisitos de diseño autoimpuestos a lo largo de una gama de diferentes condiciones de funcionamiento. Por ejemplo, en pruebas en un estado acondicionado se ha encontrado que un ejemplo particular de conducto sin funda 2108 tenía una adaptabilidad (definida en el Glosario, abajo) superior a 4 mililitros por centímetro de agua (ml/cmH₂O) o 5 ml/cmH₂O. En algunos ejemplos, el conducto 700 de la presente divulgación con la funda 704, en un estado acondicionado tal como se define en el presente documento, puede tener una adaptabilidad inferior a aproximadamente 4 ml/cmH₂O, inferior a aproximadamente 2.5 ml/cmH₂O o inferior a aproximadamente 1.2 ml/cmH₂O, si se someten a otros ensayos de conformidad con la norma ISO 5367:2014(E).

En otros ejemplos, la norma de adaptabilidad puede cumplirse en toda una gama o subgama de condiciones de funcionamiento previstas (estados acondicionados) seleccionando un material transpirable o configurando de otro modo el tubo alargado para que absorba una proporción relativamente menor de moléculas de agua, por ejemplo, entre aproximadamente el 40 % y el 60 % de su masa seca.

La FIG. 23 también ilustra una funda 704 alternativa en la que cada elemento de trenzado tiene tres filamentos 1802 dispuestos uno al lado del otro.

La FIG. 24 ilustra una sección transversal de una parte de un tubo alargado 702 de un conducto 700 cuando se encuentra en un estado equilibrado, en el que el tubo alargado 702 no está restringido por la funda 704 (no mostrada en este dibujo).

Las paredes laterales 2204 de cada corrugación 2202 convergen generalmente hacia el pico 1602 de la corrugación 2202. En algunos ejemplos, las paredes laterales 2204 pueden estar configuradas para que, en este estado equilibrado, se extiendan en un ángulo θ desde la depresión adyacente de entre aproximadamente 65° y 85° o entre aproximadamente 70° y 80°, con respecto a la dirección longitudinal (la dirección horizontal, como se ilustra en este dibujo). En el ejemplo del tubo alargado 702 representado en la FIG. 24, las paredes laterales 2204 pueden extenderse en un ángulo θ de aproximadamente 75° en el estado equilibrado.

En la FIG. 24, se puede observar que las depresiones están relativamente aplanadas. En sección transversal con el tubo alargado 702 dispuesto de forma sustancialmente lineal entre las paredes laterales 2204 adyacentes, como se muestra, la superficie exterior de la depresión puede ser sustancialmente lineal. La superficie exterior del tubo alargado 702 en las depresiones puede ser sustancialmente cilíndrica. Por el contrario, los picos 1602 pueden curvarse de forma sustancialmente continua entre las paredes laterales 2204 adyacentes.

La FIG. 25 es una sección transversal del tubo alargado 702 en un estado acondicionado, en ausencia de una funda 704 que restrinja la expansión del tubo alargado 702. La FIG. 25 está representada aproximadamente a la misma escala que la FIG. 24.

Se puede observar que hay menos corrugaciones 2202 (aproximadamente 3 corrugaciones 2202 en la FIG. 25, en comparación con aproximadamente 4 corrugaciones 2202 en la FIG. 24) para una longitud dada del tubo alargado 702, debido a la expansión no forzada del tubo alargado 702 en la dirección longitudinal (la dirección horizontal, como se muestra en este dibujo) al absorber moléculas de agua. Las paredes laterales 2204 de cada corrugación 2202 todavía convergen generalmente hacia el pico de la corrugación en aproximadamente el mismo ángulo θ que en el estado equilibrado de la FIG. 24. Es decir, se encontró que las paredes laterales 2204 del tubo alargado 702 de ejemplo de la FIG. 25 se extienden en un ángulo θ de aproximadamente 75° en el estado acondicionado, en ausencia de la funda.

También puede observarse que una profundidad 2402 de las corrugaciones, medida desde el pico 1602 hasta una depresión 1604 adyacente de una corrugación 2202 en una superficie externa del tubo alargado 702, es aproximadamente un 33 % mayor en el estado acondicionado representado en la FIG. 25 debido a la expansión sin restricciones del tubo alargado 702.

La FIG. 26 es una sección transversal del tubo alargado 702 en un estado acondicionado, esta vez restringido por una funda 704 (no mostrada). La FIG. 26 está representada aproximadamente a la misma escala que las FIG. 24 y FIG. 25.

Puede observarse que el paso de las corrugaciones es aproximadamente el mismo que en el estado equilibrado de la FIG. 24. Es decir, el tubo alargado 702 tiene

aproximadamente cuatro corrugaciones 2202 en la longitud ilustrada del tubo alargado 702.

En este estado acondicionado restringido, las paredes laterales 2204 de las corrugaciones 2202 no convergen de forma continua desde la depresión hasta el pico de la corrugación 2202. En algunos ejemplos, las paredes laterales 2204 pueden formar un ángulo θ superior a 85° , aproximadamente 90° o superior a 90° (obtuso). Es decir, de las depresiones 1604 adyacentes hacia un pico 1602 intermedio, las paredes laterales 2204 de una corrugación primero divergen y luego convergen hacia el pico 1602.

Las paredes laterales 2204 pueden reorientarse hacia la dirección radial (90°) desde el ángulo inicial (75° en este ejemplo), y en algunos casos más allá de la dirección radial (formando un ángulo obtuso θ como se muestra en la FIG. 26), a medida que el tubo alargado 702 absorbe una masa creciente de moléculas de agua.

En el ejemplo del tubo alargado 702 representado en la FIG. 26, se encontró que las paredes laterales 2204 se extienden en un ángulo θ de aproximadamente 95° . Puede haber un punto de inflexión dentro de cada una de las paredes laterales 2204, así como en el pico y en la depresión de cada corrugación 2202.

Un perfil de cada una de las corrugaciones 2202 de la FIG. 26 tiene sustancialmente forma de Omega (Ω), mientras que en las FIGS. 21 y 22 las corrugaciones 2202 son generalmente más sinusoidales en sección transversal (aunque con depresiones aplanadas, en este ejemplo). Es decir, en la FIG. 26 las corrugaciones se doblan unas sobre otras, mientras que en las FIGS. 21 y 22 no. Esto puede formar regiones de parte central estrechadas interiores 2602 y regiones de parte central estrechadas exteriores 2604 entre paredes laterales 2204 enfrentadas de corrugaciones 2202 adyacentes, a través de los respectivos picos y depresiones.

Expansión no uniforme

La FIG. 27 ilustra un conducto 700 de acuerdo con la presente divulgación después de un uso prolongado como conducto espiratorio 114 de un ejemplo de sistema de asistencia respiratoria 2700. El dibujo no está necesariamente a escala. En particular, la expansión del tubo alargado 702 o de la funda 704 puede exagerarse con fines ilustrativos. Y el conducto inspiratorio 108 y el conducto espiratorio 114 no se muestran a escala.

Salvo que se desprenda del dibujo y de la descripción siguiente, el sistema de asistencia respiratoria 2700 puede ser similar al sistema de asistencia respiratoria 100.

5 FIG. 27 ilustra el filtro 2702 en la entrada de retorno de gases 140 de la fuente de gases 102. El filtro 2702 puede conectarse directamente entre el conducto espiratorio 114 y la entrada de retorno de gases de la fuente de gases 102.

10 El humidificador 106 en este ejemplo puede ser un F&P 820™ Heated Humidifier también disponible en Fisher & Paykel Healthcare Limited.

15 El sistema de asistencia respiratoria 2700 de este ejemplo se muestra durante el uso, tras un periodo prolongado de suministro de gases respiratorios humidificados a un paciente (no mostrado). Se debe apreciar que esto representa meramente uno de varios estados acondicionados diferentes posibles que dependerán de varias variables incluyendo, pero sin limitarse a: tiempo de uso, temperatura de los gases respiratorios, humedad de los gases respiratorios, temperatura del aire ambiente, humedad del aire ambiente, trazado del conducto, tipo y modelo de fuente de gases, estado del paciente y contribución de la humedad, sustancias nebulizadas, y cualquier brisa sobre el conducto, por ejemplo.

20 La rama espiratoria 146, y en particular el conducto espiratorio 114, en este ejemplo omite tanto un hilo térmico como un colector de agua.

25 Como se ilustra, el conducto espiratorio 114, o más particularmente el tubo alargado 702 y la funda 704, son flexibles al menos en este estado acondicionado. El conducto espiratorio 114 también puede ser flexible (aunque posiblemente en grados diferentes) en uno o más del estado seco, el estado equilibrado y el estado saturado. Debido a que es flexible, el conducto espiratorio 114 puede adoptar una forma curvilínea durante el uso, como se muestra.

30 Se ha descubierto que, durante el uso, el tubo alargado 702 puede no necesariamente expandirse uniformemente a lo largo de su longitud, entre los conectores 706. Es decir, el diámetro del tubo alargado 702 puede no ser necesariamente uniforme a lo largo de su longitud en un estado acondicionado. Esto puede ser debido a que la concentración de moléculas de agua dentro del lumen puede variar a lo largo del tubo alargado 702. Esta variación puede deberse a variaciones en uno o más de la humedad

de los gases respiratorios (es decir, vapor de agua) y acumulación de condensado (es decir, agua líquida) a lo largo del tubo alargado 702. La presión parcial de vapor de agua en el aire ambiente fuera del tubo alargado 702, por otro lado, será relativamente constante a lo largo del tubo alargado 702.

En este estado acondicionado de ejemplo, la expansión localizada del tubo alargado 702 puede observarse en tres regiones distintas del conducto espiratorio 114 - una región de entrada 2704, una región de salida 2706 y una región intermedia 2708. En otros ejemplos, puede haber dos o más regiones intermedias 2708. En todavía otros ejemplos, el tubo alargado 702 puede tener expansión localizada en una o más de la región de entrada 2704, la región de salida 2706 y una o más regiones intermedias 2708. En todavía otros ejemplos, puede que no haya una expansión localizada diferenciada.

Las regiones de expansión localizada pueden ser partes de la longitud del tubo alargado 702 que tienen un diámetro mayor en relación con una región (o regiones) adyacente(s) del tubo alargado 702. En estas regiones, el tubo alargado 702 puede tener un aspecto abombado. La protuberancia puede ser cónica. En algunos ejemplos, la expansión localizada puede apreciarse fácilmente a simple vista. En algunos ejemplos, la región de expansión localizada puede tener un diámetro máximo de al menos aproximadamente el 5 %, al menos aproximadamente el 10 %, al menos aproximadamente el 20 % o al menos aproximadamente el 30 % mayor que en una región (o regiones) adyacente(s) del tubo alargado 702 (por ejemplo, para la región de salida 2706, la región intermedia entre la región de salida 2706 y la región intermedia 2708).

El término "expansión localizada" no significa que la expansión se limite a estas regiones. El término se utiliza en sentido relativo. Es decir, la expansión puede ser más pronunciada en las regiones de expansión localizada que en una región adyacente.

Al describir la región de entrada 2704, región de salida 2706 y región intermedia 2708 a continuación, las referencias a proporciones de la longitud del tubo alargado 702 se refieren a la longitud del tubo alargado 702 entre los conectores 706, por ejemplo, excluyendo las partes de manguito 1002 dentro de los conectores 706. Se apreciará que la suma de estas longitudes no excederá el 100 % de la longitud del tubo alargado 702 entre los conectores 706. En algunos ejemplos, la suma de las longitudes de la región de entrada 2704, región de salida 2706 y región intermedia 2708 puede ser inferior a

aproximadamente el 75 %, inferior a aproximadamente el 50 % o inferior a aproximadamente el 33 % de la longitud total del tubo alargado 702 entre los conectores 706.

5

La región de entrada 2704 puede estar dentro de, o corresponder a, una parte de la longitud del tubo alargado 702 que está más cerca de una o más de la pieza en Y 110, la interfaz de paciente (no mostrada) y el paciente (no mostrado). En algunos ejemplos, la región de entrada 2704 puede ser de hasta aproximadamente el 50 %, hasta

10

aproximadamente el 33 %, hasta aproximadamente el 25 %, hasta aproximadamente el 20 % o hasta aproximadamente el 10 % de la longitud del tubo alargado.

Se ha encontrado que al menos uno de la humedad relativa de los gases respiratorios y el volumen de condensado dentro del lumen del tubo alargado 702 puede ser elevado en la región de entrada 2704, con respecto a una o más de otras regiones del tubo alargado 702. Por ejemplo, con respecto a una región intermedia entre la región de entrada 2704 y la región intermedia 2708, o con respecto a una región intermedia entre la región intermedia 2708 y la región de salida 2706. La elevada humedad relativa puede deberse al efecto deshumidificador del material respirable a medida que los gases respiratorios pasan a lo largo del lumen, por ejemplo. El elevado volumen de condensado puede deberse al condensado que drena hacia la región de entrada 2704 desde la pieza en Y 110 o más arriba de la pieza en Y, por ejemplo, desde un soporte de catéter, una interfaz de paciente y un paciente (ninguno de los cuales se muestra en la FIG. 27), por

15

20

25

La región de salida 2706 puede estar dentro de, o corresponder a, una parte de la longitud del tubo alargado 702 que está más cerca de uno o más del filtro 2702, entrada de retorno de gases 140 y fuente de gases 102. En algunos ejemplos, la región de salida 2706 puede ser de hasta aproximadamente el 50 %, hasta aproximadamente el 33 %, hasta aproximadamente el 25 %, hasta aproximadamente el 20 % o hasta aproximadamente el 10 % de la longitud del tubo alargado.

30

35

Se ha encontrado que al menos uno de la humedad relativa de los gases respiratorios y el volumen de condensado dentro del lumen del tubo alargado 702 puede ser elevado en la región de salida 2706, con respecto a una o más de otras regiones del

tubo alargado 702. Por ejemplo, con respecto a una región intermedia entre la región de entrada 2704 y la región intermedia 2708, o con respecto a una región intermedia entre la región intermedia 2708 y la región de salida 2706. La humedad relativa elevada o el volumen de condensado pueden deberse al condensado que drena hacia la región de salida 2706 desde el filtro 2702 o la fuente de gases 102, por ejemplo.

La región intermedia 2708 puede estar dentro de una parte de la longitud del tubo alargado 702 que es intermedia entre la región de entrada 2704 y la región de salida 2706. La región intermedia 2708 puede ser de hasta aproximadamente el 50 %, hasta aproximadamente el 33 %, hasta aproximadamente el 25 %, hasta aproximadamente el 20 % o hasta aproximadamente el 10 % de la longitud del tubo alargado.

Se ha encontrado que al menos uno de la humedad relativa de los gases respiratorios y el volumen de condensado dentro del lumen del tubo alargado 702 puede ser elevado en la región intermedia 2708, con respecto a una o más de otras regiones del tubo alargado 702. Por ejemplo, con respecto a una región intermedia entre la región de entrada 2704 y la región intermedia 2708, o con respecto a una región intermedia entre la región intermedia 2708 y la región de salida 2706.

La flexibilidad del conducto espiratorio 114 significa que el conducto espiratorio 114 puede tender a caer entre la pieza en Y 110 y la fuente de gases 102. Esta caída puede dar como resultado al menos un punto bajo 2710 intermedio entre la pieza en Y 110 y la fuente de gases 102. El punto bajo 2710 puede estar a una altura por debajo de los extremos del conducto espiratorio 114 (por ejemplo, debajo de la pieza en Y 110 y la entrada de retorno de gases 140). Cualquier condensado dentro del lumen 1202 puede tender a drenarse hacia, y acumularse en, el punto bajo 2710 debido a la gravedad. Este condensado puede haberse formado en el tubo alargado 702, o puede haberse aportado al conducto desde otros componentes del sistema de asistencia respiratoria 2700 (como un soporte de catéter, pieza en Y, conectores o paciente). La elevada humedad relativa o volumen de condensado en la región intermedia 2708 puede deberse a la acumulación de condensado en el punto bajo 2710.

En algunos ejemplos, se ha descubierto que, durante el uso, el conducto 700 puede mostrar primero una expansión localizada en la región de entrada 2704. La expansión localizada en una o más de la región de salida 2706 y la región intermedia 2708 puede

seguir después, por ejemplo, a medida que el condensado comienza a formarse en el filtro 2702 o en la fuente de gases 102 y drena hacia el conducto 700. En algunas aplicaciones, la sustitución periódica del filtro 2702 puede mitigar la condensación en el filtro y la expansión localizada en una o más de la región de salida 2706 y la región intermedia 2708.

De manera similar, la expansión del tubo alargado 702 puede no ser necesariamente uniforme en uno o más de la circunferencia y el espesor de pared de la pared del tubo, por ejemplo, en una sección transversal perpendicular a la dirección longitudinal. Por ejemplo, cualquier condensado en el tubo alargado 702 puede acumularse en una región inferior de una corrugación anular (es decir, los picos 1602 vistos desde el exterior del tubo alargado 702) debido a la gravedad. El tubo alargado 702 puede expandirse más en esta región inferior en comparación con una región superior de la corrugación. Debe apreciarse que el punto más bajo de una corrugación en el espacio real es en realidad un "pico" de corrugación cuando se ve en sección transversal, o desde el exterior del tubo alargado.

Se ha descubierto que la expansión del material transpirable puede aumentar su permeabilidad a las moléculas de agua, en comparación con un material transpirable restringido en las mismas condiciones. Esto puede deberse al área superficial relativamente mayor del material transpirable expandido.

La expansión no uniforme del tubo alargado 702 puede aumentar ventajosamente la permeabilidad del tubo alargado a las moléculas de agua donde más se necesita. Por ejemplo, una o más de la región de entrada 2704, región de salida 2706 y la región intermedia 2708. El tubo alargado 702 puede adaptarse automáticamente a condiciones de funcionamiento diferentes o cambiantes, durante el uso. Por el contrario, se proporciona un colector de agua en una ubicación fija a lo largo de la longitud del conducto, por ejemplo, un punto medio. Como se muestra en la FIG. 27, el punto medio u otra ubicación fija puede no coincidir necesariamente con el punto bajo 2710 del conducto, limitando significativamente su eficacia.

Fabricación

La FIG. 28 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de método 2800 para fabricar un conducto 700 de acuerdo con la presente divulgación.

En la etapa 2802, puede producirse una longitud continua de tubo adecuada para su uso como tubo alargado 702 mediante la extrusión del material transpirable.

En la etapa 2804, el tubo extruido puede corrugarse, al menos parcialmente, haciendo pasar el tubo extruido semifundido a través de un bloque corrugador. En algunos ejemplos, partes del tubo extruido pueden quedar sin corrugar. Estas partes pueden convertirse en las partes de manguito 1002 no corrugadas. Como alternativa, la totalidad del tubo extruido puede estar corrugado.

En la etapa 2806, el tubo alargado 702 puede formarse cortando una longitud del tubo extruido y corrugado. En algunos ejemplos, el tubo extruido y corrugado puede cortarse en una parte no corrugada. El corte puede realizarse sustancialmente en el centro de la parte no corrugada.

En la etapa 2808, la funda 704 puede estar provista alrededor del tubo alargado 702. El tubo alargado 702 puede insertarse en la funda 704. En algunos ejemplos, la funda 704 puede haber sido previamente cortada a una longitud predeterminada en la etapa 2818. La funda 704 puede cortarse de un rollo de revestimiento de malla tubular trenzada aplanada. La funda 704 puede cortarse a una longitud mayor que el tubo alargado 702 cuando se deforma para ajustarse al exterior del tubo alargado 702, como se ha descrito anteriormente.

En la etapa 2810, el primer componente conector 1004 puede insertarse en un primer extremo del tubo alargado 702. En algunos ejemplos, el primer componente conector 1004 puede haberse moldeado por inyección previamente en la etapa 2820.

En la etapa 2812, el primer componente conector 1004, el primer extremo del tubo alargado 702 y un primer extremo correspondiente de la funda 704 pueden sujetarse juntos dentro de una herramienta de moldeo. La herramienta de moldeo puede tener protuberancias para sujetar el primer extremo de la funda 704 de modo que recubra el

primer extremo del tubo alargado 702. En algunos ejemplos, la herramienta de moldeo puede tener pares opuestos de protuberancias.

En la etapa 2814, se puede inyectar un material plástico fundido en la herramienta de moldeo para formar el segundo componente conector 1006. Es decir, el segundo componente conector 1006 puede sobremoldearse sobre el primer componente conector 1004, el primer extremo del tubo alargado 702 y el primer extremo de la funda 704, fijando permanentemente los componentes entre sí. Las aberturas 1014 están formadas por el material plástico fundido que fluye alrededor de las protuberancias que sujetan el tubo alargado 702 y la funda 704 en su posición. Una vez que el material plástico fundido se enfría y solidifica, el conector 706 está completo y puede ser expulsado del molde.

Las etapas 2810 a 2814 pueden repetirse, o esas mismas etapas pueden duplicarse simultáneamente, para formar el segundo conector 706 en el segundo extremo opuesto del conducto 700. La funda 704 puede contraerse primero en la dirección longitudinal en la etapa 2816 de modo que sus extremos coincidan con, y se superpongan a, extremos correspondientes del tubo alargado 702, creando la separación 1502. En algunos ejemplos, los conectores 706 del conducto 700 pueden ser idénticos. En otros ejemplos, los conectores de los extremos opuestos del conducto pueden ser diferentes entre sí. En algunos ejemplos, sólo uno del primer componente conector 1004 y el segundo componente conector 1006 puede diferir entre los dos conectores 706. En otros ejemplos, ambos pueden diferir.

En otros ejemplos, el segundo componente conector 1006 puede moldearse por inyección por separado. El segundo componente conector 1006 puede unirse al primer componente conector 1004 mediante soldadura, adhesivo o ajuste de interferencia (por ejemplo, ajuste a presión), por ejemplo.

Glosario

"Material transpirable" se refiere a un material permeable no poroso que permite el paso de moléculas de agua a través de una pared monolítica del material permeable mediante el mecanismo de solución-difusión, sin permitir el paso masivo de agua líquida o el flujo masivo de gases respiratorios a través de la pared. Debe apreciarse por un experto en la materia que las moléculas de agua en la pared están molecularmente

dispersas en los medios, y están, por tanto, sin un estado (sólido, líquido o gaseoso), aunque en la técnica a veces se denominan vapor (por ejemplo, la tasa de transferencia se denomina a menudo tasa de transmisión de vapor de humedad (MVTR) o similar). Debe apreciarse además que una pared monolítica no contiene canales o poros abiertos de una superficie principal a otra, de tal manera que los patógenos podrían ser transportados a través de dichos canales junto con gotas de aire o agua líquida mediante el mecanismo de flujo poroso. Sin embargo, esta definición no pretende excluir un tubo formado a partir de dicho material transpirable que pueda tener uno o más orificios provistos a través del material, como podría derivarse de un defecto de fabricación, por ejemplo, lo que puede dar lugar a un flujo poroso insignificante que no afecta materialmente al rendimiento general del tubo ni al cumplimiento de los requisitos de fugas de la norma ISO 5367:2014. También se debe apreciar aún adicionalmente que, como todos los polímeros, algún transporte de pequeñas moléculas de gases respiratorios (como oxígeno, dióxido de carbono, nitrógeno o helio) puede ocurrir en cantidades mínimas o en trazas (es decir, no flujo "masivo"), que, para un material transpirable tal como se define en el presente documento, sería normalmente a una velocidad al menos un orden de magnitud inferior a la de las moléculas de agua. Asimismo, de especial relevancia para los gases respiratorios que se suministran a o desde un paciente, dicho transporte de pequeñas moléculas de gases respiratorios sería de una cantidad inferior a la permitida para el cumplimiento de las normas pertinentes, por ejemplo, en la prueba de fugas de la norma ISO 5367:2014, que se incorpora por la presente como referencia en su totalidad, en la sección 5.4 probada mediante el método establecido en el Anexo E.

"Adaptabilidad" se define en la norma ISO 4135:2001, que se incorpora por la presente como referencia en su totalidad, en la sección 3.1.5 como el "volumen añadido por unidad de aumento de presión cuando se añade gas a un espacio cerrado, expresado a la temperatura y humedad de ese espacio cerrado a presión atmosférica ambiente" (© ISO 2001). El método para comprobar la adaptabilidad de un conducto de acuerdo con la presente divulgación se basa en el método establecido en la norma ISO 5367:2014, que está incorporada en su totalidad por referencia, en el Anexo H. En primer lugar, cualquier fuga en el conducto igual o superior a, 1 ml/min (como se describe en el Anexo E). En segundo lugar, el conducto se acondiciona a 42 ± 3 °C con una humedad relativa no inferior al 80 % durante al menos una hora. En tercer lugar, un extremo del conducto se bloquea y el conducto se coloca sobre una superficie plana. En cuarto lugar, un dispositivo

de medición de la presión está conectado al extremo opuesto del conducto. En quinto lugar, el conducto se infla hasta una presión manométrica estable de 60 ± 3 cmH₂O durante un período de cinco segundos o menos, y se registra el volumen de aire necesario.

Se apreciará que el acondicionamiento definido por la norma puede no reflejar las condiciones de uso y que la norma no se redactó teniendo en cuenta los materiales transpirables. Para reflejar mejor las condiciones de uso, la adaptabilidad de un conducto formado, al menos en parte, de un material transpirable puede comprobarse adicional o alternativamente, acondicionando el conducto al estado acondicionado simulado, como se describe a continuación.

"Acondicionado" se refiere a uno de un continuo de estados en los que un tubo alargado ha sido expuesto a un gradiente de presión de vapor de agua, con una presión parcial relativamente más alta de vapor de agua dentro del lumen (es decir, superior a la presión parcial de vapor de agua del aire ambiente), durante un período de tiempo prolongado. Es decir, la pared tubular del tubo alargado ha absorbido moléculas de agua desde el interior del lumen, y puede seguir absorbiendo moléculas de agua desde el interior del lumen. En particular, un conducto que ha sido, y sigue siendo, utilizado para transportar un flujo humidificado de gases respiratorios durante un período de tiempo puede decirse que se encuentra en un estado acondicionado. Por lo tanto, la pared tubular de un tubo alargado en estado acondicionado contendrá generalmente una mayor concentración de moléculas de agua que en los estados seco o equilibrado, pero generalmente una concentración menor que en el estado saturado. Las referencias en el presente documento a determinadas propiedades de un conducto en "un" (singular) estado acondicionado no pretenden necesariamente aplicarse a *todos* los estados acondicionados, a menos que se desprenda lo contrario del contexto. En particular, en función de los requisitos de diseño y la configuración de los parámetros del conducto, la humedad relativa y la temperatura de los gases respiratorios y del aire ambiente, y la concentración de moléculas de agua dentro del material transpirable del tubo alargado, la expansión del tubo alargado puede o no estar restringida por la funda en un estado acondicionado particular. Es decir, puede haber subconjuntos de estados acondicionados no restringidos y estados acondicionados restringidos dentro del continuo de estados acondicionados. Se puede simular un estado acondicionado mediante acondicionamiento del conducto de acuerdo con el método siguiente. En primer lugar, debe alcanzarse y mantenerse una temperatura ambiente de 22 ± 2 °C durante todo el método de

acondicionamiento. En segundo lugar, el conducto se coloca en una bandeja en V en un estado equilibrado. En tercer lugar, el lumen del conducto se alimenta con un flujo de gases a un caudal de 10 litros estándar por minuto (SLPM) (ref 20 °C, 101.325 kPa), se humidifica mediante un humidificador ajustado a un nivel de humedad de 37 °C de punto de rocío con una humedad relativa (HR) del 100 % durante un período de 24 horas.

"Restringir" se refiere a una fuerza no despreciable ejercida por la funda sobre el tubo alargado que actúa para inhibir la expansión de al menos una parte del tubo alargado en al menos una de la dirección longitudinal y la dirección radial. El efecto de la restricción puede localizarse en una parte del tubo cuando pasa de un estado equilibrado a un estado acondicionado, o de un estado acondicionado sin restricción a un estado acondicionado con restricción. La expansión adicional de un tubo alargado restringido por una funda puede ser posible, pero cualquier expansión de este tipo requerirá fuerzas de expansión superiores a la fuerza de restricción ejercida por la funda. Es decir, "restringir" no implica necesariamente que se impida por completo cualquier expansión ulterior. Los términos relacionados "restringido", "restricción", "restringe" y similares deben interpretarse en consecuencia. Por el contrario, "no restringido" se refiere a la ausencia de una fuerza, o a la presencia de una fuerza insignificante, ejercida por la funda sobre el tubo alargado para resistir la expansión del tubo alargado. A modo de ejemplo, la fuerza necesaria para deformar una funda que no está sometida a una tensión circunferencial (por ejemplo, la funda no está sometida a una tensión circunferencial cuando el conducto se encuentra en el estado equilibrado con una separación entre el tubo alargado y la funda) puede considerarse una "fuerza insignificante". La expansión del tubo alargado en presencia de una fuerza insignificante de este tipo puede considerarse "no restringida" por la funda. También puede decirse que el tubo alargado puede expandirse "libremente".

"Calorimetría diferencial de barrido (DSC)" se refiere a la prueba de DSC de temperaturas de punto de fusión realizado en probetas de un tubo alargado basada en el método establecido en la norma ISO 11357-3:2018(E) (© ISO, 2018), cuyo contenido se incorpora al presente documento por referencia. En una primera etapa, las probetas se preparan de conformidad con la norma ISO 11357-1:2023, cuyo contenido se incorpora al presente documento por referencia. En segundo lugar, las probetas se secan de acuerdo con el método de secado de la norma ISO 62:2008(E) descrito brevemente con respecto a la segunda etapa del método de prueba por inmersión definido a continuación. En tercer

lugar, el aparato está configurado, la probeta cargada en el crisol, y el crisol insertado de acuerdo con la norma ISO 11357-1:2023. En cuarto lugar, las probetas se calientan desde una temperatura de aproximadamente $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta una temperatura de aproximadamente $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ a una velocidad de aproximadamente 10 grados Celsius por minuto ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$). En quinto lugar, la temperatura se mantiene durante 5 min. En sexto lugar, las probetas se enfrían desde aproximadamente $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta una temperatura de aproximadamente $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a una velocidad de aproximadamente $-10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$. En séptimo lugar, la temperatura se mantiene durante 5 min. En octavo lugar, las probetas se calientan de nuevo desde una temperatura de aproximadamente $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta una temperatura de aproximadamente $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ a una velocidad de aproximadamente $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, mientras se registra la tasa de calor diferencial (medida en milivatios por miligramo, mW/mg) de las probetas. La tasa de calor diferencial puede representarse gráficamente en función de la temperatura, y el punto o puntos de fusión de las probetas pueden identificarse a partir de la temperatura o temperaturas correspondientes a los picos del gráfico.

"Seco" se refiere a un estado del tubo alargado, o de una muestra del mismo, que se ha secado de acuerdo con el método de secado de la norma ISO 62:2008(E) descrito brevemente con respecto a la segunda etapa del método de prueba por inmersión definido a continuación. Se trata de un estado "artificial" en el sentido de que un tubo alargado no suele entrar en este estado durante el uso normal (por ejemplo, durante el uso en un sistema de respiración asistida). La pared tubular de un tubo alargado en estado seco contiene generalmente una concentración menor de moléculas de agua que en cualquiera de los estados equilibrado, acondicionado y saturado.

"Equilibrado" se refiere a un estado en el que un tubo alargado, normalmente libre de condensado u otro tipo de agua líquida, ha estado expuesto al aire ambiente, por ejemplo, en un entorno controlado con una humedad relativa del 40 % al 60 %, tanto dentro del lumen como fuera de la pared del tubo, durante un periodo de tiempo suficiente para que el tubo alargado alcance un estado estacionario. Es decir, la concentración de moléculas de agua dentro del material transpirable está equilibrada con el aire ambiente. La pared de un tubo alargado en el estado equilibrado contendrá generalmente una mayor concentración de moléculas de agua que en el estado seco, pero, en general, una concentración menor que en los estados acondicionado o saturado. En función de la configuración de los parámetros del conducto, las condiciones ambientales (incluidas la

temperatura y la humedad relativa del aire ambiente), y la concentración de moléculas de agua dentro del material transpirable del tubo alargado, la expansión del tubo alargado puede estar restringida o no por la funda. En al menos algunos ejemplos, sin embargo, el conducto puede estar diseñado para tener una separación entre el tubo alargado y la funda en el estado equilibrado para permitir al menos cierta expansión del tubo alargado antes de que se vea restringido por la funda.

"Prueba de inmersión" se refiere a una prueba para determinar la absorción de agua basada en la norma ISO 62:2008(E) (© ISO, 2008), que se incorpora aquí como referencia en su totalidad. En primer lugar, se cortan al menos tres probetas tubulares a una longitud de 25 ± 1 mm a partir del tubo alargado. Los cortes deben hacerse perpendiculares a la dirección longitudinal del tubo alargado. Los bordes cortados deben ser lisos y sin grietas. Las muestras deben incluir únicamente el plástico o plásticos activos responsables de las propiedades de absorción de agua. Hilos térmicos, manguitos y cualquier material de soporte mecánico deben retirarse de forma no destructiva, si es posible. En segundo lugar, se secan las muestras. Las muestras pueden secarse en un horno de convección o de vacío mantenido a 50 ± 2 °C durante al menos 24 horas, o en un secador industrial a una temperatura de 60 °C, punto de rocío de -40 °C, caudal de aire de 14 metros cúbicos por hora (m^3/h) y tiempo de secado de 600 minutos (m). Las muestras deben pesarse regularmente con una precisión de 1 mg y volver a colocarse en el horno/secador hasta que su masa sea constante con una precisión de ± 1 mg. En tercer lugar, las muestras se dejan enfriar hasta temperatura ambiente en un desecador. En cuarto lugar, se pesan las muestras (m_1) y se miden las dimensiones. En quinto lugar, las muestras se sumergen en agua destilada durante un periodo de 24 horas. Debe haber al menos 8 ml de agua destilada por centímetro cuadrado de la superficie total de las muestras y no menos de 300 ml por muestra. Si fuera necesario, las muestras pueden colocarse en una cesta de alambre de acero inoxidable conectada a un peso de anclaje mediante un alambre de acero inoxidable. En sexto lugar, las muestras se toman del agua y, con un paño que no suelte pelusa, se elimina el agua superficial. En séptimo lugar, las muestras se pesan con una precisión de 1 mg 1 minuto después a su extracción del agua. En octavo lugar, las etapas seis (inmersión) y siete (pesaje) se repiten hasta que la masa de las muestras sea constante con una precisión de ± 1 mg (m_2). En noveno lugar, si se sabe o se sospecha que las muestras contienen una cantidad apreciable de ingredientes solubles en agua, se repite la segunda etapa (secado) y se pesan las muestras para

corregir la pérdida de materia hidrosoluble durante la prueba de inmersión. Si la masa reacondicionada es inferior a la masa acondicionada, la diferencia representa la pérdida de materia hidrosoluble durante la prueba de inmersión. La absorción de agua de cada espécimen se expresa como el cambio porcentual de la masa c con respecto a la masa inicial, de acuerdo con la ecuación $c = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\%$ o, para una muestra que contenga materia soluble en agua, $c = \frac{m_2 - m_3}{m_1} \times 100\%$. El resultado se expresa como la media aritmética de los tres (o más) valores obtenidos con la misma duración de exposición. Las referencias a pruebas de inmersión en esta memoria descriptiva se refieren a pruebas de muestras del material transpirable o del tubo alargado solo, aislado de los conectores y de la funda. Es decir, los conectores y la funda se omiten o eliminan para que la expansión no se vea restringida por la funda.

"ISO" se refiere a la Organización Internacional de Normalización y, más concretamente, a las normas internacionales definidas por la Organización. Dichas normas están sujetas a derechos de autor y pueden adquirirse directamente a la Organización Internacional de Normalización en <http://www.ISO.org>.

"Escape", "fuga" y "pruebas de fuga" se refieren a la sección 5.4 y al método establecido en el Anexo E de la norma ISO 5367:2014 (© ISO 2014), que se incorpora por la presente como referencia en su totalidad. Esta norma define los límites para un equipo respiratorio completo o un conducto suministrado listo para su uso con un sistema respiratorio con ventilador (VBS) o un sistema respiratorio anestésico de 70 ml/min para un paciente adulto (volumen suministrado previsto ≥ 300 ml), 40 ml/min para un paciente pediátrico ($50 < 300$ ml) o 30 ml/min para un paciente neonatal (≤ 50 ml) a una presión de 60 ± 3 cmH₂O. Para un solo tubo de respiración no destinado a ser utilizado con un VBS o un sistema de respiración anestésica, el límite de fuga es de 25 ml/min a 60 ± 3 cmH₂O. En resumen, la fuga se comprueba de acuerdo con la norma acondicionando primero el conducto a una temperatura de 23 ± 3 °C durante al menos una hora. En segundo lugar, un extremo del conducto se cierra. En tercer lugar, se aplica y mantiene una presión interna de gas de 60 ± 3 cmH₂O. En cuarto lugar, se registra el caudal de aire necesario para mantener esa presión. Se apreciará que el acondicionamiento definido por la norma puede no reflejar las condiciones de uso y que la norma no se redactó teniendo en cuenta los materiales transpirables. Para reflejar mejor las condiciones de uso, la fuga de un

conducto formado, al menos en parte, de un material transpirable puede comprobarse adicional o alternativamente, acondicionando el conducto al estado acondicionado simulado, como se ha descrito anteriormente.

5

"Uso prolongado", "período prolongado de uso", "período prolongado" y similares se refiere al uso del conducto en un sistema de asistencia respiratoria (o sistema de insuflación quirúrgica) que transporta gases respiratorios calentados y humidificados (o gas de insuflación) durante un período continuo de al menos 24 horas. Un periodo prolongado de uso puede simularse mediante el estado acondicionado simulado descrito anteriormente.

10

15

20

25

30

35

"Resistencia al flujo" y "pruebas de resistencia al flujo" se refieren a la sección 5.5 y al método establecido en la norma ISO 5367:2014 (© ISO 2014), cuyo todo contenido se incorpora por referencia en su totalidad, en el Anexo F. Esta norma define límites de resistencia al flujo para un conducto suministrado listo para su uso de 0.06 cmH₂O/l/min a un caudal de 30 l/min para un paciente adulto (volumen suministrado previsto $\geq$ 300 ml), 0.12 cmH₂O/l/min a un caudal de 15 l/min para un paciente pediátrico (50 < 300 ml) y 0.74 cmH₂O/l/min a un caudal de 2.5 l/min. En resumen, la resistencia al flujo se prueba acondicionando primero el conducto a una temperatura de 23 ± 3 °C durante al menos una hora. En segundo lugar, el caudal de un dispositivo regulador de caudal se ajusta y se mantiene durante 30 s y se registra la presión. En tercer lugar, el conducto se coloca sobre la salida de un depósito intermedio y el extremo libre del conducto se fija de modo que el conducto se mantenga recto. En cuarto lugar, se ajusta de nuevo el flujo de aire y se mantiene durante 30 s y se registra la presión. En quinto lugar, el aumento de presión debido al conducto se calcula a partir de la diferencia de las presiones registradas. El aumento de la resistencia al flujo con la flexión se comprueba acondicionando primero el conducto a una temperatura de 42 ± 3 °C y una humedad relativa de al menos el 80 % durante al menos una hora. En segundo lugar, el conducto se suspende sobre un cilindro de 25 mm de diámetro y se aplica una fuerza de tracción para mantener el contacto en la mitad de la circunferencia del cilindro. En tercer lugar, se aplica el flujo de aire y se registra la presión al cabo de cinco minutos. En cuarto lugar, el aumento de presión debido al conducto se calcula a partir de la diferencia de presión para los conductos doblados y rectos. Se apreciará que el acondicionamiento definido por la norma puede no reflejar las condiciones de uso y que la norma no se redactó teniendo en cuenta los materiales

transpirables. Para reflejar mejor las condiciones de uso, la resistencia al flujo de un conducto formado, al menos en parte, de un material transpirable puede comprobarse adicionalmente o como alternativa, acondicionando el conducto al estado acondicionado simulado, como se ha descrito anteriormente.

"Saturado" se refiere a un estado en el que un tubo alargado, o una muestra del mismo, se ha sometido a pruebas de inmersión (es decir, sumergido en agua líquida) durante un periodo de tiempo hasta que el material permeable no absorba, o lo haga de forma insignificante, más moléculas de agua. Es decir, hasta que la masa combinada del material permeable y las moléculas de agua absorbidas alcance o se aproxime a un máximo. Se trata de un estado "artificial" en el sentido de que un tubo alargado no suele entrar en este estado durante el uso normal (es decir, durante el uso en un sistema de respiración asistida). La pared tubular de un tubo alargado en estado saturado contiene generalmente una concentración mayor de moléculas de agua que en cualquiera de los estados seco, equilibrado y acondicionado.

LISTADO DE ELEMENTOS DE DIBUJO

	100 sistema de asistencia respiratoria
5	102 fuente de gases
	104 conducto de suministro del humidificador
	106 humidificador
10	108 conducto inspiratorio
	110 pieza en Y
	112 interfaz de paciente
15	114 conducto espiratorio
	116 generador de presión
	118 entrada de gas
20	120 controlador de fuente de gases
	122 interfaz de usuario
	124 salida de fuente de gases
25	126 cámara de humidificación
	128 calentador de cámara
30	130 controlador del humidificador
	132 interfaz de usuario
	134 hilo térmico
35	136 sonda del sensor
	138 cables de sensor

	140 entrada retorno de gases
	142 circuito de respiración
5	144 rama inspiratoria
	146 rama espiratoria
	200 sistema de asistencia respiratoria
10	202 hilo térmico
	204 sensor
	206 conector electroneumático
15	208 entrada de gases suplementarios
	302 base calefactora
20	304 cartucho
	306 pantalla táctil
	308 conmutador
25	310 luz indicadora
	312 botón de desbloqueo
	400 sistema de asistencia respiratoria
30	402 regulador de presión
	404 líquido
	406 sonda de entrada
35	408 válvula de alivio de presión
	500 sistema de asistencia respiratoria

	502 soplador
	504 dispositivo de terapia respiratoria
5	506 alojamiento
	600 sistema de insuflación quirúrgica
	602 conducto de suministro del insuflador
10	604 insuflador
	606 conducto de entrega
	608 cánula quirúrgica
15	610 sistema de evacuación de humos
	612 fuente de pared
	614 cilindro de gas comprimido
20	616 conducto de descarga
	618 filtro de descarga
	620 fuente de vacío
25	622 conducto de descarga adicional
	624 circuito de insuflación
30	626 endoscopio
	628 monitor laparoscópico
	700 conducto
35	702 tubo alargado
	704 funda

	706 conector
	802 orificio
5	902 dirección longitudinal
	904 elemento de trenzado en sentido horario
	906 elemento de trenzado en sentido antihorario
10	908 aberturas
	1002 parte de manguito
	1004 primer componente conector
15	1006 segundo componente del conector
	1008 borde biselado
	1010 pestaña
20	1012 canal anular
	1014 abertura
	1016 parte corrugada
25	1102 extremo cónico ahusado
	1202 lumen
30	1502 separación
	1504 dirección radial
	1602 pico
35	1604 depresión
	1702 línea

	1704 punto de fusión
	1802 filamento
5	2102 parte central
	2104 parte de extremo
	2106 parte ahusada
10	2108 conducto sin funda
	2202 corrugación
	2204 pared lateral
15	2206 vector de fuerza
	2402 profundidad
20	2602 región de parte central estrechada interior
	2604 regiones de parte central estrechadas exteriores
	2700 sistema de asistencia respiratoria
25	2702 filtro
	2704 región de entrada
	2706 región de salida
30	2708 región intermedia
	2710 punto bajo
	2800 método de formación de un conducto
35	2802 etapa de extrusión
	2804 etapa de corrugación

	2806 etapa de corte del tubo
	2808 etapa de roscado
5	2810 etapa de inserción del conector
	2812 etapa de sujeción
	2814 etapa de sobremoldeo del conector
10	2816 etapa de contracción de la funda
	2818 etapa de corte de la funda
15	2820 etapa de moldeo del conector
20	
25	
30	
35	