

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 030 035**

51 Int. Cl.:

B05B 1/18 (2006.01)

B05B 1/34 (2006.01)

B05B 7/06 (2006.01)

B05B 7/08 (2006.01)

B05B 15/528 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.10.2022** **PCT/GB2022/052543**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.05.2023** **WO23084182**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2022** **E 22792872 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.03.2025** **EP 4429826**

54 Título: **Accesorio de salida de agua, por ejemplo, cabezal de ducha o grifo, que produce burbujas de agua**

30 Prioridad:

10.11.2021 GB 202116180

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.06.2025

73 Titular/es:

KELDA SHOWERS LIMITED (100.00%)
Unit 11, Brickfield Trading Estate, Brickfield Lane
Eastleigh, Hampshire SO53 4DR, GB

72 Inventor/es:

PENFOLD, WILLIAM;
SHRIMPTON, JOHN SCOTT;
ESTEBAN, LUIS BLAY;
DOULIS, BENJAMIN;
BURRELL, JAEVAN;
BOURNE, AARON y
BAKO-BIRO, ZSOLT

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 3 030 035 T3

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

DESCRIPCIÓN

Accesorio de salida de agua, por ejemplo, cabezal de ducha o grifo, que produce burbujas de agua

5 Esta invención se refiere a accesorios de salida de agua, por ejemplo, cabezales de ducha, que combinan un flujo de agua con un flujo de aire presurizado u otro gas para producir un flujo voluminoso con un consumo de agua reducido.

En un enfoque, ilustrada por el documento WO2012/110.790 A1 d el presente solicitante, el flujo de agua se divide en gotas que están suspendidas en un flujo de aire en movimiento.

10 Otro enfoque es mezclar el aire y el agua para producir una corriente de agua aireada, frecuentemente denominada ducha de espuma o de burbujas, por ejemplo, como se enseña mediante el documento JP2002.119.435A. Las duchas de este tipo están dispuestas para suministrar una corriente de agua pura (es decir, agua sin tensioactivos u otros aditivos) que sale del cabezal de ducha como una fase líquida continua en la que el aire se distribuye en forma de pequeñas burbujas. El aire puede suministrarse al cabezal de ducha a través de una manguera desde una bomba de aire o un ventilador, o desde una bomba de aire integrada en el cabezal de ducha, como se enseña en el documento CN203.972.169U. El documento CN10.626.9331A describe otro cabezal de ducha según la técnica anterior que suministra una corriente de agua en un flujo de aire en forma de burbujas.

20 La corriente de agua aireada de una ducha de espuma o de burbujas generalmente no produce una **acción de limpieza más eficaz en el cuerpo del usuario, sino que, distribuye el volumen de agua disponible** sobre una mayor área de superficie. Es conocido que produce burbujas mucho más pequeñas (llamadas **microburbujas**” o **“nanoburbujas”**) mediante cavitación ultrasónica; sin embargo generalmente se utiliza para limpiar objetos más que para bañar el cuerpo.

25 También es conocido, por ejemplo, por los documentos CN10.737.4430A, JP2004.321.405A y JP2004.089.465A la producción de una corriente de burbujas añadiendo tensioactivo al agua e insuflando un flujo de aire a través de la solución. Las burbujas se forman utilizando muy poca agua y pueden persistir hasta formar una plataforma que llena el espacio cerrado de la bañera o la ducha, lo que hace que la hora del baño sea más divertida y también puede ayudar a limpiar el cuerpo.

30 La presente invención reconoce que un flujo de agua, sin la adición de tensioactivos, puede dividirse en burbujas individuales, relativamente grandes, y llenas de gas, como una nueva e interesante forma de distribuir el agua sobre una superficie objetivo como un flujo más voluminoso con una apariencia mejorada.

35 La apariencia mejorada de las burbujas de agua pura puede ser ventajosa particularmente en solicitudes para bañar todo o parte del cuerpo, lo que es una experiencia visual y táctil.

40 Por tanto, la presente invención proporciona un aparato como se define en la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes definen características opcionales.

45 El aparato incluye un cuerpo emisor, el cuerpo emisor incluye una estructura de cuerpo, al menos una parte elastomérica unitaria, una entrada de agua, una entrada de gas, y al menos un emisor de flujo. Opcionalmente una pluralidad de emisores de flujo están dispuestos como una matriz separada, que puede formar, por ejemplo, un cabezal de ducha para bañar el cuerpo.

50 La estructura de cuerpo define al menos un rebaje anular delimitado por una pared exterior del rebaje. La al menos una parte elastomérica unitaria está soportada por la estructura de cuerpo y define al menos un revestimiento elastomérico tubular.

El o cada emisor de flujo define un eje emisor e incluye:

- dicho revestimiento dispuesto en dicho rebaje anular;
- 55 - una salida de gas en comunicación fluida con la entrada de gas;
- una salida de agua anular que rodea la salida de gas; y
- una trayectoria del flujo de agua anular en comunicación de fluidos con la entrada de agua y que termina en la salida de agua anular.

60 La trayectoria del flujo de agua anular se define entre las paredes de la trayectoria del flujo radialmente interiores y exteriores coaxiales con el eje emisor, siendo la pared de la trayectoria del flujo radialmente exterior una superficie del revestimiento.

65 El eje emisor se extiende centralmente a través de la salida de gas.

La entrada de gas está dispuesta para recibir un suministro de gas para que fluya durante el uso desde la salida de gas en una dirección del flujo. La entrada de agua está dispuesta para recibir un suministro de agua para que fluya durante el uso desde la salida de agua anular en la dirección del flujo como una lámina de agua anular rodeando el gas que fluye desde la salida de gas, para encapsular el gas que fluye desde la salida de gas en una serie de burbujas formadas por el agua que fluye desde la salida de agua.

El aparato incluye además al menos una de la característica (a) y la característica (b), en donde:

- según la característica (a) el revestimiento está unido a la estructura de cuerpo, y
- según la característica (b), la parte elastomérica unitaria incluye al menos una superficie de retención orientada en la dirección del flujo y enfrentada a una superficie orientada de modo opuesto de la estructura de cuerpo para retener el revestimiento contra el movimiento fuera del rebaje anular en la dirección del flujo.

En todas sus realizaciones, el aparato está dispuesto para funcionar dentro de un espacio de parámetros que está definido por h/d_w y We_g , en donde

$$(h/d_w) \leq 0,31$$

y

$$(2,5 \cdot 10^{-3}) < We_g \leq We_{g(m\acute{a}x)}$$

en donde $We_{g(m\acute{a}x)}$ está definido por una función

$$(h/d_w = 0,04 \cdot We_g^{0,5}).$$

En tales disposiciones, la o cada salida de agua tiene un diámetro exterior d_w y un ancho radial h . Un medio de suministro de gas está dispuesto para suministrar un gas que tiene una densidad ρ_g para que fluya a una velocidad u_g desde la o cada salida de gas. Un medio de suministro de agua está dispuesto para conectarse al suministro de agua que tiene una tensión superficial σ_w para suministrar el agua para que fluya a una velocidad u_w desde la o cada salida de agua.

El número de Weber aerodinámico (es decir, el número de Weber gaseoso) se define como

$$We_g = (\rho_g \cdot (u_g - u_w)^2 \cdot h) / \sigma_w.$$

El lector interesado tal vez desee **hacer referencia a la solicitud de** patente codependiente PCT/GB2021/051.113 **del solicitante** que describe un aparato similar que funciona dentro del mismo espacio de parámetros, pero que carece de las características (a) y (b) mencionadas anteriormente, que sirven para retener un revestimiento elastomérico tubular dentro de cada emisor de flujo. El revestimiento elastomérico puede ayudar a fabricar la trayectoria del flujo de agua anular con el grosor radial y la concentricidad objetivos, y a mitigar los efectos de la cal para mantener esos parámetros dentro de los límites deseados, como se describe más adelante.

Estas y otras características y ventajas se apreciarán a partir de las siguientes realizaciones ilustrativas de la invención que se describirán ahora, únicamente a modo de ejemplo y sin limitación al alcance de las reivindicaciones, y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra un aparato que incluye un cuerpo emisor según una realización de la invención.

La figura 2 es una vista lateral del cuerpo emisor configurado como un cabezal de ducha para instalarse con un eje emisor inclinado.

La figura 3 muestra el cuerpo emisor en una vista lateral frontal (salida).

La figura 4 muestra la parte elastomérica unitaria del cuerpo emisor, desde ambos lados y en la sección A-A de la misma figura.

La figura 5 es una vista despiezada de algunos de los componentes internos del cuerpo emisor.

La figura 6 muestra los mismos componentes que la figura 5 en vista lateral.

La figura 7 es una sección transversal a través del cuerpo emisor en A-A de la figura 3.

La figura 7A es una sección transversal parcial en el mismo plano que la figura 7, mostrando algunos de los componentes del cuerpo emisor en una disposición alternativa.

La figura 7B es una vista ampliada de parte de la figura 7A.

La figura 8 es una vista ampliada de parte de la sección transversal de la figura 7 a través de un emisor de flujo del cuerpo emisor.

La figura 9 muestra la sección transversal de la figura 8 con un resistor de flujo alternativo.

La figura 10 muestra la sección transversal de la figura 8, que incluye la estructura de cuerpo pero sin la parte elastomérica unitaria, y que muestra la placa de fascia separada de la placa frontal.

La figura 11 muestra la sección transversal de la figura 8 que incluye la parte elastomérica unitaria pero sin la estructura de cuerpo.

La figura 12 muestra la sección transversal de la figura 8, que ilustra los parámetros dimensionales que definen el espacio de parámetros operativos.

La figura 13 es una vista de extremo del emisor de flujo mostrado en la figura 12, que ilustra los mismos parámetros dimensionales.

La figura 14 es un gráfico que localiza el régimen de disgregación objetivo en el espacio de parámetros definido por h/d_w y We_g por referencia a Zhao y col. (op. cit., más adelante).

Las figuras 15a, 15b y 15c muestran una corriente de burbujas producidas por un emisor de flujo que funciona, respectivamente en el régimen de disgregación de tipo I, tipo II y tipo III.

Las figuras 16a-16d muestran una corriente de burbujas producidas por un emisor de flujo que funciona, respectivamente en el subrégimen de tipo II-A (figuras 16a y 16b), en el subrégimen de tipo II-B (figura 16c), y en el subrégimen de tipo II-C (figuras 16d).

La figura 17 muestra una corriente de burbujas producida por un emisor de flujo que funciona en el régimen de tipo II con un eje emisor inclinado.

La figura 18 muestra una corriente de burbujas proyectadas a lo largo de una trayectoria ascendente desde un emisor de flujo que funciona en el régimen de tipo II.

La figura 19 muestra un cabezal de ducha de prueba que comprende una pluralidad de emisores de flujo que funcionan a dos velocidades de flujo de aire diferentes.

La figura 20 muestra cuatro resistores de flujo con canales con patrones diferentes.

La figura 21 muestra otro resistor de flujo con canales corrugados.

La figura 22 muestra una placa frontal alternativa que comprende una matriz de protectores y resistores de flujo para desviar los flujos de mayor velocidad.

Las figuras 23 y 24 muestran otro resistor de flujo que comprende un elemento de válvula anular, respectivamente en una posición cerrada y una posición abierta.

Las figuras 25 y 26 muestran otro resistor de flujo que comprende un elemento de válvula anular, respectivamente en una posición abierta y una posición parcialmente cerrada.

La figura 27 es una sección longitudinal a través de un emisor de flujo que muestra otro resistor de flujo.

La figura 28 muestra un emisor de flujo que funciona en el régimen alternativo de árbol de Navidad.

La figura 29 es una vista despiezada de partes de un emisor de flujo, en donde el revestimiento elastomérico tubular se forma como un inserto individual o se sobremoldea en la estructura de cuerpo.

La figura 30 muestra las mismas partes que la figura 29, vistas desde detrás de la placa frontal.

La figura 31 muestra las mismas partes que la figura 29, respectivamente en vista lateral y en sección tomada en A-A en la misma figura.

La figura 32 muestra las mismas partes que la figura 29, después del ensamblaje.

La figura 33 es una vista lateral del ensamblaje de la figura 32.

5 La figura 34 es una vista ampliada parcial en A en la figura 33;

La figura 35 es una sección correspondiente a la figura 34 en una adaptación que incluye una superficie de retención y un conector.

10 La figura 36 muestra partes de otro emisor de flujo que tiene una conexión en rosca entre el resistor de flujo y el tubo de salida de gas.

La figura 37 muestra un conector de energía magnética con un sello.

15 La figura 38 muestra un conector de energía magnética dispuesto para conducir la energía a un cuerpo emisor configurado como un cabezal de ducha y montado en un brazo de soporte a través de una rótula liberable.

La figura 39 ilustra esquemáticamente un emisor de flujo con un control de modo de llenado y un control de secado y configurado como un grifo que descarga en un lavabo o cubeta.

20 Las figuras 40-43 muestran un cuerpo emisor configurado como un dispositivo portátil con una bomba de aire integral, en donde:

la figura 40 muestra el dispositivo portátil y la manguera flexible de suministro de agua;

25 la figura 41 es una sección longitudinal a través del dispositivo portátil;

la figura 42 muestra el cartucho de bomba de aire; y

30 la figura 43 muestra un paquete de baterías acoplado al dispositivo portátil.

Las figuras 44-46 muestran un cuerpo emisor configurado como un dispositivo portátil con una bomba de aire integral, respectivamente en vista frontal (figura 44), vista posterior (figura 45) y sección longitudinal (figura 46).

35 Las figuras 47-49 muestran otro cuerpo emisor configurado como un dispositivo portátil y alimentado con aire y agua a través de mangueras flexibles concéntricas, respectivamente en vista frontal (figura 47), vista de extremo (figura 48), y sección longitudinal (figura 49).

40 Las figuras 50-53 muestran otro cuerpo emisor configurado como un dispositivo portátil y alimentado con aire y agua a través de mangueras flexibles dispuestas en una relación paralela (yuxtapuesta), respectivamente en vista frontal (figura 50), vista lateral (figura 51), vista de extremo parcial (figura 52), y sección longitudinal (figura 53).

Los caracteres y números de referencia que aparecen en más de una de las figuras indican los mismos o elementos correspondientes en cada una de ellas.

45 Con referencia a las figuras 2-7, un cuerpo emisor 10 incluye una entrada 30 de gas y una entrada 20 de agua y al menos un emisor 11 de flujo, opcionalmente una pluralidad de emisores 11 de flujo como se muestra.

50 Con referencia también a las figuras 8 y 12, cada emisor 11 de flujo define un eje emisor X e incluye una salida 12 de gas respectiva en comunicación de fluidos con la entrada 30 de gas, una salida 13 de agua anular que rodea la salida 12 de gas, y una trayectoria 16 del flujo de agua anular en comunicación de fluidos con la entrada 20 de agua y que termina en la salida 13 de agua. La trayectoria 16 del flujo de agua anular está definida entre las paredes 71, 81 radialmente interiores y exteriores (es decir, las superficies 71, 81 de la pared) coaxiales con el eje emisor X, que se extiende centralmente a través de la salida 12 de gas.

55 En el ejemplo de las figuras 2-7, el cuerpo emisor está configurado como un cabezal de ducha generalmente plano para bañar el cuerpo, y la pluralidad de emisores 11 de flujo están dispuestos como una matriz separada de modo que la salida 12 de gas y la salida 13 de agua anular de cada emisor 11 de flujo se abren a través del lado 15 de salida del cuerpo emisor 10.

60 Con referencia a la figura 12, la entrada 30 de gas está dispuesta para recibir un suministro de gas 50 para que fluya durante el uso desde la salida 12 de gas en una dirección F del flujo. La entrada 20 de agua está dispuesta para recibir un suministro de agua 40 para que fluya durante el uso desde la salida 13 de agua anular en la dirección F del flujo como una lámina de agua anular que rodea el gas que fluye desde la salida de gas, para encapsular el gas que fluye desde la salida 12 de gas en una serie de burbujas formadas por el agua que fluye desde la salida 13 de agua, como se muestra por ejemplo en la figura 17 y se describe más adelante.

65

El emisor de flujo puede configurarse para utilizarse como cabezal de ducha o grifo o en cualquier otra solicitud, como se describe más adelante. El aparato está dispuesto preferiblemente para funcionar en un espacio de parámetros objetivo, que se describe más adelante, para producir burbujas de agua pura (es decir, agua corriente). Menos preferiblemente, puede disponerse para producir burbujas de otro modo, por ejemplo, a partir de agua mezclada con un surfactante, como se conoce en la técnica. En este caso el aparato puede estar dispuesto para funcionar fuera del espacio de parámetros objetivo, ya sea para producir burbujas menos bien formadas o para producir burbujas bien formadas basándose en la tensión superficial mucho más baja del agua (es decir, la mezcla de agua y surfactante).

Con referencia a las figuras 8, 10 y 11, y también a las figuras 29-35 y a la figura 39, el cuerpo emisor 10 también incluye una **estructura 11' de cuerpo y al menos una parte 80 80' elastomérica unitaria, que está soportada por la estructura 11' de cuerpo. La estructura 11' de cuerpo define al menos un rebaje anular 70' delimitado por una pared exterior 70''' del rebaje, y la al menos una parte 80, 80' elastomérica unitaria define al menos un revestimiento 82 elastomérico tubular que está dispuesto en el rebaje anular 70' para formar parte de un emisor 11 de flujo respectivo.** El revestimiento 82 puede ser cilíndrico o casi cilíndrico.

El cuerpo emisor 10 puede incluir una pluralidad de emisores 11 de flujo, cada uno de la pluralidad de emisores 11 de flujo incluye un respectivo revestimiento 82 elastomérico tubular dispuesto en un rebaje anular 70' respectivo de la estructura 11' de cuerpo.

Por lo tanto, cuando el cuerpo emisor 10 incluye una pluralidad de tales emisores 11 de flujo, al menos una parte elastomérica unitaria definirá un número correspondiente de revestimientos 82 elastoméricos tubulares, **cada uno de los cuales está dispuesto en un rebaje 70' correspondiente de la estructura 11' de cuerpo para formar parte de un respectivo de los emisores 11 de flujo.**

Debe entenderse que las referencias a una pluralidad de emisores de flujo pueden referirse a todos los emisores de flujo del cuerpo emisor, o a un subconjunto de los emisores de flujo del cuerpo emisor; de modo que, por ejemplo, el cuerpo emisor puede incluir un grupo de emisores de flujo que comparten un cuerpo elastomérico unitario único común y otro grupo sin revestimientos, o con revestimientos individuales definidos por partes elastoméricas unitarias separadas, o que comparten otra parte elastomérica unitaria única común.

Como se ejemplifica en la disposición de las figuras 2-7, los revestimientos 82 de toda la pluralidad de emisores 11 de flujo pueden formarse como partes respectivas de una parte 80 elastomérica unitaria única.

En disposiciones alternativas, en lugar de formar múltiples revestimientos 82 elastoméricos tubulares como **partes de una parte 80 elastomérica unitaria única, la o cada parte 80' elastomérica unitaria puede definir solo un revestimiento 82 elastomérico tubular.**

En tales disposiciones, el cuerpo emisor 10 puede incluir solo un emisor 11 de flujo único, como se ilustra en el ejemplo de la figura 39.

Alternativamente, el cuerpo emisor 10 puede incluir una pluralidad de emisores 11 de flujo y una pluralidad de **partes 80' elastoméricas unitarias separadas e individuales, definiendo cada parte 80' solo un revestimiento 82 elastomérico tubular único** de un emisor 11 de flujo respectivo, como se ilustra en los ejemplos de las figuras 29-35 que muestran un emisor de flujo respectivo de una matriz de emisores de flujo.

En cada caso, la estructura 11' de cuerpo soporta el revestimiento elastomérico 82 en el rebaje anular 70' de modo que la superficie radialmente interior del revestimiento 82 forma la pared 81 de la trayectoria del flujo radialmente exterior del emisor 11 de flujo respectivo.

La estructura 11' de cuerpo de cada emisor 11 de flujo puede formarse como una parte unitaria única, o como un ensamblaje de partes, y la misma parte o componentes unitarios del ensamblaje pueden ser comunes a la estructura 11' de cuerpo de todos los emisores de flujo. La estructura 11' de cuerpo puede servir para definir las trayectorias del flujo de agua y aire y para soportar el revestimiento elastomérico de cada emisor 11 de flujo.

Como se ilustra en cada una de las realizaciones ilustradas, cada emisor 11 de flujo puede incluir **un tubo 70 de salida de gas que define una trayectoria 12' del flujo de gas en comunicación de fluidos con la entrada 30 de gas** y que termina en la salida 12 de gas de modo que el eje emisor X se extienda centralmente a través de la **trayectoria 12' del flujo de gas. El tubo 70 de salida de gas y la pared exterior 70''' del rebaje pueden conectarse mediante** separadores 121 que están configurados para guiar el agua 40 para que fluya axialmente a través de la trayectoria 16 del flujo de agua anular.

Cada pared exterior 70''' del rebaje puede estar definida por una carcasa tubular 70'' respectiva de la estructura 11' de cuerpo, de modo que el rebaje anular 70' está definido dentro de la carcasa tubular 70'', como se muestra.

El tubo 70 de salida de gas y la pared exterior 70'' del rebaje (y la carcasa tubular 70'' y/o los separadores 121, cuando estén presentes) pueden formarse como partes respectivas de un cuerpo unitario. El cuerpo unitario puede ser un cuerpo de plástico unitario, p. ej., una moldura.

5 Las partes del cuerpo emisor, que incluyen tal cuerpo unitario, pueden estar fabricadas de un material de plástico no elastomérico que es relativamente más duro que la parte elastomérica unitaria, p. ej., ABS, y/o de un metal, p. ej., acero inoxidable. Tales partes pueden fabricarse como una moldura de plástico unitaria o pueden fabricarse mediante otro proceso convencional, p. ej., mediante fabricación aditiva.

10 En el ejemplo de las figuras 2-7, la **estructura 11' de cuerpo incluye una placa frontal 120 que forma una moldura plástica unitaria que define la pared exterior 70'' del rebaje y el rebaje anular 70' de cada emisor de flujo** así como el tubo 70 de salida de gas.

15 El cuerpo unitario (p. ej., la placa frontal 120) puede incluir otros componentes integrales tales como los resistores 60 de flujo (se describe más adelante) y los separadores 121, que conectan entre sí el **tubo 70 de salida de gas y la pared 70'' exterior del rebaje, manteniendo estas partes en relación coaxial, y también** guían el agua 40 para que fluya axialmente a través de la trayectoria 16 del flujo de agua anular.

20 Las figuras 8-10 muestran cómo los separadores 121 se extienden a través del grosor radial h de la trayectoria 16 del flujo de agua anular entre sus paredes 71, 81 radialmente interiores y exteriores. (La sección de la figura 27 muestra una disposición similar, pero se lleva a través de dos separadores 121 diametralmente opuestos, que son relativamente delgados en la dirección circunferencial, por lo que el agua fluye ininterrumpidamente entre ellos, fuera del plano del dibujo). Los separadores pueden formarse como álabes que son algo alargados en la dirección axial de la trayectoria 16 del flujo de agua anular y terminan corriente arriba de la salida 13 de agua, como se muestra, de modo que sus superficies planas (no visibles en todas las figuras) suprimen cualquier flujo giratorio y guían el agua en un flujo axial, laminar, uniforme hacia la salida 13 de agua.

25 La trayectoria 16 del flujo de agua anular puede ser cilíndrica y puede tener el mismo ancho radial h que la salida 13 de agua. En la práctica, se ha descubierto que el pequeño ancho radial h de la salida 13 de agua anular (que puede ser, p. ej., de 0,75 mm o incluso menos, como se describe más adelante) puede dificultar el moldeo del emisor 11 de flujo en una sola pieza, ya que la trayectoria 16 del flujo de agua anular debe estar formada por una parte tubular o cilíndrica delgada y, por lo tanto, frágil, de la herramienta de moldeo.

30 Este problema puede resolverse formando el o cada emisor 11 de flujo como una unidad en donde **el tubo 70 de salida de gas y la pared exterior 70'' del rebaje se definen como partes respectivas de la estructura 11' de cuerpo, y preferiblemente como partes respectivas de un cuerpo o moldura unitaria única**, (p. ej., placa frontal 120, como se ilustra), mientras que la pared radialmente exterior 81 (es decir, la superficie de pared) de la trayectoria 16 del flujo de agua anular está definida por el revestimiento 82 elastómero tubular que forma un inserto separado **ensamblado a la estructura 11' de cuerpo**.

35 Formar el tubo 70 de salida de gas y la pared exterior 70'' del rebaje **como partes respectivas de un cuerpo unitario asegura una concetricidad adecuada de las paredes anulares del rebaje anular 70' dentro de la estructura 11' de cuerpo de cada emisor de flujo, aunque la distancia** entre los ejes emisores X respectivos de los diferentes emisores 11 de flujo puede variar en una dimensión mayor debido a la tolerancia de fabricación (p. ej., moldeo). La parte elastomérica unitaria o moldura 80 es **lo suficientemente blanda y flexible para adaptarse a la forma de la estructura 11' de cuerpo, que puede ser una moldura 120 de plástico relativamente más dura**, de modo que cada revestimiento tubular 82 se sitúe en la **posición correcta en su respectiva carcasa tubular 70''**.

40 Dado que el revestimiento 82 elastomérico tubular ocupa una parte del ancho radial del rebaje anular **70'**, **ese rebaje anular 70' puede ser correspondientemente más ancho en la dirección radial, y por lo tanto** la parte de la herramienta de moldeo que la forma puede ser correspondientemente más gruesa y robusta.

45 En combinación, estas características aseguran, por lo tanto, que el ancho radial h de la trayectoria 16 del flujo de agua anular se mantenga dentro de una tolerancia estrecha, permitiendo al mismo tiempo utilizar una **herramienta de moldeo relativamente más gruesa y robusta para formar el rebaje anular 70'**.

50 Dado que el revestimiento elastomérico 82 forma un inserto tubular que se recibe en el rebaje anular 70' para formar un revestimiento radialmente exterior de la trayectoria 16 del flujo de agua anular, el revestimiento 82 puede adaptarse para definir un ancho radial h deseada de la trayectoria 16 del flujo de agua anular para ajustar el caudal de agua total del cuerpo emisor durante la fabricación. Por ejemplo, puede utilizarse un revestimiento 82 relativamente más grueso (rango bajo) para proporcionar un caudal de agua total desde el cuerpo emisor de aproximadamente 6-8 l/m, o un revestimiento 82 relativamente más delgado (rango alto) por aproximadamente 8-10 l/m.

55 **La parte 80, 80' elastomérica unitaria puede ser una moldura elastomérica unitaria o puede fabricarse mediante otro proceso convencional, por ejemplo, mediante fabricación aditiva. La parte 80, 80' elastomérica unitaria puede**

incluir (o puede consistir en) una silicona o un elastómero termoplástico u otro caucho natural o sintético o una mezcla de los mismos.

El revestimiento elastomérico 82 puede mitigar la formación de cal en la trayectoria 16 del flujo de agua anular. Por ejemplo, el revestimiento 82 puede flexionarse para desalojar los depósitos de cal. Esto ayuda a mantener el ancho radial h dentro de la tolerancia requerida durante la vida útil del cuerpo emisor.

El revestimiento elastomérico 82 tubular puede extenderse axialmente en la dirección F del flujo más allá de la **pared exterior del rebaje 70'' para definir una boquilla 85 anular flexible. Cada boquilla 85 puede estar alojada en** una abertura 126 respectiva en una placa 125 de fascia como se muestra en la figura 8, y/o puede extenderse a lo largo del eje emisor X durante una corta distancia desde la superficie frontal 17 que define el lado 15 de salida del cuerpo emisor 10. La superficie frontal 17 puede ser una superficie frontal de la placa 125 de fascia como se muestra en la figura 7, o una superficie frontal de la placa frontal 120 como se muestra en la figura 7A. (El ejemplo de la figura 7A también podría estar equipado con una placa de fascia, no se muestra). Esta disposición de la boquilla 85 ayuda a que la columna de agua anular se separe del cuerpo emisor 10 y ayuda a evitar que las gotas dejen depósitos de cal en el cuerpo emisor. La abertura 126 y/o la extensión axial de la boquilla más allá de la superficie frontal 17 pueden ser lo suficientemente grandes, como se muestra, para permitir que la boquilla 85 se flexione ligeramente con un dedo para moverse dentro de la abertura 126, transmitiendo este ligero movimiento también a través del revestimiento tubular 82 para desalojar la cal de la trayectoria 16 del flujo de agua anular corriente arriba de la boquilla.

El tubo 70 de salida de gas puede ser cilíndrico, por ejemplo, como se muestra, con una superficie de pared radialmente exterior que define la pared radialmente interior 71 de la trayectoria 16 del flujo de agua anular, y una **superficie 72 de pared radialmente interior que define la trayectoria 12' del flujo de gas que conduce a la salida 12 de gas**, definiendo de este modo una pared cilíndrica que separa la trayectoria 16 del flujo de agua anular que termina **en la salida 13 de agua de la trayectoria 12' del flujo de gas que termina en la salida 12 de agua.**

Otras partes del emisor de flujo, tales como la pared interior 71 de la trayectoria del flujo, también pueden estar formadas de materiales elastoméricos que pueden flexionarse para eliminar los depósitos de cal.

Por ejemplo, en otra disposición (no se muestra), otro, revestimiento elastomérico tubular interior puede disponerse (p. ej., sobremoldeado o ensamblado) para cubrir la superficie radialmente exterior del tubo 70 de salida de gas para definir la pared radialmente interior 71 de la trayectoria 16 del flujo de agua anular.

Alternativamente, en otra disposición (no se muestra), el tubo 70 de salida de gas puede incluir una parte de plástico corriente arriba o proximal que define la parte corriente arriba de su longitud axial en la dirección F del flujo, y una parte distal elastomérica unida a la parte proximal (p. ej., sobremoldeada en la parte proximal) que define la parte corriente abajo de su longitud axial en la dirección F del flujo para formar una salida de gas blanda, flexible. La parte proximal de plástico puede moldearse integralmente **con la pared exterior 70'' del rebaje a partir de un material plástico no elastomérico relativamente más duro.** La parte distal elastomérica puede extenderse, por ejemplo, durante aproximadamente un tercio de la longitud axial total del tubo 70 de salida de gas.

El aparato puede incluir otras características para reducir la formación de cal para evitar que los depósitos cambien el área de la sección de flujo de las trayectorias de agua. Por ejemplo, el aparato puede incluir una disposición magnética o electromagnética para evitar la formación de cal, como se conoce en la técnica, que puede activarse selectivamente mediante el controlador 6, o puede disponerse para facilitar su desensamblaje y limpieza. También puede proporcionarse una herramienta de limpieza (no se muestra), por ejemplo, que comprenda un cabezal de limpieza que se ajuste simultáneamente, de forma deslizante y giratoria a la salida de agua o a las salidas de aire y agua de cada emisor de flujo. La herramienta de limpieza puede ayudar a desalojar la cal del revestimiento 82 y la pared radialmente interior de la trayectoria de flujo de agua anular.

Como se ejemplifica en la figura 7, el cuerpo emisor 10 puede incluir una placa frontal 120 unitaria, una placa posterior 110, y una placa separadora 100 que está dispuesta de modo hermético entre la placa frontal 120 y la placa posterior 110 para dividir el espacio intermedio y definir una cámara de distribución 31 y una cámara 41 de distribución de agua. La figura 7A muestra una disposición similar, en donde la placa posterior 110 no se ilustra pero estaría presente en el ensamblaje.

La placa frontal 120 puede definir la superficie frontal 17 en el lado 15 de salida del cuerpo emisor 10, o la superficie frontal 17 puede definirse mediante una placa 125 de fascia como se muestra en la figura 7, que puede ayudar a retener el cuerpo 80 elastomérico unitario, como se describe más adelante.

La cámara de distribución 31 está dispuesta entre la placa posterior 110 y la placa separadora 100 y está configurada para transportar el suministro de gas 50 desde la entrada 30 de gas a cada una de una pluralidad de **trayectorias 12' de flujo de gas, estando cada trayectoria 12' del flujo de gas dispuesta para transportar el gas 50 a la salida 12 de gas de uno de los emisores 11 de flujo respectivos.** La cámara 41 de distribución de agua está dispuesta entre la placa frontal 120 y la placa separadora 100 y está configurada para transportar el suministro de agua 40 a la trayectoria 16 del flujo de agua anular de cada emisor 11 de flujo.

Alternativamente, el suministro de agua y el suministro de gas, o ambos, pueden conducirse a los emisores de flujo individuales a través de canales individuales (no se muestran) en lugar de a través de una cámara de distribución o una cámara de distribución de agua.

Una disposición sin una cámara de distribución de agua puede preferirse, por ejemplo, donde el cuerpo emisor esté dispuesto con una serie de emisores de flujo separados en un plano vertical o inclinado; en tales disposiciones, los canales de suministro de agua individuales y/o los resistores 60 de flujo (se describe más adelante) pueden configurarse para controlar (p. ej., igualar) la presión de suministro de agua a cada uno de los emisores 11 de flujo.

De este modo, por ejemplo, el cuerpo emisor puede incluir una cámara de distribución para distribuir el aire, y canales de distribución de agua individuales para distribuir el agua a los emisores de flujo (o a los resistores de flujo corriente arriba de los emisores de flujo). O bien, el cuerpo emisor puede incluir canales de distribución de gas individuales para distribuir el gas a los emisores de flujo, y una cámara de distribución de agua para distribuir el agua. O bien, el cuerpo emisor puede incluir canales de distribución de agua para distribuir el agua y canales de distribución de gas para distribuir el gas.

Se entenderá que los resistores 60 de flujo, cuando están presentes, también pueden configurarse con **canales 60' que definen la resistencia del flujo, lo que** sin embargo no debe confundirse con los canales de distribución que se acaban de analizar que pueden proporcionarse para suministrar el fluido al resistor 60 de flujo. Sin embargo, los canales de distribución también pueden configurarse para presentar una resistencia al flujo definida, y de este modo pueden funcionar como resistores de flujo según se describe en la presente memoria.

El tubo 70 de salida de gas puede estar conectado herméticamente a la placa separadora 100, ya sea directamente o **a través de un resistor 60 de flujo y/o un conector 91, con la trayectoria 12' del flujo de gas** en comunicación de fluidos con la cámara de distribución 31 a través de un orificio 101 de entrada de gas en la placa separadora 100. La conexión puede sellarse, por ejemplo, mediante una conexión en rosca, o mediante ajuste a presión, soldadura o encolado, o mediante un sello, por ejemplo, una anillo tórico 90, como se muestra en la figura 27.

La conexión puede realizarse directamente o a través de un conector o tapa 91, p. ej., como se muestra en las figuras 8-10, que puede conectarse al tubo 70 de salida de gas y a la placa separadora 100 mediante un ajuste de interferencia (por ejemplo, como se ilustra, entre el conector 91 y el tubo 70 de salida de gas) y/o una soldadura (por ejemplo, como se ilustra, entre el conector 91 y la placa separadora 100). Puede proporcionarse un pequeño espacio 92 entre el tubo 70 de salida de gas y el borde del orificio 101 en la placa separadora 100. (Alternativamente, el conector 91 podría extenderse hacia el orificio 101, proporcionándose el espacio entre el borde del orificio 101 y el conector 91). Esto permite ajustar la posición del conector 91 en la placa separadora 100 para adaptarse a pequeñas variaciones en la posición del tubo 70 de salida de gas con respecto al orificio 101 en la placa separadora 100 que resultan de las tolerancias de moldeo.

Como se muestra en las figuras 5-6 y en la figura 22, el cuerpo emisor 10 puede incluir una pluralidad de resistores 60 de flujo, que pueden formarse integralmente con la placa frontal 120, o pueden ser elementos separados según se describe más adelante. Alternativamente, los resistores 60 de flujo pueden formarse (al menos en parte) integralmente con el cuerpo 80 elastomérico unitario, como se ilustra en las figuras 7A y 7B.

Cada resistor 60 de flujo está configurado para suministrar un flujo de agua 40 que puede fluir de modo axisimétrico radialmente hacia el interior hacia el eje emisor X a través del resistor 60 de flujo, para desarrollar una caída de presión en el flujo de agua, desde la cámara 41 de distribución de agua hasta la trayectoria 16 del flujo de agua anular de un uno respectivo diferente de los emisores 11 de flujo, según se describe más adelante. Cada **resistor de flujo puede definir una pluralidad de canales 60' delimitados en un lado por la placa separadora 100**, como se muestra por ejemplo en las figuras 7A y 7B, la figura 8, las figuras 20-22, la figura 30 y la figura 36.

Formar los canales 60' de los resistores de flujo en el cuerpo 80 elastomérico unitario puede ayudar a mitigar la acumulación de cal en los canales 60'.

Para retener el revestimiento 82 de modo seguro en una posición fija en el **rebaje anular 70', o bien el revestimiento 82 está unido a la estructura 11' de cuerpo, o bien la parte 80, 80' elastomérica unitaria incluye al menos una superficie 84, 84' de retención orientada en la dirección F del flujo y enfrentada a una superficie 122, 125', 120' orientada en sentido opuesto de la estructura 11' de cuerpo para retener el revestimiento 82 contra el movimiento fuera del rebaje anular 70' en la dirección F del flujo.**

Opcionalmente, estas características se pueden usar en combinación. Por lo tanto, la parte 80, 80' elastomérica unitaria **puede incluir más de una de tales superficies 84, 84' de retención, y cuando se proporcionan una o más de tales superficies 84, 84' de retención, el revestimiento 82 puede unirse adicionalmente a la estructura 11' de cuerpo.**

El revestimiento 82 puede unirse a la estructura 11' de cuerpo sobremoldeando el revestimiento 82 en la pared exterior 70''' del rebaje, es decir, el revestimiento 82 se moldea en una cavidad formada parcialmente por la **pared exterior 70''' del rebaje de modo que ambas partes se unen entre sí** durante el proceso de moldeo. A modo de ejemplo, las figuras 29-34 muestran un revestimiento 82 formado como un cuerpo elastomérico unitario individual que tiene una boquilla integral 85, pero que carece de superficies de retención, que se une a la **pared exterior 70''' del rebaje durante el ensamblaje (p. ej., mediante adhesivo) o sobremoldeando la misma sobre** la pared exterior 70''' del rebaje.

Cada revestimiento 82 puede retenerse en posición mediante una superficie 84 de retención que puede extenderse radialmente hacia fuera desde el revestimiento 82. El revestimiento 82 puede tener un grosor radial constante a lo largo de su longitud axial, con la superficie 84 de retención extendiéndose hacia fuera desde su superficie exterior. Alternativamente, el revestimiento 82 puede incluir un rebaje (p. ej., un rebaje anular) (no se muestra) en su superficie exterior, en cuyo caso la superficie 84 de retención puede ser una superficie interna de tal rebaje que se extiende radialmente hacia fuera desde la pared relativamente más delgada del revestimiento 82 hacia dentro de tal rebaje.

La superficie 84 de retención puede formarse como una superficie de una brida anular 88 dispuesta cerca de un extremo corriente arriba del revestimiento 82 respectivo con respecto a la dirección F del flujo. La superficie 84 de retención se enfrenta a **una superficie opuesta de la estructura 11' de cuerpo, que, como se muestra, puede formarse como un reborde anular que se extiende alrededor del rebaje anular 70'.**

Esto puede hacerse donde una parte 80 elastomérica unitaria única define una pluralidad de revestimientos 82, como se muestra en los ejemplos de la figura 7A, la figura 8 y la figura 27, y también donde cada revestimiento 82 está formado en **una parte 80' elastomérica unitaria separada e individual, como se muestra en la figura 35 y la figura 39.**

La brida anular 88 puede formar parte de una parte 83 de conexión (se describe más adelante), como se muestra en la figura 7B, o puede estar separada de tal parte 83 de conexión como se muestra en la figura 8 y la figura 27.

La superficie 84 de retención formada en la brida anular 88, como se muestra, puede ser la única superficie de retención, como se muestra en las figuras 35 y 39.

Alternativamente, la superficie 84 de retención formada en la brida anular 88 puede ser una superficie de **retención adicional que esté separada de otra superficie 84' de retención formada por tal** parte 83 de conexión, como se ilustra en la figura 8 y la figura 27.

Como se muestra en los ejemplos de la figura 7, la figura 7A y la figura 27, los revestimientos 82 de una pluralidad de emisores 11 de flujo pueden formarse como partes respectivas de una parte elastomérica 80 unitaria única que incluye una parte 83 de conexión, en donde los revestimientos 82 de todos los emisores de flujo están unidos por la parte 83 de conexión.

La parte 83 de conexión puede incluir al menos una superficie 84, 84' de retención orientada en la dirección F del flujo y enfrentada a una superficie orientada 122, 120', 125' en sentido opuesto de la estructura 11' de cuerpo para retener cada uno de los revestimientos 82 contra el movimiento fuera del rebaje anular 70' respectiva en la dirección F del flujo.

La parte única 80 puede ensamblarse a la estructura 11' de cuerpo y retenerse, por ejemplo, mediante una placa 125 de fascia como se muestra en la figura 7 o mediante la placa frontal 120 como se muestra en la figura 7A. Adicionalmente, cada revestimiento 82 puede retenerse individualmente por otra superficie 84 de retención, como se ha descrito anteriormente.

Como se muestra en los ejemplos de la figura 7 y la figura 27, la parte 83 de conexión puede sujetarse entre las respectivas **superficies 120', 125' de sujeción de la placa frontal 120 y la placa 125 de fascia.**

Alternativamente, como se muestra en el ejemplo de la figura 7A, la parte 83 de conexión puede estar dispuesta entre la placa frontal 120 y la placa separadora 100 que definen la cámara 41 de distribución de agua, de modo que la parte 83 de conexión pueda formar una superficie interna de la cámara 41 de distribución de agua. Pueden disponerse características de sujeción adicionales (no se muestran) para retener **la parte 83 de conexión contra la placa frontal 120 cuya superficie 120' se enfrenta a la superficie 84' de retención de la parte 83 de conexión para retener el cuerpo elastomérico 80** único que incluye sus revestimientos 82 de componente en posición.

Cada revestimiento 82 puede incluir una o más superficies 84 de retención anulares que están dispuestas en un **extremo corriente arriba del revestimiento 82 y se enfrentan a las superficies correspondientes de la estructura 11' de cuerpo. La figura 7B muestra cómo dos superficies 84, 84' de retención anulares concéntricas, pueden enfrentarse a las superficies 122, 120' correspondientes formadas en y próximas al extremo superior de la carcasa tubular 70'', con una superficie 84' de retención adicional formada sobre una lámina plana de la parte**

83 de conexión que se extiende entre **los revestimientos 82** para enfrentarse **a la superficie 120'** orientada hacia dentro de la placa frontal 120.

Los ejemplos de la figura 7, la figura 7A y la figura 27 también ilustran cómo el cuerpo emisor 10 puede disponerse para distribuir el agua 40 (p. ej., a través de una cámara 41 de distribución de agua, como se muestra) entre una pluralidad de resistores 60 de flujo. Cada resistor 60 de flujo está dispuesto para suministrar un flujo de agua 40 a la trayectoria 16 del flujo de agua anular de un uno respectivo diferente de una pluralidad de emisores 11 de flujo, y para desarrollar una caída de presión en el flujo de agua 40 a través del resistor 60 de flujo.

La figura 7A también ilustra cómo, en tal disposición, al menos una parte de cada resistor 60 de flujo puede **formarse en la parte 83 de conexión. Como se ilustra, los canales 60' del resistor de flujo pueden** formarse en la parte 83 de conexión, de modo que las superficies elastoméricas ayudan a mitigar la formación de cal y proporcionan un sello compresivo a la placa separadora 100.

Con referencia ahora a la figura 7 y la figura 27, la parte 83 de conexión puede incluir una pluralidad de boquillas anulares 85 y una pluralidad de paredes 86 de retorno. Cada pared 86 de retorno se separa radialmente hacia fuera de uno de los revestimientos 82 y se conecta al revestimiento 82 respectivo mediante una respectiva de las **boquillas anulares 85. La pared exterior 70'' del rebaje de cada rebaje anular 70' está** dispuesta entre el revestimiento 82 respectivo y la pared 86 de retorno y termina axialmente en la dirección F del flujo en la boquilla anular 85 respectiva.

La parte 83 de conexión puede incluir una lámina 87 que se extiende entre las paredes 86 de retorno, y **la estructura 11' de cuerpo puede incluir una placa 125 de fascia que se extiende como se muestra** entre los emisores 11 de flujo en el lado 15 de salida del cuerpo emisor 10. Una superficie de la lámina 87 define una **superficie 84' de retención de la parte 83 de conexión que está enfrentada a una superficie orientada 125' en sentido opuesto de la placa 125 de fascia.**

La parte 80 elastomérica unitaria única puede incluir una superficie 84 de retención adicional que se extiende radialmente hacia fuera desde el revestimiento 82 de cada emisor 11 de flujo respectivo. Como se muestra, la **superficie 84 de retención adicional puede estar separada de la superficie 84' de retención de la parte 83 de conexión para enfrentarse a una superficie 122 orientada en sentido opuesto de la estructura 11' de cuerpo para retener el revestimiento 82 contra el movimiento fuera del rebaje anular 70' en la dirección F del flujo.**

Funcionamiento del cuerpo emisor

Con referencia a la figura 1, el cuerpo emisor 10 que incluye uno o más emisores 11 de flujo puede formar parte de un aparato 1 que incluye un medio 2 de suministro de gas y un medio 3 de suministro de agua.

El aparato puede incluir además un controlador 6 para controlar el funcionamiento del aparato en respuesta a la entrada de los controles de usuario 7. El controlador 6 puede incluir un procesador configurado para ejecutar instrucciones almacenadas en una memoria no transitoria, por ejemplo, para regular uno o ambos del flujo de agua y el flujo de gas en respuesta a la entrada del usuario y/o a los cambios en el flujo o la presión del agua.

El medio 2 de suministro de gas está dispuesto para suministrar un gas 50 que tiene una **densidad p_g** para fluir a una velocidad u_g desde la o cada salida 12 de gas.

El gas 50 puede ser aire, y el medio 2 de suministro de gas pueden incluir una bomba de aire, p. ej., un ventilador o un soplador 5. En esta memoria descriptiva, **los términos “ventilador”, “soplador” y “bomba de aire” son sinónimos.** La bomba 5 de aire puede ingerir aire ambiente y suministrarlo bajo una presión positiva pequeña a la salida de gas de cada emisor 11 de flujo, o a la entrada de gas principal 30 del cuerpo emisor 10 (se ve mejor en la figura 10c), que puede suministrar el gas 50 a una cámara de distribución 31 desde la que se distribuye a presión y caudal constantes a las salidas 13 de gas individuales. Alternativamente, la bomba 5 de aire puede incorporarse en el cuerpo emisor para aspirar el aire ambiente desde la entrada 30 de gas del cuerpo emisor y suministrarlo a la cámara de distribución.

Generalmente en esta memoria descriptiva, se supone que el gas es aire, y se considera que la densidad del gas α_g es la densidad del aire. La densidad del gas p_g se considera un valor fijo a la temperatura y presión seleccionadas, que puede determinarse mediante el perfil de presión/caudal de la bomba 5 de aire. Como aproximación, cuando el gas es aire, la densidad del gas p_g puede tomarse como el valor nominal de 1,225 kgm⁻³ a 1 atmósfera y 20 °C.

Sin embargo, como alternativa, dado que el gas está encapsulado dentro de cada burbuja, el gas 50 puede incluir o consistir en un gas distinto del aire, y el nuevo aparato puede utilizarse para suministrar ese gas a la superficie objetivo, p. ej., **a la superficie del cuerpo del usuario cuando se ducha o se lava las manos. Los** cálculos presentados en la presente memoria pueden adaptarse mutatis mutandis para adaptarse al uso de gases distintos del aire ambiente.

A modo de ejemplo, el gas 50 podría ser aire mejorado con uno o más aditivos tales como aromas suspendidos en el aire, aire ionizado, oxígeno, ozono, dióxido de carbono o cualquier gas o compuesto vaporizado deseado, que podría

introducirse y mezclarse en el aire ambiente corriente arriba o corriente abajo de la bomba 5 de aire. Podrían utilizarse oxígeno u otros gases, p. ej., como se ha mencionado anteriormente, en lugar de aire.

Alternativa o adicionalmente, el agua 40 puede mejorarse de modo similar con uno o más aditivos tales como aromas o cualquier otra sustancia deseada que pueda disolverse o dispersarse en el agua. Dichos aditivos pueden incluir tensioactivos.

Para este propósito, el aparato puede incluir al menos un dispensador 8 de aditivos que está o están dispuestos para dispensar el al menos un aditivo en al menos uno del agua y el gas. Como se muestra, pueden disponerse uno o más dispensadores 8 de aditivos para dispensar aditivos en el agua y en el gas. Donde se dispone un dispensador de aditivos para dispensar un aditivo en el gas, el aditivo se encapsulará dentro de cada burbuja y, por lo tanto, se **liberará al impactar con el cuerpo del usuario**; esto concentra eficazmente una fragancia transportada por el aire u otro aditivo en un área local, mejorando su efecto incluso en pequeños volúmenes. El o cada dispensador 8 puede estar dispuesto en el cabezal de ducha u otro cuerpo emisor, o corriente arriba del cuerpo emisor, y puede estar corriente arriba o (como se muestra) corriente abajo de algunos o todos los demás componentes del aparato. El dispensador 8 puede incluir un depósito para contener el aditivo o puede configurarse para generar el aditivo, por ejemplo mediante ionización. El dispensador puede controlarse por el usuario, opcionalmente a través del controlador 6, para dispensar selectivamente la o una variedad de aditivos.

La velocidad del gas u_g puede controlarse, p. ej., mediante el controlador 6 (que puede ser externo al cuerpo emisor 10 y/o estar incorporado al cuerpo emisor 10 como controlador local 6', figura 7), hasta un valor requerido controlando el suministro de energía a la bomba 5 de aire. La curva del ventilador u otros parámetros de funcionamiento pueden almacenarse en la memoria del controlador 6, que puede controlar la bomba 5 de aire y, por lo tanto, la velocidad del gas u_g . El control puede ser de circuito abierto, p. ej., ajustando la potencia en función de la curva del ventilador almacenada, o de circuito cerrado, p. ej., ajustando la potencia en respuesta a la entrada de un sensor (no se muestra) que detecta la presión o el caudal del gas. El controlador puede determinar el valor objetivo para la velocidad del gas basándose en los valores de los parámetros de velocidad del agua y el gas almacenados (p. ej., mapeados) y/o en la entrada del sensor y/o en la entrada del control del usuario a través de los controles 7 de usuario.

El ventilador o soplador 5 puede ser un modelo económico que funcione a una presión relativamente baja. El medio 2 de suministro de gas pueden incluir además un calentador para calentar el aire u otro gas, un filtro, esterilización UV y/o cualquier otro medio para controlar los parámetros del flujo de gas, como se conoce en la técnica.

El medio 3 de suministro de agua pueden incluir cualquier disposición para recibir agua 40 desde un suministro de agua y conducirla a la salida 13 de agua de cada emisor 11 de flujo o a la entrada 20 de agua principal del cuerpo emisor 10 (que se ve mejor en la figura 10c) desde la que el agua 40 se distribuye a las salidas 13 de agua de los emisores 11 de flujo individuales. En una forma muy simple, el medio 3 de suministro de agua puede incluir simplemente un conector para conectar una trayectoria del flujo del cuerpo emisor 10 a un suministro de agua a una presión adecuada. El medio 3 de suministro de agua pueden incluir uno o más elementos 4 de control o detección, p. ej., una válvula de control del suministro de agua, p. ej., una válvula accionada por solenoide o una válvula motorizada, una válvula mezcladora, un calentador y/o una válvula termostática u otra disposición de control de la temperatura del agua, una bomba de agua y/o sensores de caudal o presión de agua, y/o cualquier otro medio para producir, regular o monitorizar el flujo de agua.

La velocidad u_w del agua depende del caudal volumétrico del agua, que a su vez depende de la presión del suministro de agua. Para obtener una velocidad del agua conocida, el medio 3 de suministro de agua pueden incluir un regulador de presión o flujo 4 que está dispuesto para proporcionar un caudal volumétrico fijo en un amplio intervalo de variación en la presión del suministro de agua corriente arriba. El regulador de flujo puede ser ajustable o intercambiable para definir un consumo máximo de agua del aparato.

El regulador 4 de flujo puede ser un dispositivo pasivo simple, como se conoce en la técnica. Alternativa o adicionalmente, el medio 3 de suministro de agua pueden incluir un regulador de flujo de agua activo 4, como se conoce en la técnica, para mantener un caudal volumétrico de agua constante hacia uno o todos los emisores de flujo del cuerpo emisor, p. ej., basándose en la retroalimentación de un sensor de flujo. Tal regulador de flujo activo puede ajustarse mediante el controlador 6.

Con referencia ahora a las figuras 12 y 13, la salida 13 de agua y la salida 12 de gas pueden estar en un plano de salida común P.

La salida 13 de agua puede ser circular, como se muestra, y tiene un diámetro radialmente exterior d_w y un diámetro interior d_o . Convenientemente, la salida 12 de gas también puede ser circular con un diámetro d_i , de modo que la salida 13 de agua esté separada de la salida 12 de gas por el tubo 70 de salida de gas que define una pared cilíndrica con un grosor t en donde $t = (d_o - d_i) / 2$. Por lo tanto, la salida de agua y la salida de aire son coaxiales en el eje emisor X.

En realizaciones alternativas, la salida 13 de agua puede ser no circular, en cuyo caso su diámetro exterior d_w se define como el diámetro de un círculo de igual área de sección, es decir, igual en área al área de sección de la salida de agua, cuando se considera en el plano P de la salida de agua normal al eje emisor X.

Una salida de agua no circular puede tener lados rectos definidos por un polígono, p. ej., un polígono regular, estando los lados rectos preferiblemente conectados entre sí por partes curvadas para garantizar que la pared de burbujas permanezca intacta. El polígono podría ser un polígono teselado, tal como un cuadrado, un hexágono, o un triángulo equilátero, o podría ser por ejemplo un octágono, permitiendo que múltiples emisores de flujo se teselen en un patrón regular sobre el lado de salida del cuerpo emisor. La salida de gas puede tener una forma correspondiente a la de la salida de agua.

El ancho radial h de la salida de agua se define como la distancia radial entre sus paredes interior y exterior, por lo que $h = (d_w - d_o)/2$.

Si la dimensión de ancho radial h , por lo tanto el grosor de la lámina anular de agua, varía sustancialmente alrededor del eje emisor X, entonces la burbuja puede estallar; Por lo tanto, para un rendimiento fiable, es deseable que las paredes radialmente exterior e interior de la salida 13 de agua anular sean lo más casi concéntricas posible dentro de las tolerancias de fabricación. Preferiblemente, la dimensión radial h no debería variar en más de aproximadamente un 10 % (+/- 5 %) alrededor del eje emisor X de la salida 13 de agua anular.

El ancho radial h de la salida 13 de agua (que también puede ser el ancho radial h de la trayectoria 16 del flujo de agua anular) puede ser, por ejemplo, tan pequeña como 1,0 mm o incluso 0,5 mm. Para evitar los efectos adversos de la cal y proporcionar tolerancias más generosas, puede preferirse seleccionar un valor de h de al menos 0,5 mm. Cuando las tolerancias de fabricación son pequeñas, son posibles valores de h inferiores a 0,5 mm, por ejemplo, de hasta 0,4 mm o 0,3 mm o incluso menos.

Como se ha descrito anteriormente, el revestimiento 82 elastomérico tubular puede ayudar a lograr estos parámetros objetivo y también puede ayudar a mitigar los efectos de la cal para mantener estos parámetros dentro de los límites deseados durante la vida útil del cuerpo emisor. Dado que el revestimiento es blando y flexible, para lograr este objetivo, es necesario que el revestimiento se retenga de forma segura en una posición fija en el rebaje anular de la estructura de cuerpo para que no se mueva durante el uso para obstruir la trayectoria del flujo de agua anular.

El medio de suministro de agua está dispuesto para conectarse a un suministro de agua 40 que tiene una tensión superficial σ_w para hacer que el agua 40 fluya a una velocidad u_w desde la o cada salida 13 de agua como una lámina anular de agua que rodea el gas 50 que fluye desde la salida 12 de gas.

La velocidad de rotación del ventilador o soplador 5 puede controlarse mediante el controlador 6 en respuesta a las variaciones en el caudal de agua, para mantener una relación predefinida entre la presión del gas o el caudal volumétrico y la presión del agua o el caudal volumétrico en el punto seleccionado del espacio de parámetros, que puede ajustarse por el usuario o por el controlador en respuesta a la entrada de control del usuario, p. ej., para seleccionar la frecuencia f deseada a la que se producen las burbujas. Esto puede compensar las fluctuaciones en la presión del suministro de agua debido a la demanda variable de las diferentes salidas de un sistema de suministro de agua típico.

El usuario puede controlar un parámetro, o dos o más parámetros a través de los controles 7 de usuario, mientras que los parámetros restantes se controlan automáticamente basándose en el valor del parámetro seleccionado por el usuario. Por ejemplo, el usuario podría ajustar el caudal de agua, ajustando el caudal de gas o el suministro de energía al ventilador o soplador 5 de forma automática o simultánea mediante el controlador 6 para corresponder al caudal volumétrico de agua seleccionado.

A modo de ejemplo, en una disposición de control, una bomba 5 de aire puede encenderse en respuesta a la detección del flujo de agua en un sensor 4' de flujo de agua, con una válvula accionable por el usuario (ya sea manual o eléctricamente) para iniciar y detener el flujo de agua. La potencia de la bomba 5 de aire puede regularse mediante un control que el usuario puede ajustar a un valor seleccionado, ya sea manualmente o mediante el controlador 6. El valor seleccionado puede mapearse con el caudal de agua seleccionado o detectado para definir una relación entre el flujo de agua y el flujo de aire, determinando por lo tanto la frecuencia f de burbuja como se describe más adelante. El valor seleccionado puede persistir después de terminar el funcionamiento del aparato, de modo que la próxima vez que se arranque el aparato la bomba de aire funcione con el mismo ajuste con respecto al caudal de agua. Esto podría lograrse haciendo del control un elemento ajustable mecánica y manualmente, p. ej., un potenciómetro, que permanezca en la posición seleccionada, o haciendo arreglos para que el valor seleccionado se almacene en la memoria del controlador 6 o del control 7 de usuario.

De este u otros modos, el usuario podría controlar la relación entre el flujo de gas y el flujo de agua dentro de un rango predefinido, p. ej., seleccionando un estado operativo deseado mediante los controles 7 de usuario, para ajustar la frecuencia a la que se producen burbujas para adaptarse a las preferencias individuales del usuario. Cuando se proporciona una pluralidad de emisores de flujo, pueden dividirse en diferentes grupos, y los controles más sofisticados

pueden permitir al usuario seleccionar diferentes combinaciones de parámetros de flujo para diferentes grupos. Los controles de usuario también pueden permitir al usuario ajustar los parámetros de flujo para operar alternativamente fuera del régimen de burbujas, por ejemplo, en el espacio B de parámetros del “árbol de Navidad” o del régimen de disgregación celular (figura 14). A modo de ejemplo, la figura 28 muestra un emisor de flujo único, que carece de un revestimiento elastomérico pero que de cualquier otro modo según una realización de la invención, funciona en el régimen del árbol de Navidad.

Los controles de usuario pueden permitir al usuario ajustar la temperatura del gas o del agua o, por ejemplo, seleccionar aire (quizás con un caudal mayor) sin agua para secarlo después de una ducha. Podría proporcionarse una válvula desviadora de flujo de aire para desviar el flujo de aire a una salida separada para este propósito, o el flujo de aire podría proporcionarse a través de las salidas 12 de aire.

Para facilitar la referencia, los parámetros dimensionales y de fluido clave se exponen en la tabla 1 que figura a continuación, que incluye los valores nominales que pueden utilizarse para el cálculo.

Tabla 1

Símbolo	Parámetro	Valor nominal	Unidades
ρ_g	Densidad del gas	1,225 (para aire)	kgm^{-3}
ρ_w	Densidad del agua	997	kgm^{-3}
σ_w	Tensión superficial del agua a 37 °C	0,0701	Nm^{-1}
μ_w	Viscosidad dinámica del agua a 37 °C	$6,92 \times 10^{-4}$	$\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$
u_g	Velocidad del flujo de gas		ms^{-1}
u_w	Velocidad del flujo de agua		ms^{-1}
d_w	Diámetro exterior de la salida de agua		m
h	Anchura radial de la salida de agua		m
L	Longitud axial de la trayectoria del flujo de agua anular		m

El número de Weber aerodinámico o gaseoso We_g se basa en la velocidad relativa entre los flujos de gas y agua y representa la relación entre las fuerzas inerciales o de impulso del gas y la fuerza de tensión superficial del agua en la interfaz agua/gas. Con números de Weber aerodinámicos más altos, las fuerzas inerciales dominan y el sistema se vuelve más inestable.

El número de Reynolds líquido Re_w representa la relación entre las fuerzas inerciales o de impulso y las fuerzas del fluido viscoso dentro de la capa de agua anular, y es una medida de la turbulencia.

La tensión superficial σ_w y la viscosidad dinámica μ_w del agua se definen a una temperatura estándar de 37 °C, aunque evidentemente la temperatura del agua puede variar, p. ej., en respuesta a una válvula mezcladora operada por el usuario u otro control de temperatura.

Longitud de la trayectoria del flujo anular

Para un funcionamiento fiable, el agua debe presentar un flujo suave, laminar en la salida de agua. Esto puede lograrse proporcionando una trayectoria del flujo anular que se abra en la salida de agua. Por lo tanto, en tales disposiciones, el o cada emisor 11 de flujo incluye una trayectoria del flujo de agua anular respectiva 16 que lleva el flujo de agua a la respectiva salida 13 de agua.

La trayectoria 16 del flujo anular puede ser coaxial con el eje emisor X, y la sección transversal de la trayectoria 16 del flujo anular puede definir la sección transversal de la salida 13 de agua en el plano P de la salida de agua normal al eje emisor X. Por lo tanto, cuando la salida 13 de agua es circular, la trayectoria 16 del flujo anular es preferiblemente cilíndrica con paredes radialmente interiores y exteriores definidas como superficies de rotación alrededor del eje emisor X.

La trayectoria del flujo anular define una región de longitud L (figura 2) que tiene una sección transversal constante en la dirección F del flujo (que es la dirección del eje emisor X hacia la salida de agua).

La longitud mínima L de una trayectoria del flujo anular requerida para lograr un flujo laminar completamente desarrollado puede determinarse mediante una fórmula convencional, como es bien conocida en la técnica:

$$L = 0,05 \cdot Re_w \cdot h$$

donde Re_w es el número de Reynolds líquido definido como

$$Re_w = (\rho_w \cdot u_w \cdot h) / \mu_w$$

5 El valor mínimo $u_{w(min)}$ para la velocidad u_w del agua puede calcularse como

$$u_{w(min)} = \sqrt{(2 \cdot \sigma_w) / (\rho_w \cdot h)}$$

10

Para un emisor de flujo con dimensiones $d_i=4,0$ mm, $d_o=6,0$ mm, $d_w=7,5$ mm, esto da un valor

$$u_{w(min)} = 0,44 \text{ ms}^{-1}$$

15 Para la operación a $u_w = u_{w(min)}$, esto produce un valor $L = 14$ mm para la longitud mínima esperada L de la trayectoria del flujo anular.

Sorprendentemente, sin embargo, se ha descubierto que para estos valores dimensionales, que se proporcionan a modo de ejemplo, pueden producirse burbujas de forma fiable a un valor de $L = 7,5$ mm, mucho más pequeño que la longitud esperada. Esto permite empaquetar el cuerpo emisor (independientemente de sus valores dimensionales) en un factor de forma relativamente delgado que es adecuado para utilizarse como un cabezal de ducha de aspecto generalmente convencional.

20 Por lo tanto, cuando se configura como un cabezal de ducha, a cada salida de agua puede suministrarse agua a través de una trayectoria del flujo anular respectiva que tiene una longitud L y una sección transversal constante a lo largo de su longitud L , en donde la longitud L puede ser inferior a 0,75 o incluso inferior a 0,6 o incluso inferior a 0,5 de la longitud mínima L esperada cuando se calcula como se ha definido anteriormente.

Espacio de parámetros

30

Un número de Weber aerodinámico se define como

$$We_g = (\rho_g \cdot (u_g - u_w)^2 \cdot h) / \sigma_w.$$

35 El aparato está dispuesto para funcionar dentro de un espacio de parámetros definido por h/d_w y We_g , en donde

$$(h/d_w) \leq 0,31$$

y

40

$$(2,5 \cdot 10^{-3}) < We_g \leq We_{g(max)}$$

en donde $We_{g(max)}$ está definido por una función

45

$$(h/d_w = 0,04 \cdot We_g^{0,5})$$

Con referencia ahora a la figura 14, el espacio de parámetros definido incluye las regiones A y A (T-II). Cuando el aparato está configurado y operado dentro de este espacio de parámetros, el gas que fluye desde la salida de gas se encapsula en una serie de burbujas formadas por el agua 40 que fluye desde la salida de agua.

50

La figura 14 mapea el parámetro separado caracterizado por We_g y h/d_w , que se divide en tres regímenes de disgregación como se identifican en Zhao y col. (denominados en la presente memoria Zhao):

H. Zhao, J. L. Xu, J. H. Wu, W. F. Li y H. F. Lui, "Breakup morphology of annular liquid sheet with an inner round air stream", Chemical Engineering Science 137, págs. 412-422, 2015.

55

Las regiones A y A (T-II) forman parte del espacio de parámetros más grande a la izquierda de la curva que define $We_{g(max)}$. Este espacio de parámetros más grande se identifica en Zhao como el régimen de disgregación en forma de "cubierta" o "burbuja" dentro del cual puede esperarse que una boquilla coaxial produzca disgregación del líquido en forma de burbujas o cubiertas de líquido encapsulando el gas que fluye desde el centro de la boquilla.

60

Cuando se opera a la derecha de la curva $We_{g(max)}$, puede esperarse que el líquido se rompa con un **patrón característico "celular" o de "árbol de Navidad" (región B)**, como se muestra en la figura 28, o, a valores más altos de h/d_w , con un **patrón de "fibra" (región C)**, como lo describe Zhao.

65

Cuando se opera en el espacio de parámetros definido de las regiones A y A (T-II), el agua suministrada al emisor de flujo se divide en macroburbujas individuales llenas de gas, aumentando sustancialmente su área de superficie externa total en comparación con la obtenida al dividir el agua en gotas, para **distribuir un volumen limitado de agua de modo más efectivo sobre un área mayor del cuerpo del usuario**. Como se muestra en la figura 19 y se describe más adelante, pueden producirse grandes, macroburbujas de agua pura para desplazarse por separado a través del aire ambiente en corrientes paralelas con una divergencia de flujo insignificante, produciendo una apariencia más voluminosa y una sensación táctil mejorada en comparación con una lluvia convencional de gotas o duchas **“espumosas” de la técnica** anterior que producen una fase líquida continua, aireada.

Las macroburbujas producidas por las realizaciones del nuevo aparato pueden distinguirse por su tamaño relativamente grande, que puede tener por ejemplo más de 5 mm de diámetro, o más de 10 mm de diámetro, o más de 15 mm de diámetro, hasta 50 mm o incluso 100 mm o más de diámetro.

A modo de ejemplo, en la prueba presentada en la tabla 2, se produjeron burbujas con un diámetro de 20 mm a un caudal de agua de 0,39 l/m (litros por minuto) y una frecuencia de 52 bps, lo que equivale a 0,000125 l por burbuja. Por lo tanto, un volumen de 1 litro de agua producirá 8000 burbujas con un área de sección transversal combinada de 2,48 m², mientras que el mismo volumen de agua dividido en gotas convencionales de 1,5 mm de diámetro produciría un área de sección transversal total de 1 m². La apariencia de las burbujas se mejora mediante la refracción de la luz y puede mejorarse aún más mediante la iluminación integrada en el aparato de ducha.

Las burbujas individuales grandes se suspenden en el aire libre (ambiente) a medida que se desplazan hacia el **punto de impacto con la superficie corporal del usuario, y presentan un aspecto voluminoso a medida que la luz se refracta** a través de la carcasa transparente, como se muestra en la figura 19, donde fluyen corrientes paralelas de burbujas separadas desde una pluralidad de emisores de flujo.

El nuevo cabezal de ducha puede configurarse con relativamente pocas salidas grandes para producir burbujas de un diámetro muy grande, por ejemplo, de hasta aproximadamente 100 mm o más de diámetro. Las burbujas muy grandes son visualmente atractivas. Sin embargo, se ha descubierto que las burbujas más numerosas y más pequeñas emitidas desde un mayor número de salidas producen una apariencia voluminosa igualmente satisfactoria y una sensación táctil mejorada.

Una mayor cantidad de burbujas más pequeñas, emitidas por una mayor cantidad de salidas, puede distribuir el agua de modo más uniforme sobre la superficie corporal. Además, se ha descubierto que **se produce una sensación distinta cuando una burbuja estalla contra la piel del usuario, lo que puede optimizarse mediante un** número relativamente mayor de salidas que producen burbujas relativamente más pequeñas, por ejemplo, en un rango de diámetro de burbuja de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 50 mm, p. ej., de aproximadamente 10 mm a aproximadamente 40 mm, p. ej., de aproximadamente 15 mm a aproximadamente 30 mm.

En las pruebas se ha descubierto que esta sensación variará con la frecuencia, como se describe más adelante.

El régimen de disgregación de tipo II

Aunque el agua y el aire se utilizan comúnmente para trabajos experimentales para caracterizar los regímenes de disgregación obtenidos de una boquilla coaxial, en solicitudes prácticas donde se requieren burbujas de agua usualmente se producen por medio de tensioactivos. Las boquillas coaxiales se utilizan en aplicaciones prácticas con otros fluidos para encapsular un fluido dentro de otro; sin embargo, una boquilla coaxial que lleva un flujo de agua y aire se utiliza normalmente para producir gotas en lugar de burbujas.

Una dificultad particular para producir burbujas de agua pura (es decir, agua sin tensioactivos) para utilizarse al bañar o lavar el cuerpo es que las burbujas de agua pura tienden a ser inestables y por lo tanto estallarán a una distancia relativamente corta de la boquilla. La ráfaga produce una pulverización de gotas finas **que no proporciona una sensación satisfactoria al impactar con la piel del usuario, ni el aspecto voluminoso deseado** si solo se utiliza un pequeño volumen de agua.

El régimen de disgregación tipo “cubierta” o “burbuja” obtenido dentro del espacio de parámetros situado a la izquierda de la curva $We_{g(max)}$ de la figura 14 fue caracterizado además por Vu y col., denominados en la presente memoria Vu :

T. V. Vu, H. Takamura, J. C. Wells y T. Minemoto, “Breakup modes of a laminar hollow water jet”, J Vis, vol. 14, págs. 307-309, 2011.

Vu identificó tres regímenes de disgregación dentro del régimen de disgregación más amplio, tipo “cubierta” o “burbuja”, identificados respectivamente como tipos I, II y III. En las pruebas se ha descubierto que algunos ejemplos del nuevo aparato pueden producir burbujas en cualquiera de los regímenes de flujo de los tipos I, II y III, como se muestra respectivamente en las fotografías de la figura 15a (que muestran el funcionamiento en el régimen

de tipo I o T-I), la figura 15b (tipo II o T-II) y la figura 15c (tipo III o T-III). Las dimensiones del emisor de flujo y los parámetros de flujo utilizados en las pruebas fueron los que se muestran en las figuras.

El régimen de tipo I se caracteriza por burbujas relativamente pequeñas conectadas entre sí por una ligadura continua relativamente grande, mientras que en el régimen de tipo III el agua se forma sustancialmente en su totalidad en burbujas, pero las burbujas se producen en grupos conectados.

El régimen de tipo II se caracteriza por burbujas individuales que se separan en el espacio, es decir, las burbujas individuales se producen y se desplazan por separado en una serie desconectada en el aire ambiente.

Para evitar la operación en el régimen de disgregación de tipo I (T-I), menos preferido, preferiblemente

$$U_g \geq u_w.$$

Sin embargo, se prefiere configurar y operar el aparato dentro del régimen de tipo II (T-II), para garantizar que toda o sustancialmente toda el agua disponible se convierta en burbujas.

Esto puede lograrse definiendo aún más el espacio de parámetros de modo que

$$U_g > u_w$$

y

$$(We_{g(mín)} \leq We_g),$$

en donde $We_{g(mín)}$ está definido por una función

$$(h/d_w)_0 = (0,02 \cdot (35 \cdot We_g)^{0,5} + 0,11).$$

El espacio de parámetros que define el régimen de disgregación de tipo II (T-II) preferido se indica en la figura 14 como región A (T-II) y delimitado entre las dos curvas representadas las funciones $We_{g(mín)}$ y $We_{g(máx)}$, respectivamente.

El subrégimen de tipo II-B

Con referencia ahora a las figuras 16a-16d, se llevaron a cabo pruebas adicionales en un emisor de flujo experimental que funcionaba dentro del régimen de disgregación de tipo II preferido, con los resultados que se muestran. El emisor de flujo experimental no tenía un revestimiento elastomérico, pero estaba según la invención en todos los demás aspectos. No se espera que el revestimiento elastomérico afecte a las características de flujo del emisor de flujo (aunque puede ayudar a mitigar la formación de cal y por lo tanto a mantener las características de flujo deseadas durante la vida útil del cuerpo emisor). Por lo tanto, la prueba representa el rendimiento esperado de tal emisor de flujo cuando está equipado con un revestimiento elastomérico.

Las pruebas muestran que el régimen de disgregación de tipo II puede dividirse en tres subregímenes distintos, denominados en la presente memoria subrégimen de tipo II-A (T-II-A) (figuras 16a y 16b), subrégimen de tipo II-B (T-II-B) (mostrado en la figura 16c), y subrégimen de tipo II-C (mostrado en la figura 16d).

Se sabe que, en determinadas condiciones de flujo, una corriente en serie de burbujas producida por una boquilla coaxial puede conectarse entre sí mediante ligaduras, como se muestra en Zhao. Cuando las ligaduras se rompen, pueden formar pequeñas gotas que se encuentran entre las burbujas separadas de la corriente.

El subrégimen de tipo II-A (figuras 16a, 16b) representa una transición entre los regímenes de burbujas de tipo I y de tipo II, y se caracteriza por la presencia de estas pequeñas gotas intermedias.

En el subrégimen de tipo II-B (figura 16c), estas gotas intermedias están sustancialmente ausentes, y sustancialmente toda el agua se produce como una corriente de burbujas individuales y separadas.

El subrégimen de tipo II-C (figura 16d) representa una transición entre los regímenes de tipo II y tipo III y se caracteriza por la producción de burbujas en pares conectados o grupos cortos, con burbujas individuales, intermedias y gotas intermedias.

Las gotas intermedias en los subregímenes de tipo II-A y Tipo II-C representan solo una pequeña proporción del agua, y en el subrégimen de tipo II-A son apenas visibles en la corriente de burbujas, de modo que la apariencia del flujo es sustancialmente idéntica.

Sin embargo, las pruebas realizadas con fotografías de alta velocidad mostraron que estas pequeñas gotas intermedias tienden a moverse a una velocidad mayor que las burbujas adyacentes, posiblemente debido a su densidad relativamente mayor. Esto puede verse comparando la posición de las gotas intermedias con respecto a sus respectivas burbujas conductoras a lo largo de la corriente de burbujas en el subrégimen de tipo II-A, como se muestra en las figuras 16a y 16b.

Se observa que cuando se requiere que las burbujas se desplacen a una distancia sustancial hasta la **superficie objetivo, como cuando el cuerpo emisor está configurado como un cabezal de ducha para bañar todo el cuerpo del usuario**, estas gotas intermedias pueden alcanzar y chocar con la burbuja inmediatamente delante de la gota en la corriente en movimiento, provocando que la burbuja principal se desintegre. Este fenómeno puede verse en la parte inferior de la figura 16b, que captura el momento en el que la burbuja final estalla por contacto con la siguiente gota.

En comparación, las burbujas de agua pura producidas en el subrégimen de tipo II-B permanecen intactas durante una distancia que puede superar los 0,5 m o incluso 1 m, como se muestra en la figura 16c.

Para extender la distancia a la que pueden desplazarse las burbujas intactas antes de impactar en el **cuerpo del usuario, se prefiere por lo tanto** configurar y operar el aparato para producir burbujas en el régimen de disgregación de tipo II-B, para evitar la producción de ligaduras que forman gotas intermedias. Es decir, preferiblemente el aparato funciona para producir sustancialmente toda el agua en forma de una corriente de burbujas separadas sin que intervengan gotas. Las gotas intermedias ocasionales son aceptables siempre que la gran mayoría de las burbujas no se produzcan con las gotas intermedias.

El funcionamiento en el régimen de tipo II-B es especialmente preferido cuando el cuerpo emisor está configurado como un cabezal de ducha que incluye una pluralidad de dichos emisores de flujo dispuestos como una matriz separada en un lado de salida del cuerpo emisor, para producir corrientes de burbujas en las que el usuario puede bañar todo su cuerpo, y por lo tanto requiere que las burbujas permanezcan intactas durante una distancia de desplazamiento prolongada.

Se ha descubierto que solo se requiere un pequeño ajuste de la velocidad relativa del agua y el aire para ajustar el funcionamiento del aparato entre los subregímenes de los tipos II-A, II-B y II-C, y esto puede lograrse por ejemplo ajustando la velocidad del aire o del agua sin cambiar ningún otro parámetro. Por lo tanto, por ejemplo, cuando el aparato está configurado para funcionar en el régimen preferido de tipo II, el régimen de tipo II-B más preferido puede obtenerse simplemente ajustando la potencia de la bomba de aire sin ajustar el caudal de agua, o ajustando el caudal de agua sin ajustar la bomba de aire.

Para obtener un funcionamiento de tipo II-B, si se descubre que el aparato está funcionando en el régimen de tipo II-A, entonces el número de Weber aumenta, mientras que si está funcionando en el régimen de tipo II-C, el número de Weber disminuye hasta que se observe el funcionamiento de tipo II-B.

Una vez que se ha obtenido el régimen de flujo deseado para un aparato prototipo, los ajustes de los parámetros se pueden guardar como un valor de parámetro permanente, por ejemplo como ajustes de software del controlador que determinan los valores relativos de u_g y u_w .

Emisor angulado

La figura 17 muestra una prueba llevada a cabo en un emisor de flujo único que funciona en el régimen de disgregación de tipo II. El emisor de flujo ensayado no tenía un revestimiento elastomérico, pero estaba según la invención en todos los demás aspectos, y de este modo el ensayo representa el rendimiento esperado de tal emisor de flujo cuando está equipado con un revestimiento elastomérico.

El cuerpo emisor está configurado para montarse, como se muestra, en una posición de uso en donde el eje emisor X está inclinado en un ángulo de al menos 20° con respecto a la vertical. En el ejemplo mostrado, el eje emisor X está cerca de la horizontal.

Sorprendentemente, se ha descubierto que se produce una corriente de burbujas de forma fiable en este ángulo, y además, las burbujas producidas permanecen intactas durante una larga distancia de hasta 0,5 m o incluso 1 m o más, como se muestra. En la fotografía puede observarse que las burbujas permanecen intactas en una corriente continua que es capturada en un embudo (esquina inferior izquierda de la fotografía) en el que estallan para formar la corriente de agua que sale del fondo del embudo.

Se observa que las burbujas producidas a lo largo de una trayectoria inclinada pueden permanecer intactas durante una distancia extendida, como se muestra, incluso cuando el aparato funciona en el régimen de tipo II pero fuera del subrégimen preferido de tipo II-B. Esto sugiere que en una trayectoria inclinada 20° o más con respecto a la vertical, la diferencia de densidad entre las gotas intermedias y las burbujas puede hacer que sigan trayectorias ligeramente diferentes, lo que evita que las gotas impacten y exploten sus burbujas principales, como se muestra en la configuración del eje vertical de la figura 16b.

Por lo tanto, cuando el aparato funciona en el régimen de tipo II, una inclinación del emisor de flujo de 20° o más puede representar una alternativa a ajustar el aparato al subrégimen de tipo II-B preferido, como una forma de obtener una mayor distancia de desplazamiento de las burbujas intactas.

En un enfoque que utiliza un eje emisor inclinado, el aparato puede ajustarse para funcionar en un punto en algún lugar dentro del espacio de parámetros de los subregímenes de tipo II-A y tipo II-B.

Un eje emisor inclinado puede ser particularmente conveniente cuando se desea colocar el cuerpo emisor para utilizarse en una cabina de ducha por lo demás convencional, lo que puede requerir que las burbujas se desplacen una distancia prolongada **hasta la superficie corporal objetivo del usuario**.

Por lo tanto, en tales configuraciones inclinadas axialmente, el cuerpo emisor puede configurarse por ejemplo como un cabezal de ducha que incluye una pluralidad de emisores de flujo dispuestos en una matriz separada en un lado de salida del cuerpo emisor, para producir corrientes de burbujas en las que el usuario puede ducharse (es decir, bañar) todo su cuerpo. En tales disposiciones, el cuerpo emisor está configurado preferiblemente de modo que todos los ejes emisores X estén inclinados en un ángulo α de 20° o más con respecto a la vertical, como se muestra en el ejemplo de las figuras 10a y 10b. Esto puede lograrse haciendo que todos los ejes emisores X sean paralelos.

Separación de emisores de flujo

Para distribuir el agua de modo más uniforme sobre la superficie corporal mojada y para optimizar la experiencia sensorial producida por el estallido de burbujas, el cabezal de ducha puede incluir una pluralidad de emisores de flujo que pueden disponerse como una matriz separada en el lado de salida del cabezal de ducha. Los ejes emisores de flujo X pueden estar separados por igual.

A modo de ejemplo, un cuerpo emisor configurado como un cabezal de ducha para bañar todo el cuerpo puede incluir seis o más emisores de flujo, hasta doce o más, o incluso dieciocho o más emisores de flujo. Un cuerpo emisor configurado como un grifo podría incluir solo un emisor de flujo o un número menor de emisores de flujo, por ejemplo, hasta tres emisores de flujo, o hasta cinco emisores de flujo, aunque podrían proporcionarse más si se desea.

El diámetro de una burbuja producida de un emisor de flujo de cualquier diámetro exterior de agua d_w dado será proporcional a la frecuencia a la que se producen burbujas en el emisor de flujo, que varía con la velocidad u_g del flujo de gas, según se describe en Kendall:

J. M. Kendall, "Experiments on annular liquid jet stability and on the formation of liquid shells", Physics of fluids, vol. 29, no. 2086, 1986.

Por lo tanto, para cualquier diámetro de salida de agua d_w dado, la velocidad del gas u_g puede ajustarse para obtener la frecuencia y el diámetro de burbuja deseados.

El diámetro máximo de burbuja se produce a la velocidad mínima del gas u_g , es decir, en el extremo inferior del rango de números de Weber, como se muestra en el mapa de espacio de parámetros de la figura 14.

El diámetro máximo de burbuja que puede obtenerse está determinado por el diámetro de salida del agua d_w y la velocidad del gas y el agua u_g , u_w . En las pruebas, se encuentra que el diámetro máximo de burbuja en el régimen operativo preferido de tipo II-B es de aproximadamente $2,8 \cdot d_w$.

En las pruebas, se ha observado que cuando el cuerpo emisor incluye una matriz separada de emisores de flujo, las burbujas consecutivas en un tren de burbujas producidas por cada emisor de flujo tenderán a moverse u oscilar alrededor del eje emisor, de modo que el punto central de cada burbuja puede estar desplazado radialmente con respecto al eje emisor en una distancia radial r_o . Si bien la dirección de este desplazamiento radial varía de una burbuja a otra, en las pruebas se ha descubierto que cuando se opera en el régimen operativo preferido de tipo II-B, el valor máximo del desplazamiento radial $r_{o(max)}$ tiende a no superar la mitad del diámetro máximo de la burbuja, es decir,

$$r_{o(max)} \leq 1,4 \cdot d_w.$$

Por lo tanto, los ejes emisores X de la pluralidad de emisores 11 del cuerpo emisor 10 pueden estar separados al menos por una distancia de separación mínima S_{min} para garantizar que las burbujas emitidas por emisores adyacentes en el peor de los casos no choquen ni exploten, en donde

$$S_{min} > 5,6 \cdot d_w$$

Aunque las burbujas tienden a seguir una trayectoria constante, esta separación mínima S_{min} también se adapta a cualquier movimiento relativo fuera del eje que pueda producirse entre los trenes de burbujas a medida que se desplazan desde el cuerpo emisor hasta la superficie corporal del usuario, lo que garantiza que las burbujas permanezcan separadas hasta el punto de impacto.

Para un espaciado más compacto que mantenga la separación basándose en la posición más desfavorable de una burbuja y una posición neutra en el eje de una burbuja adyacente (lo que puede evitar la mayoría de posibles conflictos), el valor $S_{\min}$ puede reducirse a

5

$$S_{\min} > 4,2 \cdot d_w$$

Resistores de flujo

10 El cuerpo emisor 10 puede incluir más de un grupo de emisores 11 de flujo, en donde los emisores de un grupo pueden tener diferentes dimensiones y recibir aire y agua a velocidades relativamente diferentes en comparación con las de otro grupo. Alternativamente, todos los emisores 11 de flujo del cuerpo emisor 10 pueden ser idénticos.

15 Para un funcionamiento fiable, se prefiere además que la velocidad del aire y del agua sea lo más casi igual posible entre unos diferentes de los emisores 11 de flujo, o de un grupo de emisores 11 de flujo idénticos.

20 El nuevo aparato puede configurarse para producir burbujas de agua pura, es decir, de agua sin surfactante. Esto se refleja en los valores tabulados de los parámetros operativos, notablemente el valor de la tensión superficial, que para el agua pura es mucho mayor que para una solución de surfactante. Por esta razón, el nuevo aparato funciona preferiblemente en un espacio de parámetros definido, entre otros por un número de Weber relativamente bajo y por lo tanto una velocidad diferencial relativamente pequeña entre el flujo de gas y el flujo de agua, y para un funcionamiento fiable se prefiere que el gas y el agua fluyan de modo suave y continuo a una presión relativamente baja y con una turbulencia mínima.

25 Los medios de suministro de gas pueden incluir una bomba 5 de aire que suministra el aire a una presión positiva pequeña; la velocidad del aire puede igualarse entonces por medio de una cámara de distribución 31 (figura 10c) desde la que el aire se distribuye a cada salida 12 de gas a la misma velocidad y caudal, controlado por la pequeña caída de presión desde la cámara de distribución 31 a cada salida 12 de gas.

30 El suministro de agua a baja presión minimiza las turbulencias para garantizar un flujo uniforme, continuo y laminar de agua a cada salida de agua.

35 Cuando una pluralidad de emisores 11 de flujo están separados sobre el lado 15 de salida del cuerpo emisor 10, el lado 15 de salida puede ser aproximadamente plano para producir un flujo amplio en el que el usuario pueda bañar un área sustancial de su cuerpo. El lado 15 de salida puede disponerse después en un plano horizontal de modo que cada eje emisor X se extienda verticalmente hacia abajo, con las burbujas emitiéndose en corrientes verticales como se muestra en la figura 19.

40 Sin embargo, si el cuerpo emisor 10 teniendo esta configuración está inclinado (figura 10a) de modo que los ejes del emisor X estén inclinados alejándose de la vertical, la separación entre los emisores 11 dará como resultado una diferencia, entre los diferentes emisores 11, en la altura vertical desde el emisor 11 hasta la entrada 20 de agua principal al cuerpo emisor, desde el cual el agua 40 se distribuye a cada uno de los emisores 11 de flujo. Cuando el aparato funciona a una presión de agua baja, esta diferencia de altura puede resultar en una diferencia significativa en la presión del agua entre los diferentes emisores 11 de flujo, lo que a su vez aleja a los diferentes emisores 11 de su rango de parámetros operativos objetivo.

45 Para superar este problema, cuando se proporciona una pluralidad de emisores 11 de flujo, el aparato puede incluir una pluralidad de resistores 60 de flujo como se ha descrito anteriormente. El medio de suministro de agua se dispone entonces para distribuir el agua 40 entre los resistores 60 de flujo. Cada resistor 60 de flujo está dispuesto para suministrar un flujo de agua a la salida 13 de agua de uno respectivo diferente de los emisores 11 de flujo. Cada resistor 60 de flujo está dispuesto para desarrollar una caída de presión en el flujo de agua 40 a través del resistor 60 de flujo.

50 La resistencia al flujo puede seleccionarse para garantizar que el efecto adicional de la inclinación del eje sobre la presión y el caudal del agua sea relativamente pequeño, asegurando de este modo que cada salida 13 de agua reciba agua sustancialmente a la misma presión.

55 Como se ha explicado anteriormente, esto puede ayudar particularmente a proporcionar un funcionamiento fiable cuando el cuerpo emisor está configurado para montarse en una posición de uso en donde cada eje emisor X está inclinado en un ángulo de 20° o más con respecto a la vertical, p. ej., como un cabezal de ducha.

60 Cada emisor 11 de flujo puede incluir una trayectoria 16 del flujo de agua anular que lleva el flujo de agua 40 desde una respectiva de los resistores 60 de flujo hasta la respectiva salida 13 de agua. En tales disposiciones, la caída de presión a través de cada resistor 60 de flujo puede seleccionarse para que sea mayor que una caída de presión en el flujo de agua 40 a través de la respectiva trayectoria 16 del flujo de agua anular desde el resistor 60 de flujo hasta la salida 13 de agua respectiva.

65

El flujo de agua 40 puede ser axisimétrico desde cada resistor 60 de flujo hasta la respectiva trayectoria 16 del flujo de agua anular. Esto asegura que el agua fluya de modo uniforme y suave hacia la salida 13 de agua.

Cada resistencia de flujo 60 puede configurarse para dividir el flujo de agua entre una pluralidad de canales 60'. Los canales 60' pueden estar dispuestos radialmente y pueden ramificarse a lo largo de su longitud, como se muestra en los ejemplos de la figura 20, donde los canales muestran cambios en la dirección del flujo en un plano bidimensional. **Pueden verse patrones similares de los canales 60' en la figura 30 y la figura 36.** Cuando, como se muestra el resistor 60 de flujo forma parte de la placa frontal 120, los canales 60' pueden cerrarse haciendo contacto con la placa separadora 100, como se ilustra en las figuras 29-35.

La figura 21 muestra una disposición alternativa de un disco dentado puede acoplarse con otro disco correspondiente (no se muestra) para definir canales que muestran cambios en la dirección del flujo en la dimensión axial, fuera del plano del dibujo.

Alternativamente, como se ilustra en la figura 9, cada resistor 60 de flujo puede incluir un cuerpo 61 de material poroso, p. ej., un bloque de partículas sinterizadas o material granular o fibroso. Como se muestra, el cuerpo de material poroso puede ser anular y puede tener superficies interior y exterior cilíndricas, y puede disponerse para rodear una entrada anular de la trayectoria 16 del flujo anular. El agua fluye radialmente hacia dentro alrededor del cuerpo 61 hasta su superficie exterior cilíndrica y sale por la entrada de la trayectoria 16 del flujo anular a través de su superficie interior cilíndrica.

La figura 22 muestra una placa frontal 120 alternativa con una serie de resistores 60 de flujo con **canales serpentinados 60' siguiendo el mismo patrón que el último ejemplo de la figura 20**, e incluye protectores 65 que están dispuestos en la cámara 41 de distribución de agua para desviar los flujos de mayor velocidad desde la entrada 20 de agua opuesta a la superficie 42 de desviación de agua (se describe más adelante), para igualar la presión del agua entre los emisores de flujo.

En otras disposiciones alternativas, ejemplificadas en las figuras 23-27, cada resistor 60 de flujo puede definir una trayectoria del flujo del resistor de flujo e incluir un elemento 62 de válvula móvil por el flujo de agua 40 a través de la trayectoria del flujo del resistor de flujo para aumentar o reducir un área de sección de la trayectoria del flujo del resistor de flujo. El elemento de válvula puede ser anular y puede ser elastomérico, y puede definir una trayectoria del flujo de resistencia de flujo anular que se abre hacia la entrada de una trayectoria 16 del flujo anular corriente abajo que se abre en la salida 13 de agua. Un elemento de válvula elastomérico puede configurarse por ejemplo como una válvula pico de pato, como se muestra en el ejemplo de las figuras 23 y 24. La válvula puede estar dispuesta para permanecer cerrada en ausencia de presión de agua. Esto puede ayudar a reducir o evitar el goteo del cuerpo emisor cuando se corta el suministro de agua, p. ej., después de ducharse.

El elemento de válvula elastomérico puede colocarse corriente arriba de la trayectoria del flujo anular, p. ej., como se muestra, o en disposiciones alternativas, puede colocarse en la salida de agua.

Las figuras 23 y 24 muestran una tal disposición en donde el elemento 62 de válvula es un elemento elastomérico anular y puede moverse mediante la presión corriente arriba aplicada por el flujo de agua, desde la posición cerrada de la figura 23 a la posición abierta de la figura 24, para aumentar el área de sección de la trayectoria del flujo del resistor de flujo anular.

Las figuras 25 y 26 muestran otra disposición de este tipo en donde el elemento 62 de válvula es un anillo tórico anular y puede moverse mediante la presión corriente arriba aplicada por el flujo de agua, desde la posición abierta de la figura 25 hasta la posición parcialmente cerrada de la figura 26 para reducir el área de sección de la trayectoria del flujo del resistor de flujo anular.

Las figuras 23-26 ejemplifican cómo el agua puede fluir radialmente hacia dentro a través del resistor 60 de flujo hacia el eje de la trayectoria 16 del flujo anular.

La figura 27 ejemplifica cómo, alternativamente, el agua puede fluir a través del resistor 60 de flujo en la dirección axial de la trayectoria 16 del flujo anular., y además ejemplifica cómo el resistor 60 de flujo puede configurarse como un inserto de control de flujo convencional, p. ej., un regulador de flujo tipo anillo tórico. El inserto comprende un cuerpo anular 63, que se inserta herméticamente en un rebaje 64 en comunicación de fluidos con la trayectoria 16 del flujo anular, y el anillo tórico o elemento 62 de válvula que se recibe de forma móvil en el cuerpo 63 de modo que el flujo se controla entre el elemento 62 de válvula y el cuerpo 63. Tales insertos son bien conocidos en la técnica y están disponibles comercialmente en diferentes velocidades de flujo, por lo que el caudal total del cabezal de ducha u otro cuerpo emisor 10 puede ajustarse seleccionando los insertos apropiados durante el ensamblaje. La provisión de un inserto individual para cada emisor de flujo garantiza las tolerancias adecuadas entre los componentes del inserto, al tiempo que permite tolerancias más relajadas en las partes o partes más grandes del cuerpo emisor (p. ej., molduras).

En aun disposiciones alternativas adicionales (no se muestran), cada resistencia de flujo puede controlarse activamente, p. ej., mediante el controlador 6. Tales resistores de flujo pueden comprender válvulas que se controlan hidráulica o neumáticamente o mediante un accionador electromagnético o piezoeléctrico, y pueden controlarse individualmente o en grupo.

Cuando se proporcionan resistores de flujo para cada emisor de flujo, también puede proporcionarse un controlador principal de presión o flujo corriente arriba, como se ha descrito anteriormente, para regular el flujo de agua al cuerpo emisor.

Frecuencia - longitud de la disgregación

El aparato puede incluir un control de frecuencia operable por un usuario para variar la frecuencia a la que se producen las series de burbujas desde el emisor de flujo ajustando al menos una de las velocidades u_g del gas y la velocidad u_w del agua. El control de frecuencia puede implementarse como una función del controlador 6 en respuesta a la entrada de control del usuario a través de los controles de usuario 7.

La figura 19 muestra las pruebas realizadas en un cabezal de ducha que comprende una matriz de dieciocho emisores de flujo y que funciona dentro del régimen preferido de tipo II-B. Los emisores de flujo experimentales no tenían un revestimiento elastomérico, pero estaban según la invención en todos los demás aspectos, y, por lo tanto, las pruebas representan el rendimiento esperado de tales emisores de flujo cuando están equipados con un revestimiento elastomérico, todo lo demás permaneciendo igual. Las dimensiones de cada emisor de flujo fueron $d_i = 3,5$ mm, $d_o = 5,5$ mm, $d_w = 7,5$ mm.

El cabezal de ducha tiene un diámetro total de 20 cm y se suministró con agua a un caudal de 7 l/m, o 0,39 l/m por emisor de flujo. El gas era aire y el caudal del aire era de 125 l/m para la prueba que se muestra en la **fotografía “a”**, y **aumentó a 155 l/m para la prueba que se muestra en la fotografía “b”**.

La prueba se repitió a diferentes velocidades de flujo de aire utilizando un emisor de flujo único con el mismo caudal del agua y dimensiones que los del cabezal de ducha de prueba. Se midieron la frecuencia y el diámetro de las burbujas, y los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Caudal de aire (l/m)	Caudal de aire correspondiente para el cuerpo emisor con dieciocho emisores de flujo (l/m)	Tamaño de burbuja (cm)	Frecuencia (bps)
5	90	1, 9	42
6	108	2	48
7	126	2	52
8	144	2,1	57
9	162	2,1	La mayoría de las burbujas explotan demasiado pronto

Se ha descubierto que para un valor dado de d_w y u_w , el aumento de u_g aumentará la frecuencia a la que se producen las burbujas. Sin embargo, como puede verse en los valores medidos y en las fotografías, hay poco o ningún aumento en el diámetro de las burbujas. Por lo tanto, los cálculos indican que el grosor de la pared de la burbuja disminuye a medida que aumenta u_g .

Estos resultados estuvieron generalmente según las relaciones frecuencia/diámetro/caudal de las burbujas previstas en los artículos de Kendall y de Sevilla y col.:

J. Kendall, “Experiments on annular liquid jet instability and on the formation of liquid shells”, Physics of Fluids, vol. 29, n.º 7, p. 2086, 1986. Disponible: 10.1063/1.865595

A. SEVILLA, J. GORDILLO y C. MARTÍNEZ-BAZÁN, “Bubble formation in a coflowing air-water stream”, Journal of Fluid Mechanics, vol. 530, pp. 181-195, 2005. Disponible: 10.1017/s002211200500354x

Al mismo tiempo, se observó que la distancia a la que se desplazarán las burbujas antes de **estallar también disminuye. En la prueba de la fotografía “b”, la mayoría de las burbujas estallaron a una distancia de 36 cm**, mientras que en **la prueba de la fotografía “a”, todas o la mayoría de las burbujas permanecieron intactas** más allá de esta distancia.

Se cree que la reducción en el grosor de la pared de la burbuja es al menos parcialmente responsable de la reducción de la distancia de disgregación observada en las pruebas, aunque el mecanismo exacto no está claro.

Por lo tanto, cuando se opera dentro del régimen de tipo 2B preferido, y particularmente en aplicaciones tales como cabezales de ducha, para extender la distancia a lo largo de la cual pueden desplazarse las burbujas intactas, se prefiere producir burbujas a un caudal de gas relativamente más bajo y a una frecuencia relativamente más baja.

Frecuencia - sensación táctil

Se observa además que la frecuencia a la que se producen las burbujas y, por lo tanto, la frecuencia a la que las burbujas intactas **estallan en el mismo área de la superficie corporal del usuario**, tiene un efecto en la percepción táctil de la experiencia de la ducha.

La tabla 2 presenta los resultados de una prueba de sensación táctil en donde un usuario de la prueba sostuvo su mano a una distancia de 5 cm o 40 cm verticalmente por debajo del plano de salida de aire y agua de un emisor de flujo único que apunta hacia abajo produciendo burbujas en el régimen de disgregación de tipo II-B preferido.

La distancia de 5 cm se seleccionó para representar una distancia típica cuando se lavan las manos debajo de un cuerpo emisor configurado como un grifo, mientras que la distancia de 40 cm representa una distancia típica hasta **el punto de impacto en el cuerpo del usuario cuando el cuerpo emisor está configurado como un** cabezal de ducha para duchar todo el cuerpo.

La sensación táctil era más fuerte a una distancia de 40 cm que a una distancia de 5 cm debido al efecto de la gravedad sobre las burbujas que se movían hacia abajo.

La entrada de energía al ventilador se ajustó para alterar la velocidad del gas u_g y producir burbujas a una frecuencia de 20 bps (burbujas por segundo) a 100 bps. A una distancia de 40 cm y una frecuencia de 20 bps, el impacto de cada burbuja se distinguía individualmente, convirtiéndose en un pulso fuertemente definido a 40 bps. A una distancia de 5 cm, una frecuencia de 20 bps produjo un pulso fuertemente definido. El aumento de la frecuencia a 60 bps a una distancia de 40 cm, o a 40 bps a una distancia de 5 segundos, provocó que la sensación del pulso cambiara a una vibración menos definida. A frecuencias más altas, el impacto de las burbujas individuales se experimentó como un flujo suave, continuo.

Basándose en esta prueba, para optimizar la experiencia táctil del usuario cuando el cuerpo emisor está configurado como cabezal de ducha, el aparato puede funcionar para producir burbujas de cada emisor de flujo a una frecuencia $f < 80$ bps, preferiblemente $f < 60$ bps, más preferiblemente $f < 40$ bps. Cuando se configura como grifo, para optimizar la experiencia táctil, el aparato puede funcionar para producir burbujas de cada emisor de flujo a una frecuencia $f < 60$ bps, preferiblemente $f < 40$ bps. Sin embargo, dado que un flujo suave, continuo puede ser más apropiado cuando se configura como grifo, y la experiencia táctil puede ser más significativa cuando se configura como cabezal de ducha, puede preferirse que funcione cuando se configura como cabezal de ducha a una frecuencia relativamente más baja $f < 60$ bps, preferiblemente $f < 40$ bps, y cuando se configura como grifo a una frecuencia relativamente más alta $f < 80$ bps.

Tabla 3

Distancia desde la salida	20 bps	40 bps	60 bps	80 bps	100 bps
5 cm	Pulso	Vibración	Suave	Suave	Suave
40 cm	Distinguible individualmente	Pulso	Vibración	Suave	Suave

Pueden utilizarse frecuencias más altas si no se desea optimizar la experiencia táctil.

Además, el usuario puede ajustar el aparato para que funcione para producir burbujas fuera del régimen preferido de disgregación del tipo II-B o el tipo II, o incluso para que funcione alternativamente en el régimen de disgregación celular o de árbol de Navidad (espacio de parámetro B, figura 14).

En las pruebas se ha descubierto que cuando el aparato está configurado para optimizar la disgregación en el régimen de disgregación de tipo II-B preferido, es difícil ajustar el aparato para producir la disgregación celular o del árbol de Navidad alterando solo la velocidad del gas. Por lo tanto, para obtener una disgregación óptima en más de un régimen, el aparato puede configurarse para ajustar la velocidad del gas y del agua, p. ej., ajustando una válvula para cambiar la presión de suministro o el caudal, y ajustando simultáneamente la potencia de la bomba de aire.

Cuando se configura para un rendimiento óptimo en el régimen de disgregación de tipo II-B preferido, para ajustar la frecuencia a la que se producen burbujas en este régimen en aproximadamente ± 10 bps se considera suficiente para alterar la velocidad del gas sin cambiar la velocidad del agua. Para ajustes más grandes en la frecuencia, puede ajustarse la velocidad del gas y del agua.

Quando el gas es aire, la velocidad del aire puede ajustarse ajustando la fuente de alimentación a la bomba de aire. Por lo tanto, si el usuario desea alterar la frecuencia a la que se producen las burbujas para cambiar la experiencia táctil, los controles del usuario pueden configurarse para lograr esto simplemente aumentando o reduciendo la potencia de la bomba de aire para aumentar o reducir su velocidad de rotación.

Quando se opera en el régimen de tipo II, se descubre que el emisor de flujo produce un sonido agradable y aleatorio que recuerda al balbuceo de una corriente, lo que mejora aún más la experiencia sensorial total, especialmente cuando se utiliza como ducha.

Durante el uso, se prefiere suministrar agua a los emisores 11 de flujo a una temperatura no inferior a 20 °C - 25 °C. Sorprendentemente, se ha descubierto que las burbujas se forman y persisten de modo más fiable cuando el agua está a esta temperatura que con agua fría, aunque la razón no se comprende completamente.

Aplicaciones

En realizaciones, el cuerpo emisor puede configurarse como un cabezal de ducha para utilizarse en el baño de todo el cuerpo humano, o como un cabezal de ducha adaptado para bañar partes específicas del cuerpo humano. En realizaciones alternativas, el nuevo aparato puede configurarse para aplicaciones distintas de bañar el cuerpo o partes del cuerpo.

En una configuración, el cuerpo emisor puede sostenerse en la mano o montarse en una pared u otra superficie para producir un flujo en el que el usuario pueda bañar todo su cuerpo, opcionalmente también para lavarse el cabello. Preferiblemente en tales configuraciones el nuevo cuerpo emisor incluye una pluralidad de emisores de flujo, aunque podría incluir solo un, emisor de flujo grande.

Sorprendentemente, se ha descubierto que los nuevos emisores de flujo pueden proyectar burbujas de agua corriente a lo largo de una trayectoria ascendente, como se ilustra en el ejemplo experimental mostrado en la figura 18. Esto permite disponer el cuerpo emisor, por ejemplo, como un bidé o inodoro con bidé, o como una corriente de burbujas dirigida corriente arriba para lavar el cuerpo o la cara.

Por lo tanto, en otra configuración, el cuerpo emisor puede configurarse para sostenerse en la mano o montarse en una posición fija para lavar una parte limitada del cuerpo, p. ej., las manos, los pies o la zona perineal, p. ej., como parte de un bidé o un inodoro con bidé. En tales configuraciones el cuerpo emisor puede incluir una pluralidad de emisores de flujo, o solo un, emisor de flujo grande.

Por lo tanto, el cuerpo emisor puede incluir una pluralidad de emisores 11 de flujo dispuestos como una matriz separada en un lado 15 de salida del cuerpo emisor 10. En tales disposiciones, el cuerpo emisor puede **configurarse como un cabezal de ducha para bañar todo o parte del cuerpo de un usuario**; y cuando se configura de este modo, el aparato puede funcionar para producir la serie de burbujas desde el emisor de flujo a una frecuencia $f < 80$ bps, preferiblemente $f < 60$ bps, más preferiblemente $f < 40$ bps.

Los múltiples cuerpos emisores 10, cada uno con uno o más emisores 11 de flujo, pueden disponerse como una matriz separada en una cabina de ducha para bañar el cuerpo desde diferentes direcciones simultáneamente.

Alternativamente, el cuerpo emisor puede configurarse como un grifo que se monta sobre una cubeta o lavabo para lavar las manos del usuario. Cuando se configura de este modo, el aparato puede funcionar para producir la serie de burbujas desde el emisor de flujo a una frecuencia $f < 80$ bps o $f < 60$ bps.

El grifo también podría utilizarse en una cocina, por ejemplo, para enjuagar cristalería delicada o lavar verduras.

El grifo puede estar dispuesto sobre una cubeta con una conexión de aguas residuales, para proporcionar un flujo particularmente para lavarse las manos. En tal configuración, el cuerpo emisor puede incluir solo un emisor de flujo, o puede incluir solo un pequeño número de emisores de flujo, p. ej., de 2 a 5 emisores de flujo.

En tal configuración, el cuerpo emisor puede configurarse como una boquilla que se extiende desde un pilar o cuerpo similar al de un grifo convencional, mientras que los controles de usuario pueden montarse en el pilar o cuerpo. Los controles 7 de usuario pueden incluir una válvula accionada manualmente que controla el flujo de agua, mientras que el flujo de gas es controlado por el controlador 6 en respuesta al flujo de agua detectado. Alternativamente, los controles 7 de usuario pueden incluir un interruptor eléctrico que inicia el flujo de agua y de gas, controlándose el flujo de agua, por ejemplo, mediante una válvula, tal como una válvula accionada por solenoide, en respuesta al funcionamiento del interruptor. En cada caso, el control 7 de usuario puede configurarse como si fuera un volante de mano, una palanca o un sensor de proximidad como los que se encuentran en un grifo convencional para controlar el flujo de agua desde la boquilla.

En esta memoria descriptiva, un grifo es sinónimo de espita.

En cada configuración (p. ej., como un cabezal de ducha o como un grifo o un bidé o inodoro con bidé), el aparato puede controlarse alternativamente para producir un flujo de aire sin agua para secar el cuerpo, las manos, etc. después de lavarlo en la corriente de burbujas, en donde el flujo de aire puede calentarse. En cada configuración (p. ej., como cabezal de ducha o como grifo), el aparato puede controlarse para funcionar alternativamente en el régimen de burbujas o en el régimen del árbol de Navidad, como se muestra en la figura 28. Por ejemplo, podría seleccionarse el régimen del árbol de Navidad para enjuagar.

En aún otras disposiciones, puede introducirse un surfactante en el suministro de agua para proporcionar un modo de operación diferente o un ciclo de limpieza. Las fuentes de luz pueden estar incorporadas en o cerca del cuerpo emisor. El flujo de aire podría producirse mediante una bomba de aire incorporada en el cuerpo emisor. Una bomba de aire de este tipo podría alimentarse de forma inductiva, opcionalmente mediante una batería montada de modo liberable cerca de la bomba, p. ej., en o cerca del cuerpo emisor.

Otras características

Como se ve mejor en la figura 7 y las figuras 41, 42 y 46, el cuerpo emisor 10 puede incluir una bomba 5 de aire, p. ej., un ventilador giratorio, que está dispuesto para hacer que el aire ambiente fluya desde la entrada 30 de gas a la cámara de distribución 31. El ventilador 5 puede disponerse como se muestra sustancialmente (es decir, en su mayor parte o en su totalidad) dentro de la cámara de distribución 31 (es decir, dentro del espacio definido entre la placa posterior 110 y la placa separadora 100, o sus planos principales), de modo conveniente con la entrada 30 de aire abriéndose a través de la placa posterior 100. El ventilador puede funcionar a baja tensión.

Cuando se incluye un ventilador en el cuerpo emisor, particularmente en la cámara de distribución, se encuentra una disposición favorable donde la pluralidad de emisores de flujo consiste en exactamente doce emisores 11 de flujo, o exactamente dieciséis emisores 11 de flujo (en cuyo caso la placa frontal 120 puede disponerse como se muestra en la figura 3). Esto permite una disposición axisimétrica de los emisores de flujo alrededor de una entrada 20 de agua ubicada en el centro.

Opcionalmente, las superficies de guía de aire (no se muestran) pueden disponerse para proyectarse hacia la cámara de distribución 31 para redirigir o difundir el flujo de aire inducido por el ventilador, de modo que el ventilador pueda disponerse relativamente cerca de los emisores sin desequilibrar el flujo de gas entre los diferentes emisores. Alternativa o adicionalmente, por la misma razón, dado que cada trayectoria 12' del flujo de gas está en comunicación de fluidos con la cámara de distribución 31 a través de una entrada 12" de trayectoria del flujo de gas (figura 30), las entradas 12" de trayectoria del flujo de gas de diferentes emisores 11 de flujo respectivos pueden tener diferentes áreas de sección transversal respectivas normales al eje emisor X, que se seleccionan para equilibrar la presión del aire entre los diferentes emisores 11 que se abren en diferentes ubicaciones hacia la cámara de distribución 31.

Opcionalmente, diferentes emisores 11 de flujo en el mismo cuerpo emisor 10 pueden tener diferentes velocidades de flujo; Por ejemplo, pueden disponerse cuatro emisores 11 de flujo centrales grandes para producir burbujas más grandes que los ocho emisores de flujo más pequeños, circundantes.

Dado que el nuevo cuerpo emisor puede tener muchos menos emisores de flujo que el número de boquillas de una ducha de tipo rociador convencional, las regiones de la superficie frontal 17 situadas entre los emisores 11 de flujo pueden utilizarse, por ejemplo, para proporcionar un panel retroiluminado o con iluminación lateral o un espejo para verse o afeitarse.

Con referencia ahora a la figura 7, la entrada 20 de agua puede configurarse para definir un eje Xwi de entrada central a lo largo del cual el agua 40 fluye a lo largo de una dirección Dwi de entrada hacia la cámara 41 de distribución de agua. En la práctica, se ha descubierto que, particularmente cuando la cámara de distribución de agua tiene un factor de forma ancho y poco profundo, como se muestra, puede formarse una zona de recirculación en la región inmediatamente opuesta a este eje Xwi, lo que puede provocar una caída de presión y/o generar turbulencias no deseadas. Para obtener una distribución radial uniforme del agua a presión constante, la cámara 41 de distribución de agua puede incluir una superficie 42 de desviación de agua que es una superficie de rotación alrededor del eje central de entrada Xwi, orientada hacia la dirección de entrada Dwi y ensanchándose radialmente hacia fuera desde el eje Xwi de entrada central en la dirección Dwi de entrada, como se muestra.

Puede lograrse un flujo particularmente uniforme cuando la superficie 42 de desviación de agua se ensancha aún más **radialmente hacia fuera contra la dirección de entrada de agua (en la región 42') y aún más radialmente hacia afuera en la dirección de entrada (en la región 42'') para definir un anillo elevado 43 orientado hacia la dirección Dwi de entrada de agua, como se muestra en la figura 7.** En la figura 22 puede verse una superficie 42 de desviación de agua similar.

Con referencia ahora a la figura 1, el aparato puede incluir una fuente 150 de luz estroboscópica que está dispuesta para iluminar las burbujas producidas por al menos un emisor 11 de flujo a una frecuencia de fuente de luz. La frecuencia de la fuente de luz se selecciona o puede seleccionarse basándose en la frecuencia a la que se emiten las burbujas para iluminar selectivamente las burbujas.

La fuente de luz puede comprender una matriz de LED u otros emisores de luz, que pueden estar integrados en el cuerpo emisor (p. ej., un cabezal de ducha), o un brazo o soporte u otro elemento de soporte que soporte el cabezal de ducha, p. ej., que se extiende desde una pared o un techo. Alternativamente los emisores de luz podrían colocarse dentro de una cabina de ducha, o integrarse en una superficie de una cabina de ducha, p. ej., un panel, o en una caja que contenga elementos del aparato. La fuente de luz (o el controlador 6 que controla la fuente de luz) podría conectarse o integrarse en un circuito de control de iluminación de la habitación de modo que la fuente de luz y otra iluminación de la habitación o cabina de ducha que contiene la ducha puedan controlarse mediante la misma entrada de usuario o controlador 6. Por ejemplo, la matriz de LED podría encenderse y simultáneamente la iluminación de la habitación podría atenuarse, en respuesta a la activación del suministro de aire y/o agua para hacer funcionar la ducha o en respuesta a una orden de usuario única.

Opcionalmente, la frecuencia de la fuente de luz puede seleccionarse para hacer que las burbujas parezcan estáticas o que se muevan hacia arriba o hacia abajo a una velocidad inferior a la velocidad real de desplazamiento de las burbujas.

Opcionalmente, puede disponerse un sensor de flujo 4' para detectar el flujo de agua 40, y controlar la frecuencia de la fuente 150 de luz (p. ej., en cooperación con el controlador 6 y/o los controles 7 de usuario), y opcionalmente también la velocidad de una bomba de aire (p. ej., un ventilador o un soplador) que suministra el flujo de gas a la salida 12 de gas de cada emisor 11 de flujo en respuesta a los cambios en el caudal del agua 40 al cuerpo emisor 10, que de este modo corresponde a frecuencia a la que se emiten las burbujas.

La fuente 150 de luz puede comprender uno o más LED accionados por modulación de ancho de pulso (PWM, por sus siglas en inglés), en donde la frecuencia y también el ciclo de trabajo (es decir, la proporción de tiempo durante cada ciclo de encendido/apagado durante el que se ilumina la fuente de luz) se controlan para iluminar selectivamente las burbujas. La frecuencia puede seleccionarse desde aproximadamente 60 Hz o 70 Hz hasta aproximadamente 200 Hz o 300 Hz, y puede ser un múltiplo de la frecuencia f a la que se emiten las burbujas, por ejemplo, hasta aproximadamente $4f$ o $5f$. El ciclo de trabajo puede ser relativamente bajo, por ejemplo, aproximadamente el 10 %. Los LED pueden estar incorporados en el cuerpo emisor 10.

Puede proporcionarse un sensor de movimiento (p. ej., un sensor de infrarrojos pasivo) en el cuerpo emisor 10 para controlar o permitir el funcionamiento de la fuente de luz o cambiar el modo de funcionamiento, opcionalmente en combinación con el controlador 6, 6' y/o los controles 7 de usuario. Por ejemplo, en la realización de la figura 7, el cuerpo emisor 10 incluye una bomba 5 de aire (opcionalmente también LED, no se muestran) controlada **por un controlador local 6'** (que puede ser adicional o alternativo al controlador 6, figura 1), que responde **a las señales de un sensor 6''** montado en la carcasa exterior 115. La energía se recibe a través del conector 160 de energía, figura 2, o se genera alternativamente dentro del cuerpo emisor 10.

Dado que la experiencia de la ducha es tanto visual como táctil, es deseable que el usuario observe las burbujas que, aunque se mueven demasiado rápido para que el ojo las capte, pueden crear un efecto cautivador. Esto puede lograrse seleccionando adecuadamente la frecuencia de la fuente 150 de luz, por ejemplo, para crear una serie de efectos diferentes, tales como burbujas que parecen estar estacionarias o que se mueven lentamente hacia arriba o hacia abajo, o como una columna de burbujas superpuestas, que proporcionan una apariencia más voluminosa a un caudal total que puede ser mucho más bajo que el de una ducha convencional (tipo rociador).

El sensor 4' de flujo (o controlador 6 y/o 6' que responde a la entrada del sensor 4' de flujo) puede disponerse para encender la bomba 5 de aire, opcionalmente también la fuente 150 de luz, en respuesta a la detección de un flujo de agua 40 hacia el cuerpo emisor 10. Por lo tanto, el aparato puede controlarse simplemente abriendo un grifo o válvula que suministra agua a la entrada 20 de agua.

El usuario puede controlar la fuente 150 de luz a través de los controles 7 de usuario, que pueden incluir, por ejemplo, botones o un mezclador digital, que puede controlarse, por ejemplo, a través de una aplicación que se ejecuta en un teléfono celular. Los controles 7 de usuario pueden incorporar varios sistemas de ducha digitales, como se conoce en la técnica, proporcionando al usuario el control sobre una conexión por cable o inalámbrica a través de cualquier protocolo digital adecuado. Por ejemplo, puede proporcionarse un control WiFi o Bluetooth para que se puedan cambiar los ajustes de iluminación o preferencias del ventilador y se puedan ver los datos de uso. La integración o la comunicación pueden proporcionarse con un mezclador termostático controlado digitalmente con control de volumen de flujo de agua. El volumen de agua, el volumen de aire y las luces LED se pueden modular simultáneamente para crear diferentes modos y efectos. Cada uno de los múltiples emisores 11 de flujo puede tener diferentes regímenes de iluminación individuales, p. ej., mediante diferentes regímenes de iluminación de una pluralidad de LED incorporados en la parte frontal 15 del cuerpo emisor 10.

Con referencia ahora a la figura 37, el aparato puede incluir un conector 160 de energía para suministrar energía eléctrica (preferiblemente a baja tensión) desde un conductor externo 165 al cuerpo emisor 10, p. ej., a la bomba 5 de aire y/o al LED u otra fuente 150 de luz incorporada en el cuerpo emisor 10. La energía eléctrica puede proporcionar señales de potencia y/o control. El conector de energía incluye el primer y segundo cuerpos 161, 162 de conectores

que tienen contactos cooperadores 163 para transmitir la energía eléctrica, al menos un imán (que puede ser integral con los contactos 163) para mantener unidos de modo liberable el primer y segundo cuerpos 161, 162 de conectores, y al menos un sello 164 configurado para excluir el agua de los contactos 163 cuando el primer y segundo cuerpos de conectores se mantienen unidos por al menos un imán.

La figura 38 ilustra cómo puede disponerse el conector 160 de energía para transferir energía a través (es decir, a lo largo de) una rótula 170 u otro conector convencional entre el cuerpo emisor 10 (configurado, por ejemplo, como un cabezal de ducha) y un soporte o brazo 171, para evitar la posibilidad de que se produzcan daños y para facilitar la reconexión, si el cabezal de ducha u otro cuerpo emisor se desconecta del suministro de agua. Por lo tanto, el ensamblaje puede comprender un conector 170 de suministro de agua extraíble, p. ej., una rótula extraíble, y el conector 160 de energía extraíble, que están dispuestos para suministrar agua y electricidad en una relación de flujo paralelo entre un elemento 171 de soporte y el cabezal de ducha u otro cuerpo emisor 10. En este ejemplo, el conector de energía se ilustra con los contactos coaxiales 163.

Con referencia a la figura 1, el aparato puede incluir una turbina 130 accionada por el flujo de agua 40 y una bomba 5 de aire accionada por la turbina, estando dispuesta la bomba 5 de aire para suministrar un flujo de gas 50 a la salida 12 de gas de cada emisor 11 de flujo. La turbina y la bomba de aire pueden estar incorporadas en el cuerpo emisor 10.

Alternativa o adicionalmente, el aparato puede incluir una turbina 130 accionada por el flujo de agua 40 y un generador eléctrico 140 accionado por la turbina 130. De nuevo, la turbina 130 y el generador 140 pueden incorporarse en el cuerpo emisor 10. El generador 140 puede suministrar energía a la bomba 5 de aire y/o a la fuente 150 de luz. Opcionalmente, el generador 140 puede estar dispuesto para alimentar la bomba 5 de aire con una batería separada que se proporciona para alimentar la fuente 150 de luz.

El aparato puede configurarse para aplicaciones tal como se ha descrito anteriormente.

En cada una de sus realizaciones, el cuerpo emisor, cuando está configurado como un cabezal de ducha, puede montarse, por ejemplo, en un brazo de pared o en un brazo de techo con un mezclador termostático oculto en la pared, o en un brazo de pared que se extiende desde un mezclador termostático expuesto o montado en la superficie.

Múltiples cuerpos emisores, teniendo cada uno uno o más emisores 11 de flujo, también pueden instalarse en una única cabina de ducha o similar para proporcionar burbujas de emisión en diferentes direcciones.

El aparato puede incluir un elemento de calentamiento eléctrico para calentar el agua a medida que fluye hacia el o cada emisor de flujo; en tales realizaciones, el cuerpo emisor puede configurarse como un cabezal de ducha, de modo que el aparato forme una ducha eléctrica, o como un grifo, de modo que el aparato forme un calentador de agua instantáneo o bajo demanda.

Por ejemplo, el cuerpo emisor puede configurarse como un grifo con burbujas de agua caliente instantáneo calentado eléctricamente, es decir, un grifo con un calentador eléctrico del tipo de demanda integral que responde al flujo de agua, para lavarse las manos o la cara sobre una cubeta. Un grifo de este tipo puede consumir agua a alrededor de 1 l/m, en comparación con un caudal mínimo de alrededor de 3 l/m de un grifo aireado convencional, lo que si todo lo demás permanece igual, permite un calentamiento más rápido del agua antes de que fluya hacia el emisor de flujo, lo que proporciona una mejor experiencia de lavado en comparación con los grifos eléctricos convencionales, denominados "instantáneos", que en realidad se calientan lentamente.

Con referencia a la figura 39, el aparato puede incluir un control 180 de modo de llenado que es operable para conectar el suministro de agua 40 a la salida 12 de gas de modo que el agua 40 se emita simultáneamente desde la salida 13 de agua y la salida 12 de gas.

El control 180 de modo de llenado puede funcionar también para interrumpir el suministro de gas 50 a la salida 12 de gas. El control 180 de modo de llenado puede incluir una válvula, que puede funcionar para conectar la salida 12 de gas a una seleccionada del suministro de agua y el suministro de gas, mientras que simultáneamente la desconecta del otro suministro. La figura 39 ilustra esquemáticamente una tal disposición a modo de ejemplo. La válvula puede disponerse en una posición más alta que el emisor de flujo y configurarse para evitar que el agua regrese al ventilador.

Alternativa o adicionalmente, el control del modo de llenado también puede funcionar para iniciar el suministro de agua a la salida 13 de agua y a la salida 12 de gas sin iniciar el suministro de gas a la salida 12 de gas.

Por lo tanto, el control del modo de llenado podría utilizarse cuando el emisor de flujo no esté en uso para iniciar el flujo de agua desde ambas salidas 12, 13. O bien, podría utilizarse para interrumpir el funcionamiento normal del emisor de flujo para llenar un recipiente desde el emisor de flujo, que después puede reanudar el funcionamiento normal.

Como se muestra en el ejemplo ilustrado, el cuerpo emisor 10 puede configurarse como un grifo que descarga en un lavabo o cubeta 182, de modo que el control del modo de llenado puede utilizarse cuando se desea llenar un recipiente con agua. El cuerpo emisor puede configurarse para otras aplicaciones, por ejemplo, como un emisor portátil en una manguera, para utilizarse en el lavado de una parte del cuerpo (p. ej., como en un bidé o inodoro con bidé) o para lavar artículos en un lavabo. En estas y otras aplicaciones, el control del modo de llenado puede disponerse en el cuerpo emisor o por separado, p. ej., montado en una pared o al lado de un lavabo.

El control 180 de modo de llenado puede incluir controles de usuario eléctricos o mecánicos y/o componentes de lógica de control y/o señal de control de salida, p. ej., incorporados en los controles 7 de usuario y/o el controlador 6, para responder a la entrada del usuario y controlar la válvula y/o el ventilador y/o una válvula para regular el suministro de agua y/u otros componentes del sistema. El control del modo de llenado puede configurarse para controlar el ventilador para impedir el funcionamiento del ventilador, o para interrumpir el suministro de gas deteniendo el ventilador. El control 180 de modo de llenado puede operarse manualmente o mediante una señal de control eléctrica o de otro tipo 181, y puede incluir o cooperar con una o más válvulas (p. ej., una válvula 4 de control de suministro de agua para iniciar o controlar el flujo de agua, y una válvula 180 de control de modo de llenado como se muestra en la figura 39 para desviar el flujo de agua a la salida 12 de gas) que puede controlarse mediante un solenoide u otro accionador.

Con referencia nuevamente a la figura 39, el aparato puede incluir una salida 184 de secado y un control 183 de secado, siendo el control 183 de secado operable para conectar el suministro de gas 50 a la salida 184 de secado.

El control 183 de secado puede incluir una válvula y/o componentes de control eléctrico y/o lógica, generalmente como se ha descrito anteriormente con referencia al control de modo de llenado, y también puede funcionar para evitar o interrumpir el suministro de gas a la salida 12 de gas, o para evitar el funcionamiento del emisor de flujo, cuando se conecta el gas a la salida 184 de secado. Como se ilustra, esto puede lograrse configurando la válvula del control 183 de secado para conectar el suministro de gas a la salida 184 de secado y al mismo tiempo desconectarlo de la salida 12 de gas.

El control de secado 183 puede incluir un control de usuario manual o eléctrico. El control de secado puede incluir una válvula accionable mediante una señal de control 181.

El control 183 de secado puede estar dispuesto para conectar el suministro de gas 50 a la salida 184 de secado y, opcionalmente, también para desconectar el suministro de gas 50 de la salida 12 de gas, en respuesta a un aumento en la presión o el caudal del suministro de gas 50. Por ejemplo, la válvula del control 183 de secado puede funcionar en respuesta a un aumento en la presión o el caudal del suministro de gas 50 por encima de un valor umbral para desviar el flujo desde la salida 12 de gas a la salida 184 de secado, y para restablecer el flujo a la salida 12 de gas cuando la presión o el caudal caen por debajo del valor umbral.

De este modo, el usuario puede iniciar el flujo desde la salida de secado aumentando la potencia del ventilador. Un componente de control eléctrico del control 183 de secado, p. ej., que forma parte del controlador 6, puede disponerse para interrumpir o impedir el flujo de agua al emisor 11 de flujo, p. ej., cerrando la válvula de control de flujo de agua 4 (figura 1), cuando se conecta el suministro de gas 50 a la salida 184 de secado.

El aparato puede incluir tanto un control de modo de llenado como un control de secado, o solo uno de ellos. En cada caso, el emisor de flujo puede estar dispuesto para funcionar en el espacio de parámetros definido como se ha descrito anteriormente.

La salida de secado puede usarse, por ejemplo, para secar las manos o el cabello o todo el cuerpo u otras partes del cuerpo u otros artículos. Puede disponerse cerca del cuerpo emisor 10 o en cualquier otro lugar, en cualquier configuración deseada del cuerpo emisor, p. ej., como un grifo o un cabezal de ducha o un bidé o inodoro con bidé. Por ejemplo, cuando el cuerpo emisor está dispuesto en una manguera flexible, la salida de secado puede estar dispuesta cerca del cuerpo emisor en el extremo de la manguera.

En estas y otras realizaciones, el aparato puede incluir una manguera de agua flexible para conducir el suministro de agua a la entrada de agua del cuerpo emisor, y opcionalmente también una manguera de aire flexible para conducir el suministro de aire a la entrada de aire del cuerpo emisor, en cuyo caso las mangueras de aire y agua pueden disponerse en una relación paralela (yuxtapuesta) o coaxial. Una o ambas mangueras pueden dividirse en múltiples vías; por ejemplo, la manguera de aire podría incluir una pluralidad de conductos de aire dispuestos alrededor de la manguera de agua.

En aun otras realizaciones, el cuerpo emisor 10 puede incluir una bomba de aire para generar el suministro de gas, en donde el aparato incluye además una manguera flexible para conducir el suministro de agua a la entrada de agua del cuerpo emisor.

Opcionalmente en tales disposiciones, el emisor 11 de flujo puede estar dispuesto para funcionar en el espacio de parámetros definido como se ha descrito anteriormente.

El cuerpo emisor puede formar un dispositivo portátil que incluye un cabezal y un mango.

La bomba de aire puede estar alimentada por una turbina alimentada por el flujo de agua.

5 La turbina puede estar dispuesta en el cuerpo emisor, o alternativamente puede disponerse corriente arriba del cuerpo emisor.

Alternativamente, la bomba de aire puede alimentarse mediante un motor eléctrico.

10 El motor eléctrico puede alimentarse mediante un suministro eléctrico a través de un conductor que forma parte de la manguera flexible.

15 El motor eléctrico puede estar alimentado por una turbina, estando la turbina dispuesta en el cuerpo emisor y alimentada por el flujo de agua.

Alternativamente, el motor eléctrico puede alimentarse mediante una batería, es decir, cualquier dispositivo para almacenar energía eléctrica.

20 La batería puede ser desprendible para reemplazarla o recargarla.

25 Alternativa o adicionalmente, la batería puede recargarse colocando el cuerpo emisor cerca de una estación de carga, p. ej., una estación de carga inductiva, en donde la batería está provista de una bobina de carga inductiva que está acoplada inductivamente con una bobina de carga de la estación de carga. El aparato puede incluir un soporte para soportar de modo liberable el cuerpo emisor, en donde el soporte incluye la estación de carga inductiva. El soporte puede ser por ejemplo un soporte montado en la pared u otro soporte, en donde la estación de carga inductiva esté conectada a un suministro eléctrico fijo.

30 La turbina o la batería también pueden alimentar una fuente de luz que forma parte del cuerpo emisor o de otro lugar, como se ha descrito anteriormente.

El cuerpo emisor puede configurarse como un cabezal de ducha o un grifo, o como parte de un bidé o inodoro con bidé, o para otras aplicaciones, como lavar artículos o regar las delicadas plántulas del jardín.

35 La batería y/o la bomba de aire y/o la turbina pueden estar dispuestas en el mango o en el cabezal, es decir, la parte del cuerpo emisor que tiene el emisor o los emisores de flujo.

40 La bomba de aire puede aspirar aire a través de entradas de aire que se abren a través del cabezal del cuerpo emisor, o a través de un extremo distal del mango alejado del cabezal, para ayudar a proteger la bomba de aire de la entrada de agua.

La batería puede montarse, por ejemplo, en un lado del mango o de forma concéntrica con el mango.

45 Puede disponerse un mecanismo de liberación rápida para permitir que la manguera flexible se separe del mango para permitir que el dispositivo portátil se monte en un cargador inductivo o se conecte a un cargador fuera del baño, y/o para permitir que la batería se retire para cargarla o reemplazarla.

50 Las figuras 40-43 ilustran un aparato de ejemplo en donde el cuerpo emisor 10 está configurado como un dispositivo portátil que incorpora la bomba 5 de aire. El dispositivo portátil tiene un cabezal 10' con una matriz de emisores 11 de flujo y un mango 10" a través del cual el suministro de agua fluye al cabezal desde una manguera 190 de agua flexible con un conector 191 de manguera extraíble para conectarlo a la entrada 20 de agua del mango 10".

55 El mango 10" se muestra en la figura 40 también en una vista de extremo, ilustrando cómo la entrada 30 de aire puede dividirse en una pluralidad de canales que se abren en el extremo distal del mango para proteger la bomba 5 de aire de la entrada de agua.

60 La figura 42 muestra cómo la bomba 5 de aire puede disponerse en forma de un cartucho o inserto que se ensambla en la carcasa que forma el cabezal del dispositivo portátil como se muestra en la figura 41. Como se muestra, el cartucho puede definir una cámara de distribución de aire y una cámara de distribución de agua como se ha descrito anteriormente. La bomba 5 de aire extrae aire de las entradas 30 de aire a través de la carcasa del cabezal 10' y los canales de aire del mango 10".

La figura 43 ilustra cómo puede acoplarse a un paquete 192 de baterías al dispositivo portátil para alimentar la bomba 5 de aire a través de un conductor (no se muestra). El paquete de baterías puede liberarse o recargarse in situ.

65

Las figuras 44-46 muestran otra realización de ejemplo en donde el cuerpo emisor está configurado como un dispositivo portátil con la bomba 5 de aire dispuesta en el cabezal 10' para aspirar aire desde las entradas 30 de aire en la parte posterior del cabezal y suministrar el aire a través de una cámara de distribución 31 a los emisores 11 de flujo. La entrada 20 de agua puede conectarse al suministro de agua a través de una manguera flexible 190 (figura 40).

En esta disposición, la bomba 5 de aire es accionada mecánicamente por una turbina 34 que, a su vez, es accionada por el flujo de agua desde la entrada 20 de agua a través del mango 10' hacia el cabezal 10" antes de que el agua fluya a través del paso 35 y la cámara 41 de distribución de agua hacia los emisores 11 de flujo. La cámara de distribución de agua puede estar separada de la cámara de distribución 31 mediante una placa separadora 100, como se muestra en las otras figuras.

Las figuras 47-49 muestran cómo el cuerpo emisor 10 puede configurarse como un dispositivo portátil y suministrarse aire y agua a través de mangueras flexibles concéntricas. En el ejemplo ilustrado, la manguera 190 de agua está dispuesta dentro de la manguera 194 de aire.

Las figuras 50-53 muestran cómo el cuerpo emisor 10 puede configurarse como un dispositivo portátil y suministrarse con aire y agua a través de mangueras flexibles dispuestas en una relación yuxtapuesta (paralelas lado a lado). Las mangueras de aire y agua no se muestran, pero pueden ser de diseño convencional y están conectadas a la entrada 30 de aire y a la entrada 20 de agua respectivamente. En el ejemplo ilustrado, la entrada 20 de agua se comunica con una cámara 41 de distribución de agua en el cabezal 10' a través de un paso 20' de agua que se extiende concéntricamente dentro de un paso 30' de aire dentro del mango 10". El paso 30' de aire se comunica con una cámara de distribución 31 como se ha descrito anteriormente.

Aún más aplicaciones del nuevo aparato son concebibles en entornos de gravedad cero o de baja gravedad. Las burbujas producidas pueden ser más estables en condiciones de gravedad reducida debido a una menor aceleración y a un grosor de pared más estable, por lo que pueden desplazarse más lejos antes de romperse. Además, dado que las burbujas pueden crearse con velocidades de salida del fluido de la boquilla más bajas que las gotas convencionales, pueden proporcionar un mejor control y menos salpicaduras lo que puede ser útil para lavar o limpiar en tales entornos.

En resumen, un cuerpo emisor produce burbujas de agua pura a partir de uno o más emisores 11 de flujo, comprendiendo cada emisor de flujo una salida 13 de agua anular con un revestimiento elastomérico y una salida 12 de gas central, coaxial. Los emisores de flujo funcionan preferentemente dentro de un espacio de parámetros definido como se ha descrito anteriormente.

La invención se define por las reivindicaciones anexas.

En las reivindicaciones, los caracteres y numerales de referencia se proporcionan entre paréntesis únicamente para facilitar la referencia, y no deben interpretarse como características limitantes.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato que incluye un cuerpo emisor (10), incluyendo el cuerpo emisor (10):

5 una estructura (11') de cuerpo que define al menos un rebaje anular (70') delimitado por una pared exterior (70'') del rebaje;
al menos una parte (80, 80') elastomérica unitaria soportada por la estructura (11') de cuerpo, definiendo la al menos una parte (80, 80') elastomérica unitaria al menos un revestimiento (82) elastomérico tubular;
10 una entrada (20) de agua;
una entrada (30) de gas; y
al menos un emisor (11) de flujo;
definiendo el emisor (11) de flujo un eje emisor (X) e incluye:

15 dicho revestimiento (82) dispuesto en dicho rebaje anular (70');
una salida (12) de gas en comunicación de fluidos con la entrada (30) de gas;
una salida (13) de agua anular que rodea la salida (12) de gas; y
una trayectoria (16) del flujo de agua anular en comunicación de fluidos con la entrada (20) de agua y que termina en la salida (13) de agua anular;

20 definiéndose la trayectoria (16) del flujo de agua anular entre las paredes (71, 81) de la trayectoria del flujo radialmente interior y exterior coaxiales con el eje emisor (X), siendo la pared (81) de la trayectoria del flujo radialmente exterior una superficie del revestimiento (82);
extendiéndose el eje emisor (X) centralmente a través de la salida (12) de gas;
25 disponiéndose la entrada (30) de gas para recibir un suministro de gas (50) para que fluya durante el uso desde la salida (12) de gas en una dirección (F) del flujo;
disponiéndose la entrada (20) de agua para recibir un suministro de agua (40) para que fluya durante el uso desde la salida (13) de agua anular en la dirección (F) del flujo como una lámina de agua anular rodeando el gas que fluye desde la salida (12) de gas, para encapsular el gas que fluye desde la salida (12) de gas en una serie de burbujas formadas por el agua que fluye desde la salida (13) de agua;
30 incluyendo el aparato además:

35 un medio (2) de suministro de gas, y
un medio (3) de suministro de agua;

la salida (13) de agua anular que tiene un diámetro exterior d_w y un ancho radial h ;
disponiéndose el medio (2) de suministro de gas para suministrar el gas (50) que tiene una densidad ρ_g para fluir a una velocidad U_g desde la salida (12) de gas;
40 disponiéndose el medio (3) de suministro de agua para conectarse a un suministro de agua (40) que tiene una tensión superficial σ_w para suministrar el agua (40) para que fluya a una velocidad u_w desde la salida (13) de agua anular;
en donde un número de Weber aerodinámico se define como

$$45 \quad We_g = (\rho_g \cdot (u_g - u_w)^2 \cdot h) / \sigma_w$$

y en donde el aparato está dispuesto para funcionar dentro de un espacio de parámetros definido por h/d_w y We_g , en donde

$$50 \quad (h/d_w) \leq 0,31$$

y

$$55 \quad (2,5 \cdot 10^{-3}) < We_g \leq We_{g(m\acute{a}x)}$$

en donde $We_{g(m\acute{a}x)}$ está definido por una función

$$(h/d_w = 0,04 \cdot We_g^{0,5});$$

60 incluyendo el aparato además al menos una de la característica (a) y la característica (b), en donde:

según la característica (a) el revestimiento (82) está unido a la estructura (11') de cuerpo, y según la característica (b), la parte (80, 80') elastomérica unitaria incluye al menos una superficie (84, 84') de retención orientada en la dirección (F) del flujo y enfrentada a una superficie orientada (122, 125', 120') de modo opuesto de la estructura (11') de cuerpo para

65

retener el revestimiento (82) contra el movimiento fuera del rebaje anular (70') en la dirección (F) del flujo.

- 5 2. Un aparato según la reivindicación 1, en donde el revestimiento (82) incluye una silicona o un elastómero termoplástico.
3. Un aparato según la reivindicación 1, en donde el revestimiento (82) se extiende axialmente en la dirección (F) del flujo más allá de la pared exterior (70'') del rebaje para definir una boquilla (85) anular flexible.
- 10 4. Un aparato según la reivindicación 1, en donde el emisor (11) de flujo incluye un tubo (70) de salida de gas que define una trayectoria (12') del flujo de gas en comunicación de fluidos con la entrada (30) de gas y que termina en la salida (12) de gas, extendiéndose el eje emisor (X) centralmente a través de la trayectoria (12') del flujo de gas; en donde el tubo (70) de salida de gas y la pared exterior (70'') del rebaje están formados como partes respectivas de un cuerpo unitario (120);
15 y opcionalmente, en donde el tubo (70) de salida de gas y la pared exterior (70'') del rebaje están conectados mediante separadores (121) configurados para guiar el agua (40) para que fluya axialmente a través de la trayectoria (16) del flujo de agua anular.
- 20 5. Un aparato según la reivindicación 1, en donde el cuerpo emisor (10) incluye una pluralidad de dichos emisores (11) de flujo, cada uno de dicha pluralidad de emisores (11) de flujo incluye un dicho revestimiento (82) respectivo dispuesto en dicho rebaje anular (70') respectivo de la estructura (11') de cuerpo;
25 disponiéndose la pluralidad de emisores (11) de flujo como una matriz separada, abriéndose la salida (12) de gas y la salida (13) de agua anular de cada emisor (11) de flujo a través de un lado (15) de salida del cuerpo emisor (10);
en donde los revestimientos (82) de toda dicha pluralidad de emisores (11) de flujo están formados como partes respectivas de una dicha única parte (80) elastomérica unitaria.
- 30 6. Un aparato según la reivindicación 5, en donde la única parte (80) elastomérica unitaria incluye una parte (83) de conexión, uniéndose los revestimientos (82) de toda dicha pluralidad de emisores (11) de flujo mediante la parte (83) de conexión; y
la parte (83) de conexión incluye al menos una superficie (84, 84') de retención orientada en la dirección (F) del flujo y enfrentada a una superficie orientada (122, 125', 120') de modo opuesto de la estructura (11') de
35 cuerpo para retener cada uno de los revestimientos (82) contra el movimiento hacia fuera del rebaje anular (70') respectivo en la dirección (F) del flujo.
7. Un aparato según la reivindicación 6, en donde la parte (83) de conexión incluye una pluralidad de boquillas anulares (85) y una pluralidad de paredes (86) de retorno;
40 separándose cada pared (86) de retorno radialmente hacia fuera de uno de los revestimientos respectivos (82) y conectándose al revestimiento (82) respectivo mediante una respectiva de las boquillas anulares (85);
45 disponiéndose la pared exterior (70'') del rebaje de cada rebaje anular (70') entre el revestimiento (82) respectivo y la pared (86) de retorno y terminando axialmente en la dirección (F) del flujo en la boquilla anular (85) respectiva.
8. Un aparato según la reivindicación 7, en donde la parte (83) de conexión incluye una lámina (87) que se extiende entre las paredes (86) de retorno, y la estructura (11') de cuerpo incluye una placa (125) de fascia que se extiende entre dicha pluralidad de emisores (11) de flujo en el lado (15) de salida del cuerpo emisor (10); siendo dicha superficie (84') de retención de la parte (83) de conexión una superficie de la lámina (87) que se enfrenta a una superficie orientada (125') de modo opuesto de la placa (125) de fascia.
- 50 9. Un aparato según la reivindicación 6 o la reivindicación 8, en donde la única parte (80) elastomérica unitaria incluye una superficie (84) de retención adicional que se extiende radialmente hacia fuera desde el revestimiento (82) de cada emisor (11) de flujo respectivo de dicha pluralidad de emisores de flujo, separándose cada una de dichas superficies (84) de retención adicionales de la superficie (84') de retención de la parte (83) de conexión y enfrentándose a una superficie orientada (122) de modo opuesto de la estructura (11') de cuerpo para retener el revestimiento (82) contra el movimiento hacia fuera del rebaje anular (70') en la dirección (F) del flujo.
55 60
10. Un aparato según la reivindicación 9, en donde la superficie (84) de retención adicional es una superficie de una brida anular dispuesta cerca de un extremo corriente arriba del revestimiento (82) respectivo con respecto a la dirección (F) del flujo.
65

11. Un aparato según la reivindicación 1, en donde el cuerpo emisor (10) incluye una pluralidad de dichos emisores (11) de flujo, cada uno de dicha pluralidad de emisores (11) de flujo incluye uno de dicho revestimiento (82) respectivo dispuesto en dicho rebaje anular (70') respectivo de la estructura (11') de cuerpo;

5 disponiéndose la pluralidad de emisores (11) de flujo como una matriz separada, abriéndose la salida (12) de gas y la salida (13) de agua anular de cada emisor (11) de flujo a través de un lado (15) de salida del cuerpo emisor (10);
 en donde la estructura (11') de cuerpo incluye una placa frontal (120), una placa posterior (110), y una placa separadora (100);
 10 disponiéndose la placa separadora (100) entre la placa frontal (120) y la placa posterior (110) para definir una cámara de distribución (31) y una cámara (41) de distribución de agua;
 disponiéndose la cámara de distribución (31) entre la placa posterior (110) y la placa separadora (100) y configurándose para transportar el suministro de gas (50) desde la entrada (30) de gas a cada una de una pluralidad de trayectorias (12') del flujo de gas, disponiéndose cada trayectoria (12')
 15 del flujo de gas para transportar el gas (50) a la salida (12) de gas de una de dicha pluralidad de emisores (11) de flujo;
 disponiéndose la cámara (41) de distribución de agua entre la placa frontal (120) y la placa separadora (100) y configurándose para transportar el suministro de agua (40) a la trayectoria (16) del flujo de agua anular de cada emisor (11) de flujo de dicha pluralidad de emisores de flujo.

12. Un aparato según la reivindicación 11, en donde

los revestimientos (82) de toda la dicha pluralidad de emisores (11) de flujo están formados como partes respectivas de una dicha única parte (80) elastomérica unitaria; y
 25 la única parte (80) elastomérica unitaria incluye una parte (83) de conexión, uniéndose los revestimientos (82) de toda dicha pluralidad de emisores (11) de flujo mediante la parte (83) de conexión; y
 la parte (83) de conexión incluye al menos una superficie (84, 84') de retención orientada en la dirección (F) del flujo y enfrentada a una superficie orientada (122', 120') de modo opuesto de la
 30 estructura (11') de cuerpo para retener cada uno de los revestimientos (82) contra el movimiento hacia fuera del rebaje anular (70') respectivo en la dirección (F) del flujo;
 en donde la parte (83) de conexión está dispuesta entre la placa frontal (120) y la placa separadora (100).

13. Un aparato según la reivindicación 1, en donde el cuerpo emisor (10) incluye una pluralidad de dichos emisores (11) de flujo, cada uno de dicha pluralidad de emisores (11) de flujo incluye un dicho revestimiento (82) respectivo dispuesto en dicho rebaje anular (70') respectivo de la estructura (11') de cuerpo;

40 disponiéndose la pluralidad de emisores (11) de flujo como una matriz separada, abriéndose la salida (12) de gas y la salida (13) de agua anular de cada emisor (11) de flujo a través de un lado (15) de salida del cuerpo emisor (10);
 incluyendo el aparato además una pluralidad de resistores (60) de flujo, disponiéndose el cuerpo emisor (10) para distribuir el agua (40) entre los resistores (60) de flujo; disponiéndose cada resistor (60) de flujo para suministrar un flujo de agua (40) a la trayectoria (16) del flujo de agua anular de una diferente respectiva de dicha pluralidad de emisores (11) de flujo; disponiéndose cada resistor (60) de flujo para desarrollar una caída de presión en el flujo de agua (40) a través del resistor (60) de flujo.

14. Un aparato según la reivindicación 12, que incluye además una pluralidad de resistores (60) de flujo, disponiéndose la cámara (41) de distribución de agua para distribuir el agua (40) entre los resistores (60) de flujo; disponiéndose cada resistor (60) de flujo para suministrar un flujo de agua (40) a la trayectoria (16) del flujo de agua anular de una diferente respectiva de dicha pluralidad de emisores (11) de flujo; disponiéndose cada resistor (60) de flujo para desarrollar una caída de presión en el flujo de agua (40) a través del resistor (60) de flujo;

en donde al menos una parte de cada resistor (60) de flujo está formada en la parte (83) de conexión.

15. Un aparato según la reivindicación 1, en donde $u_g > u_w$, y dicho espacio de parámetros se define además por $(We_g(\min) \leq We_g)$,
 60 en donde $We_g(\min)$ está definido por una función

$$(h/d_w) = (0,02 \cdot (35 \cdot We_g)^{0,5} + 0,11).$$

Figura 1

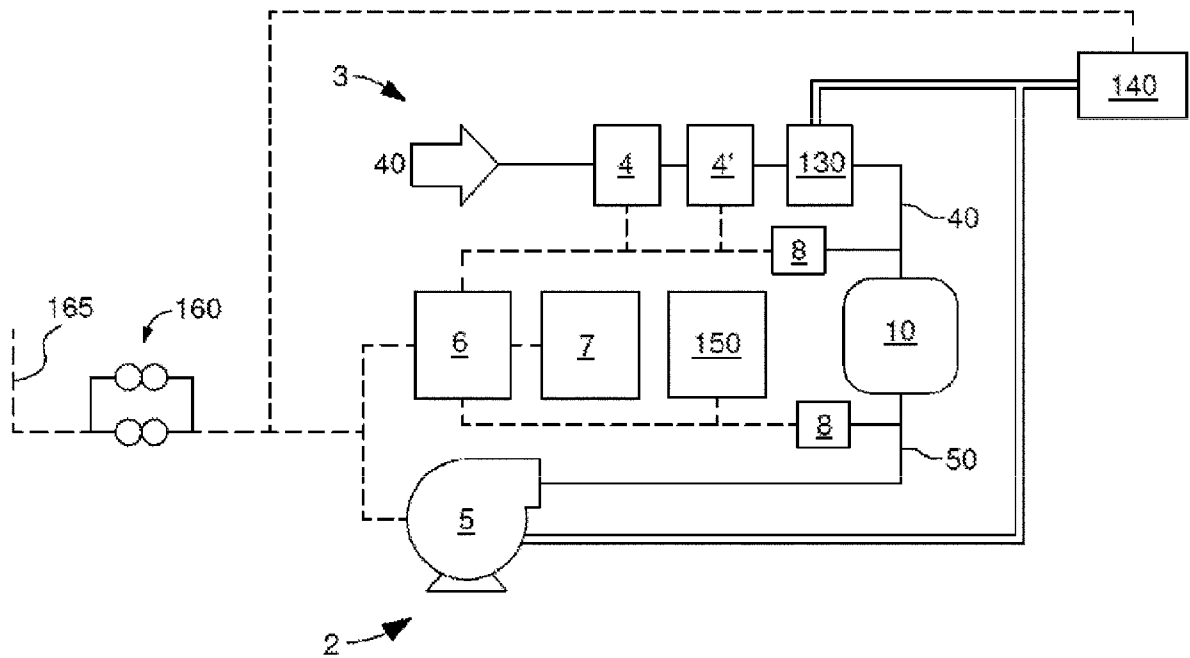


Figura 2

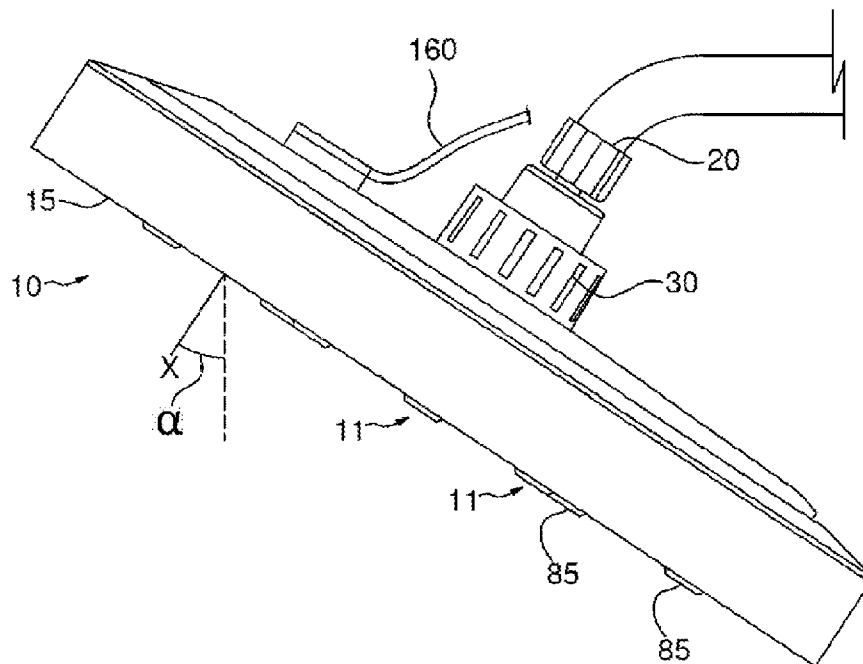


Figura 3

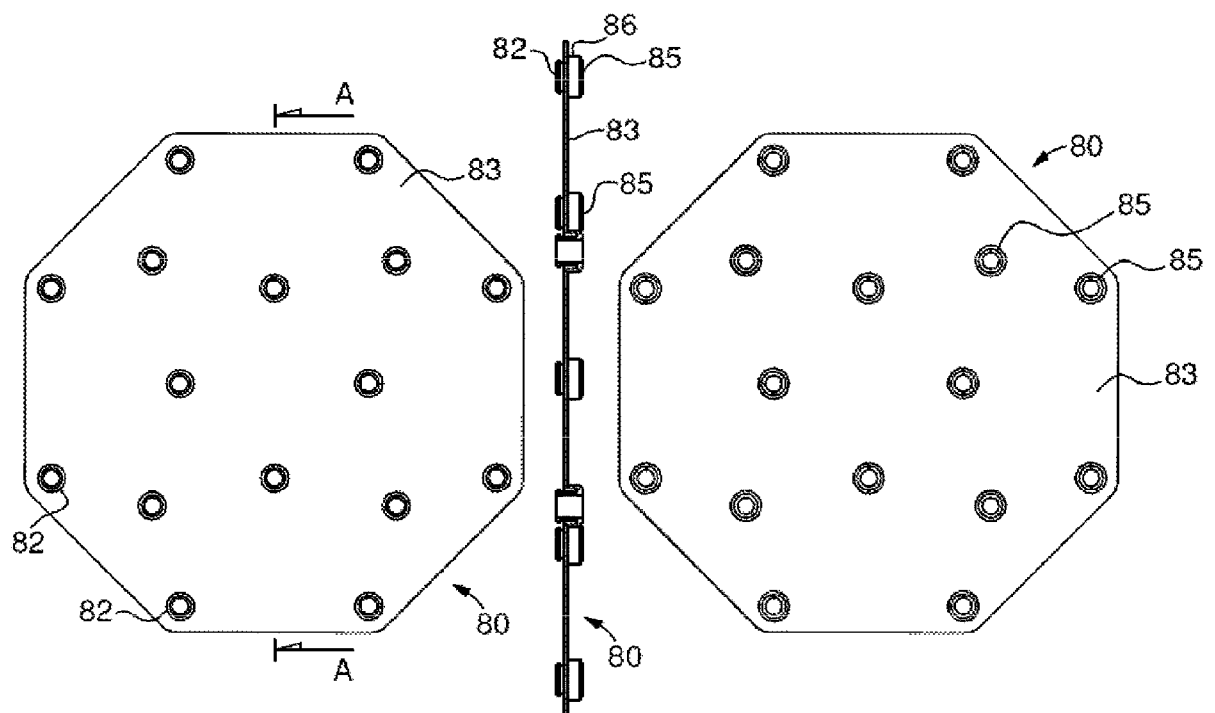
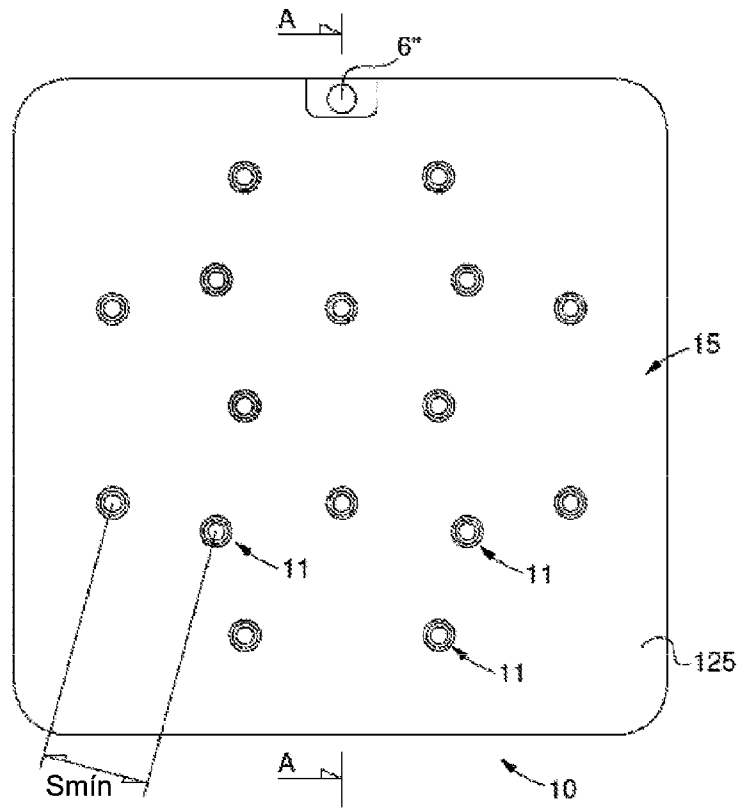


Figura 4

Figura 5

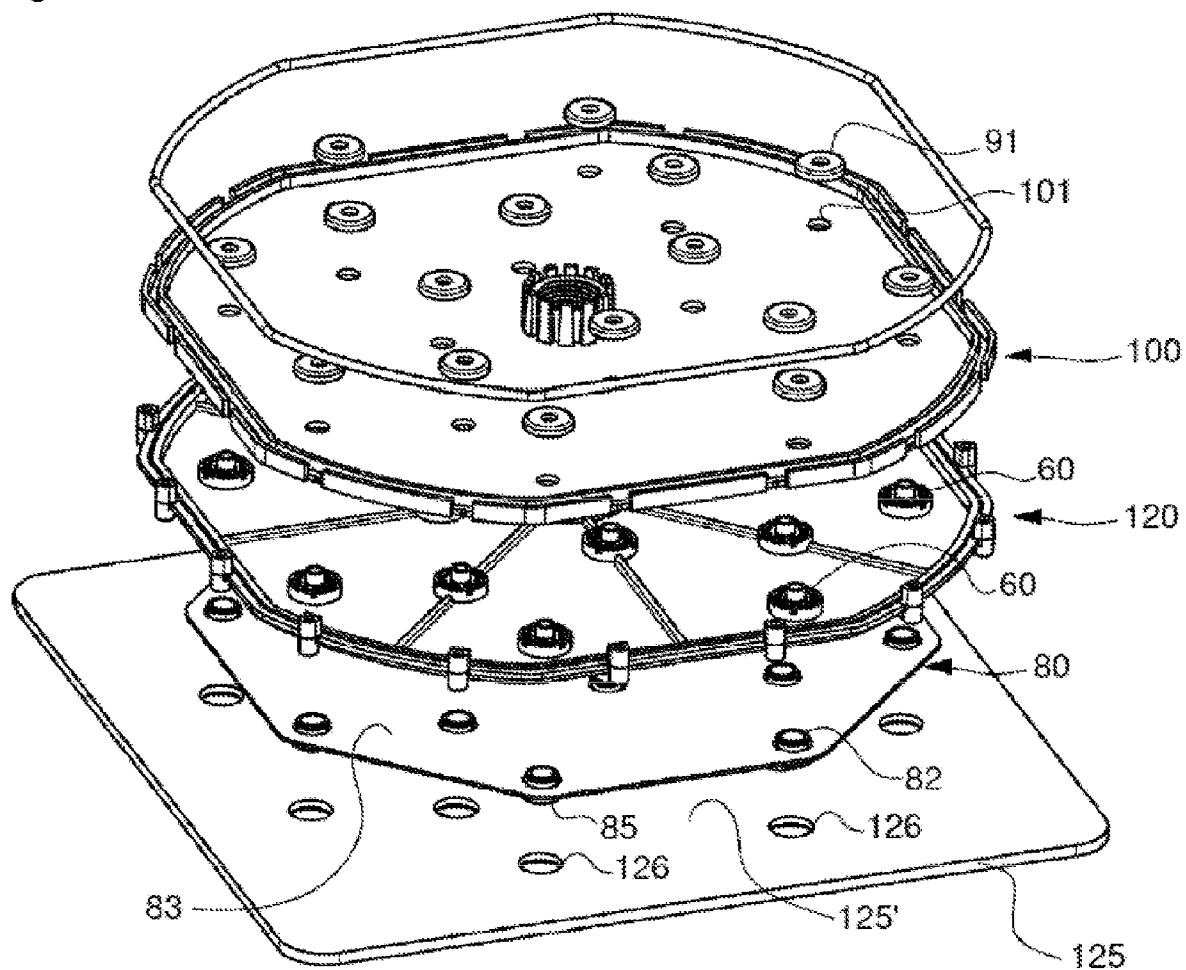
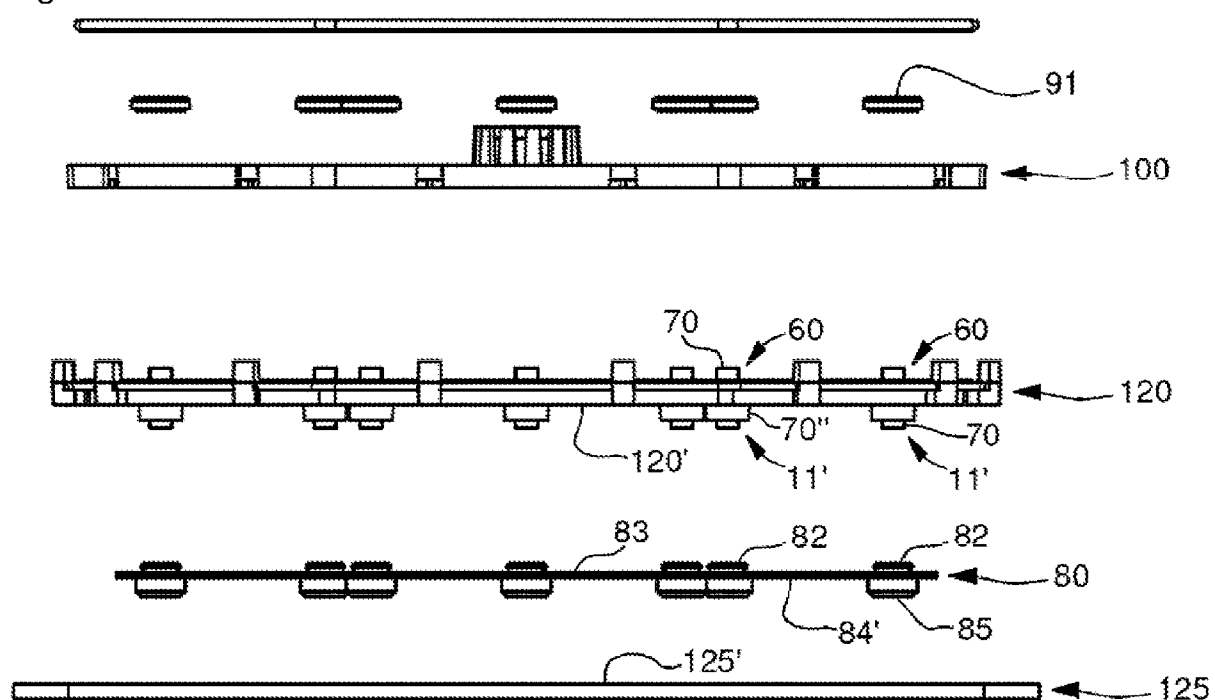


Figura 6



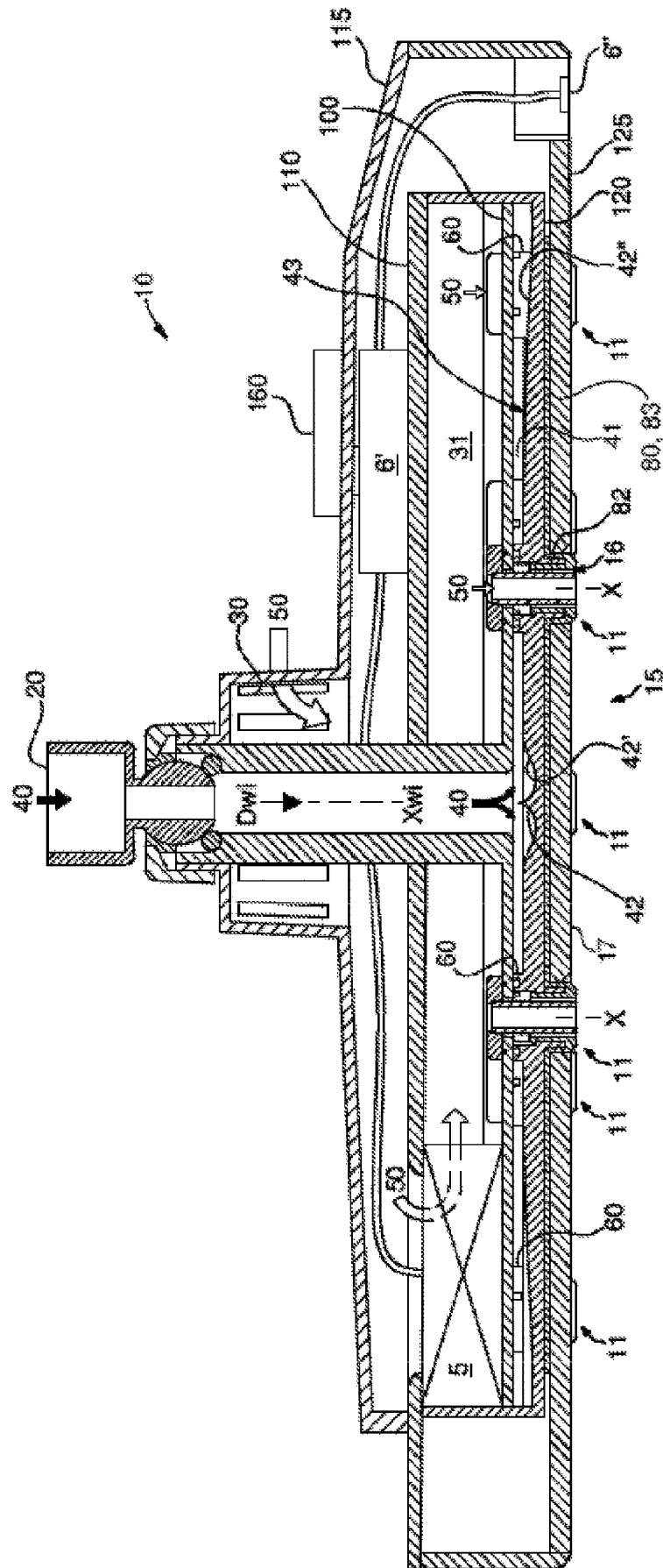


Figura 7

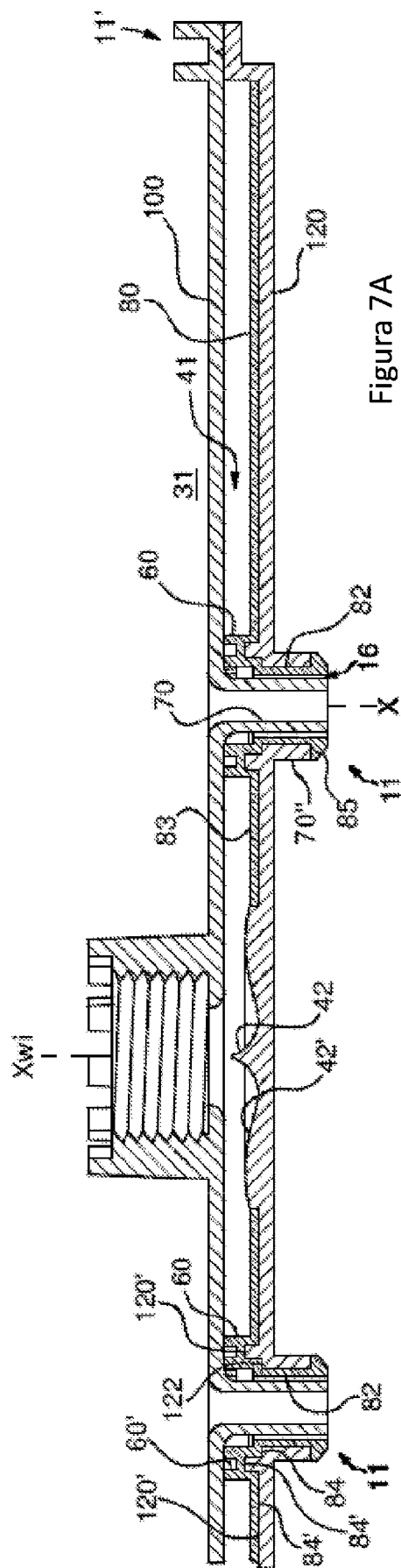


Figura 7A

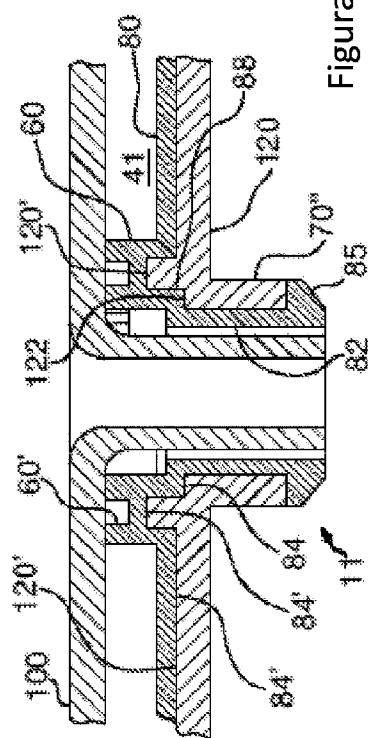


Figura 7B

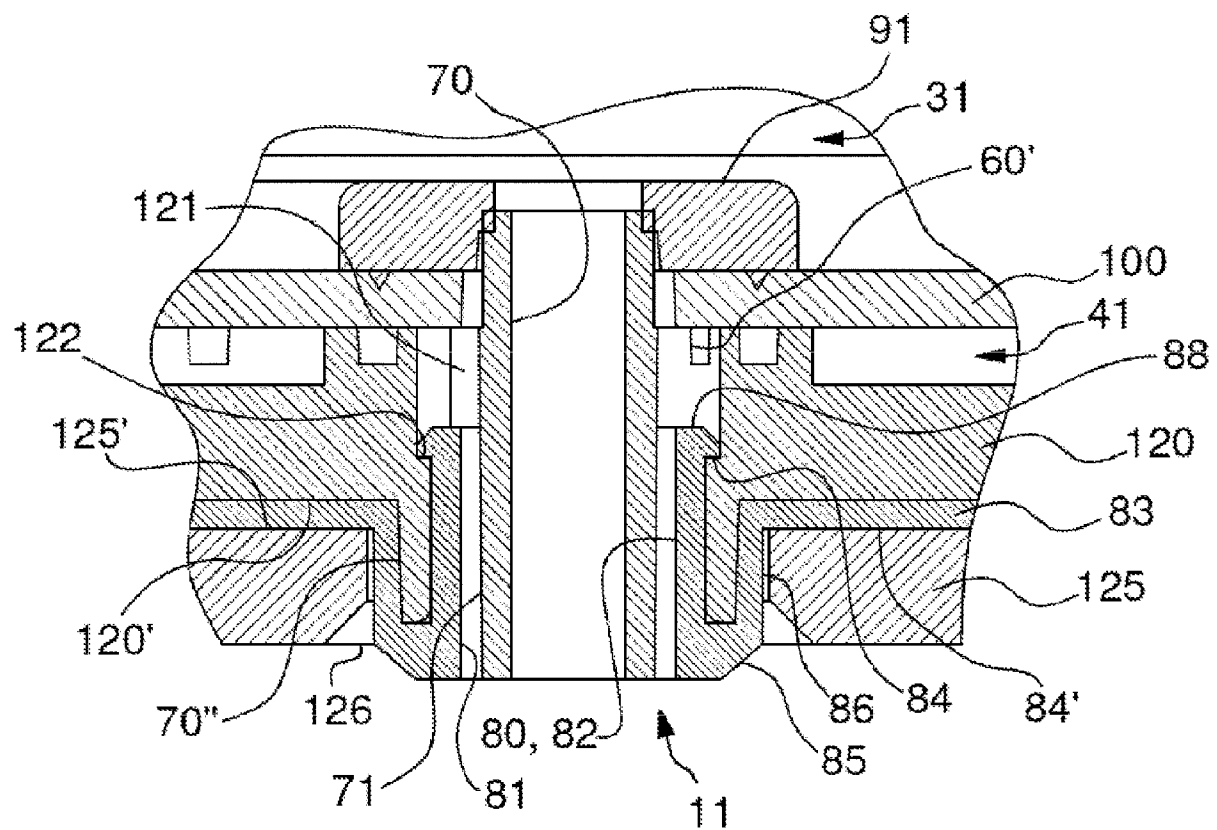


Figura 8

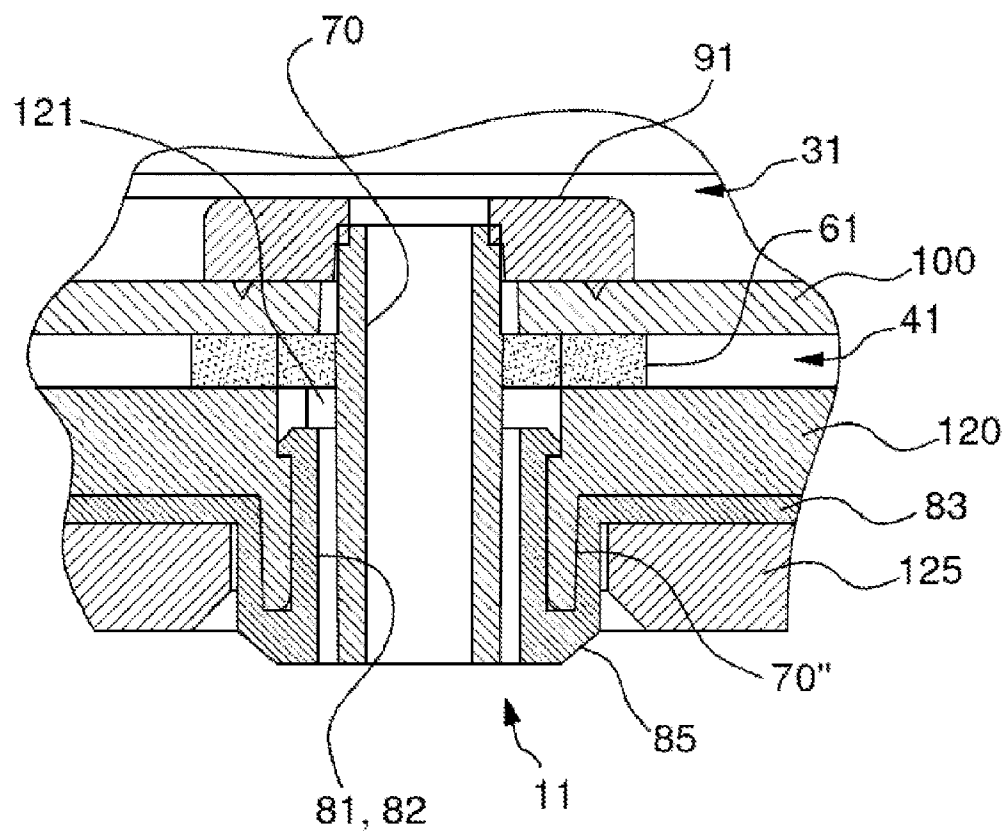


Figura 9

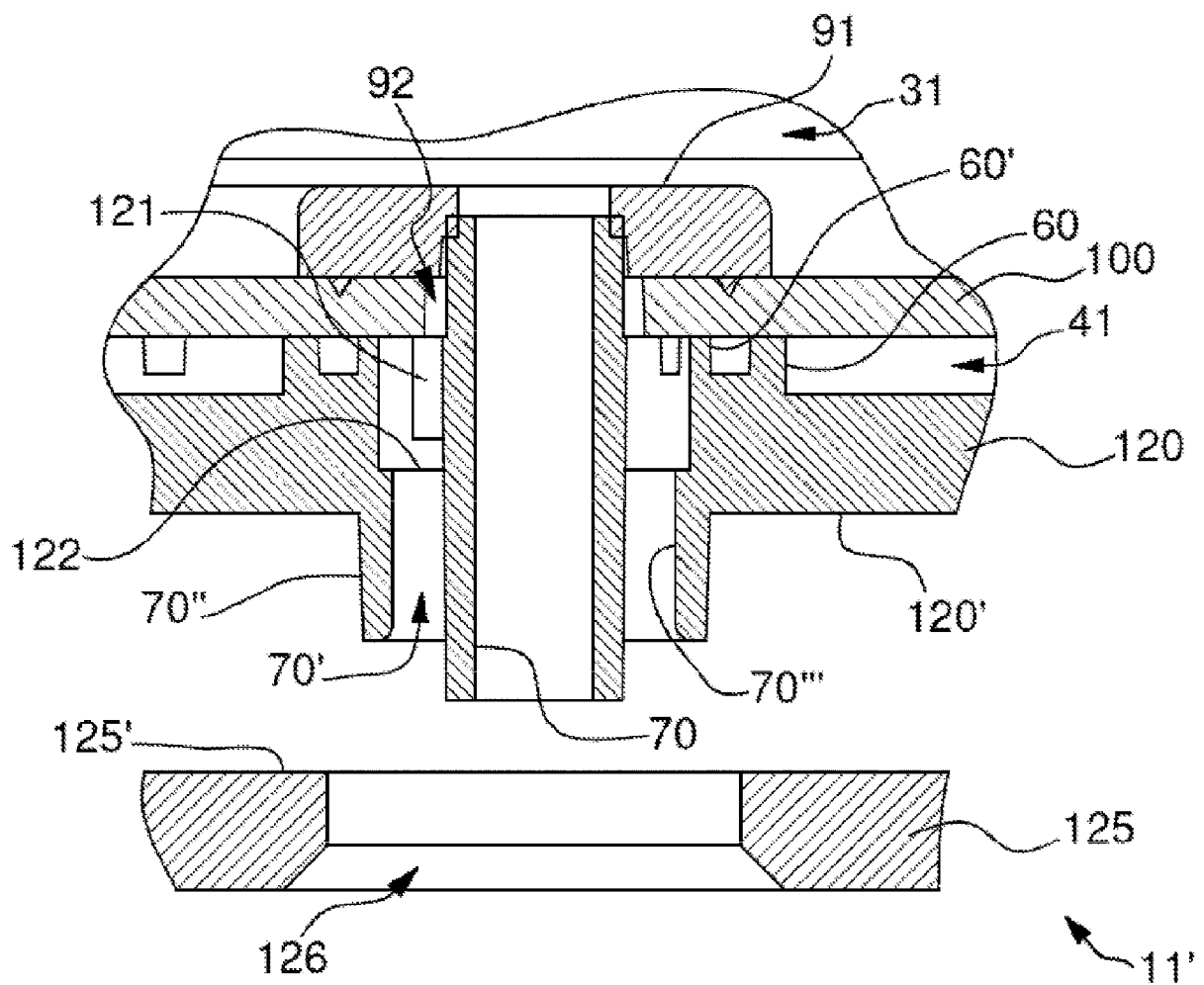


Figura 10

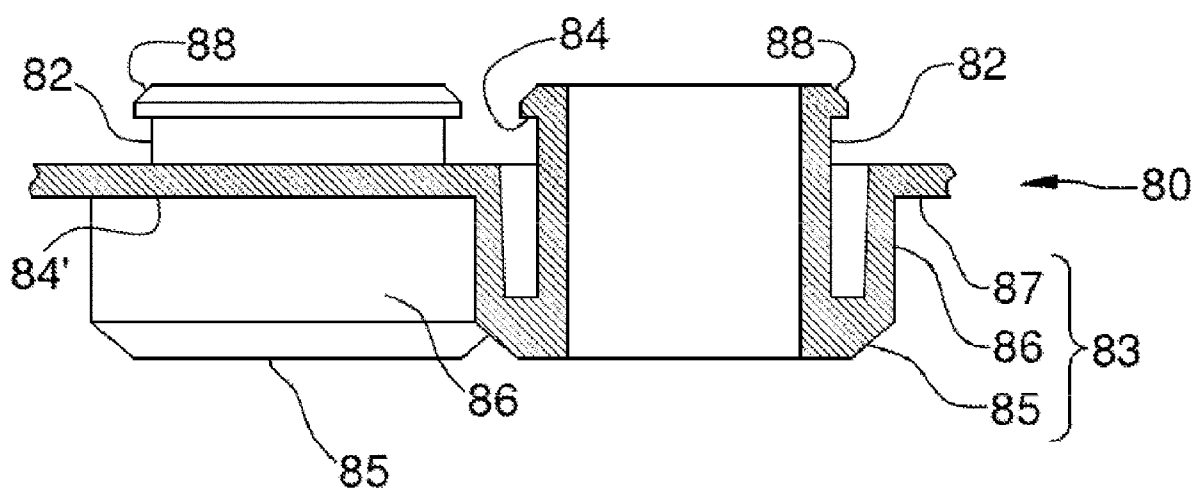


Figura 11

Figura 12

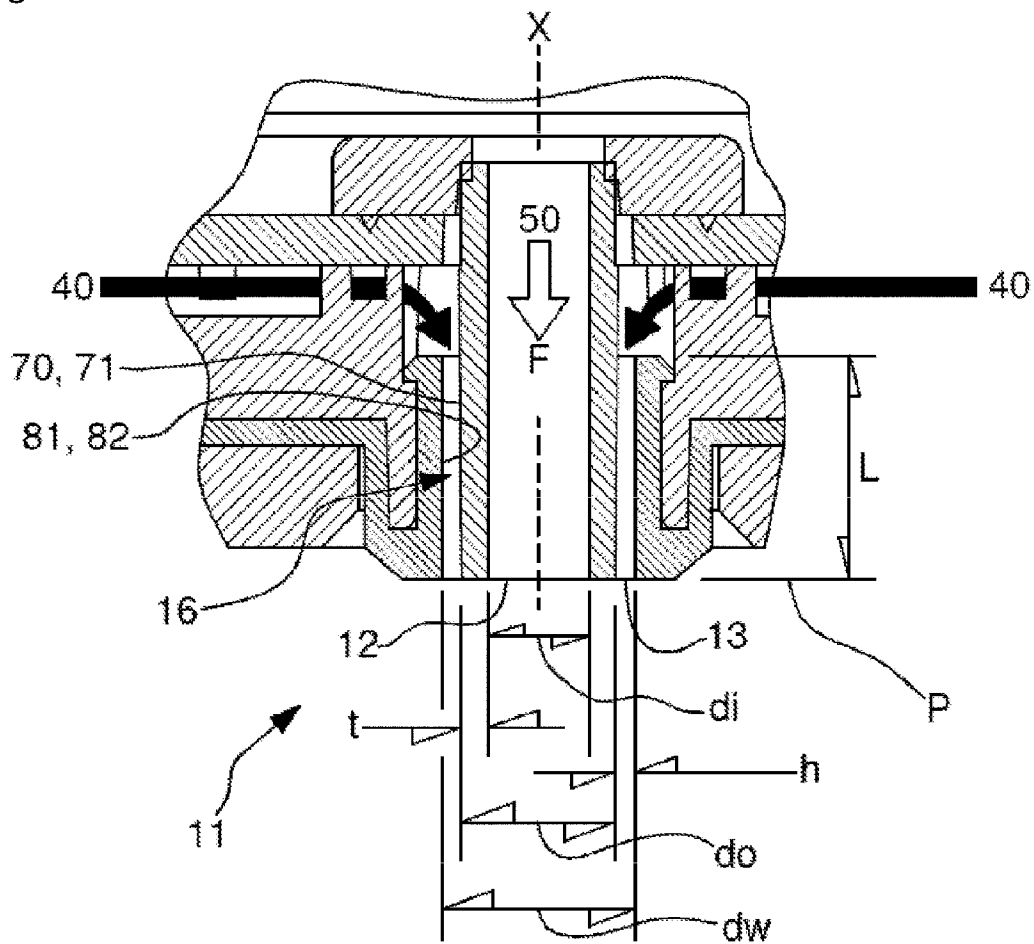
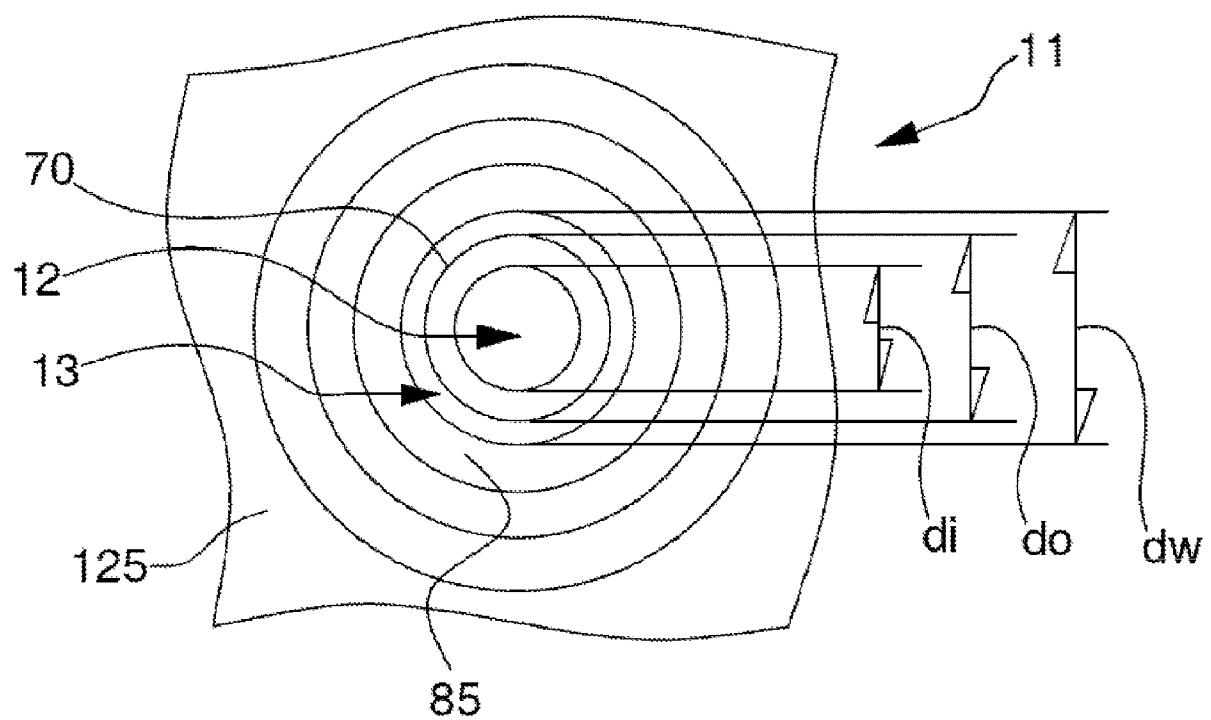


Figura 13



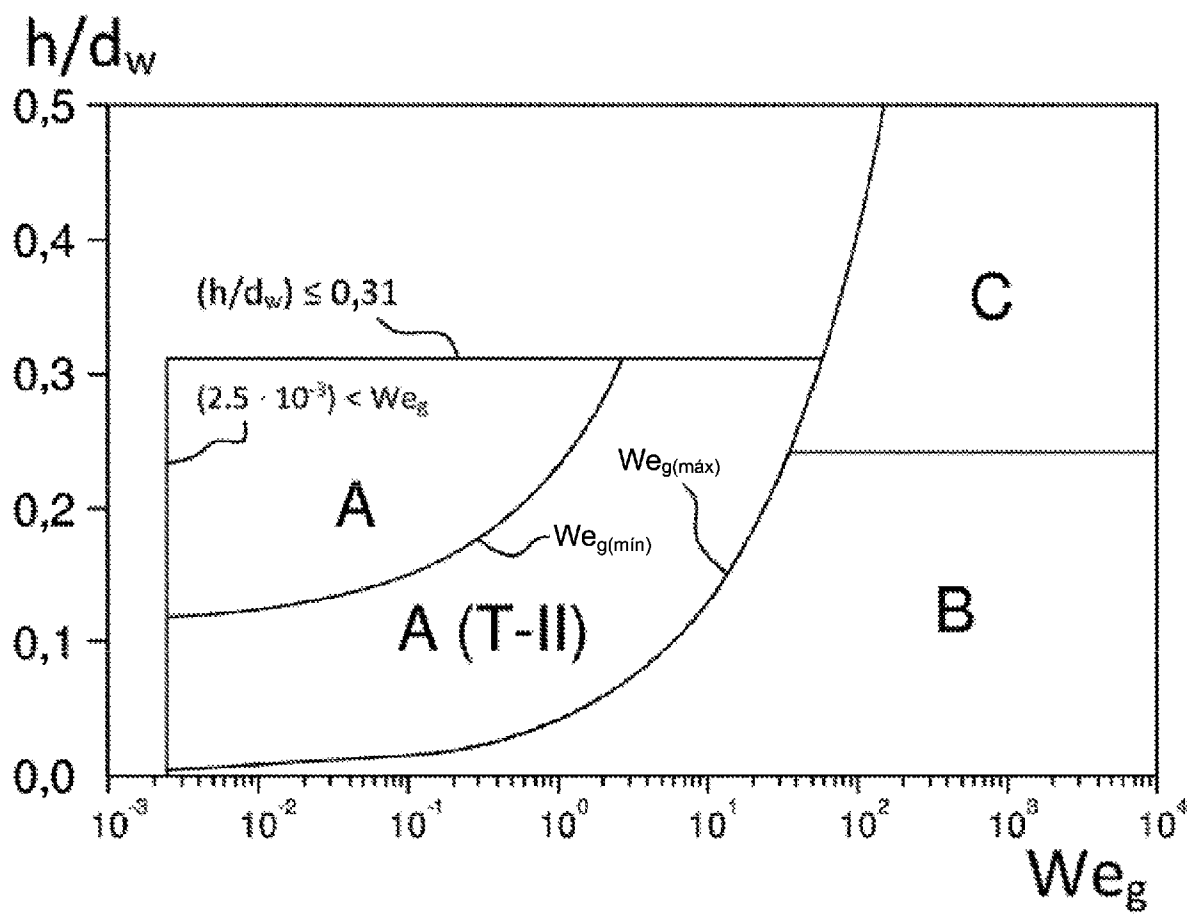


Figura 14

Figura 15a

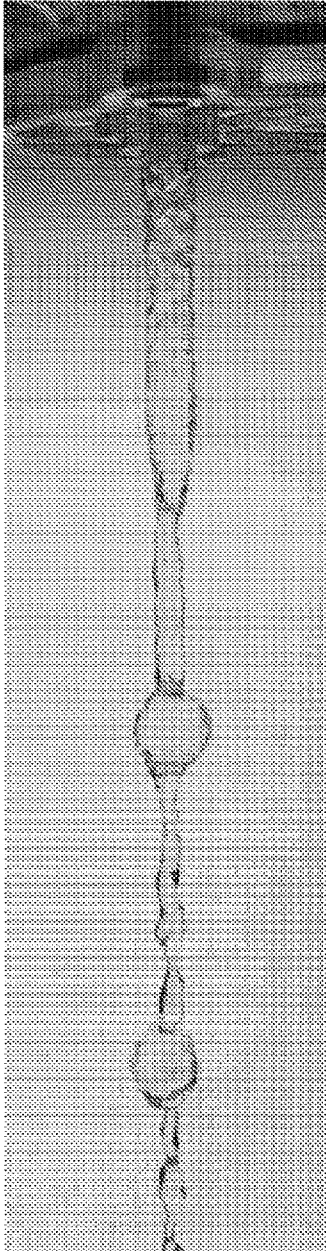


Figura 15b

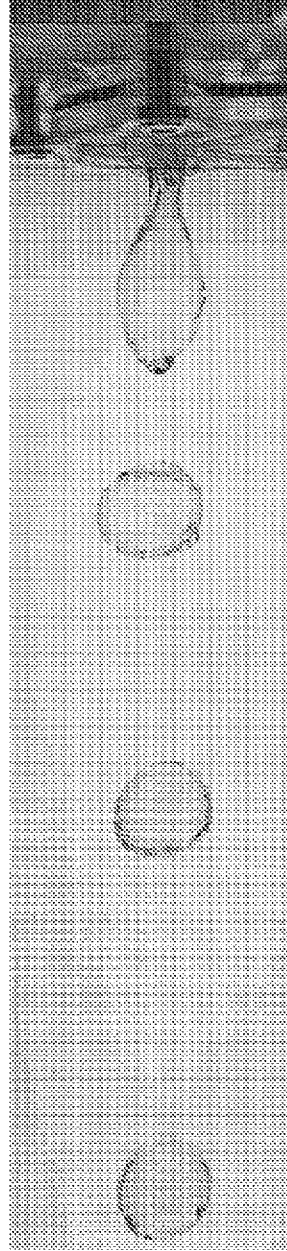
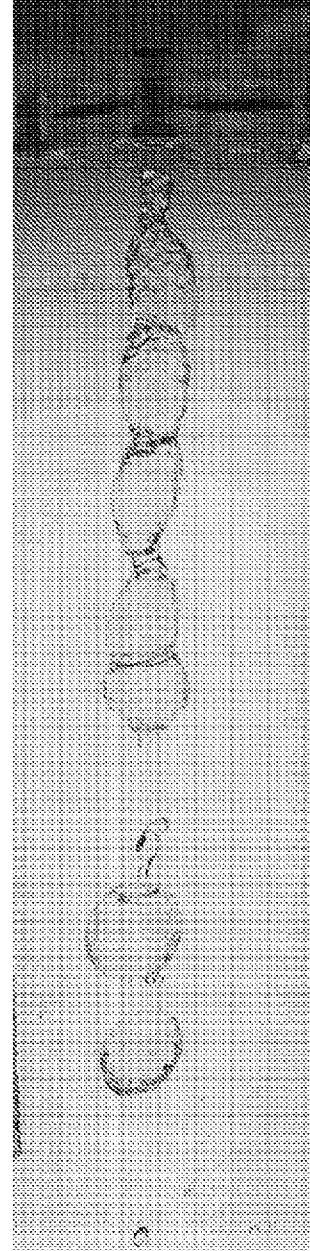


Figura 15c



T - I

$d_i = 3,5\text{mm}$
 $d_o = 5,5\text{mm}$
 $d_w = 6,5\text{mm}$
 $We_g = 0,02$
 $h/d_w = 0,08$

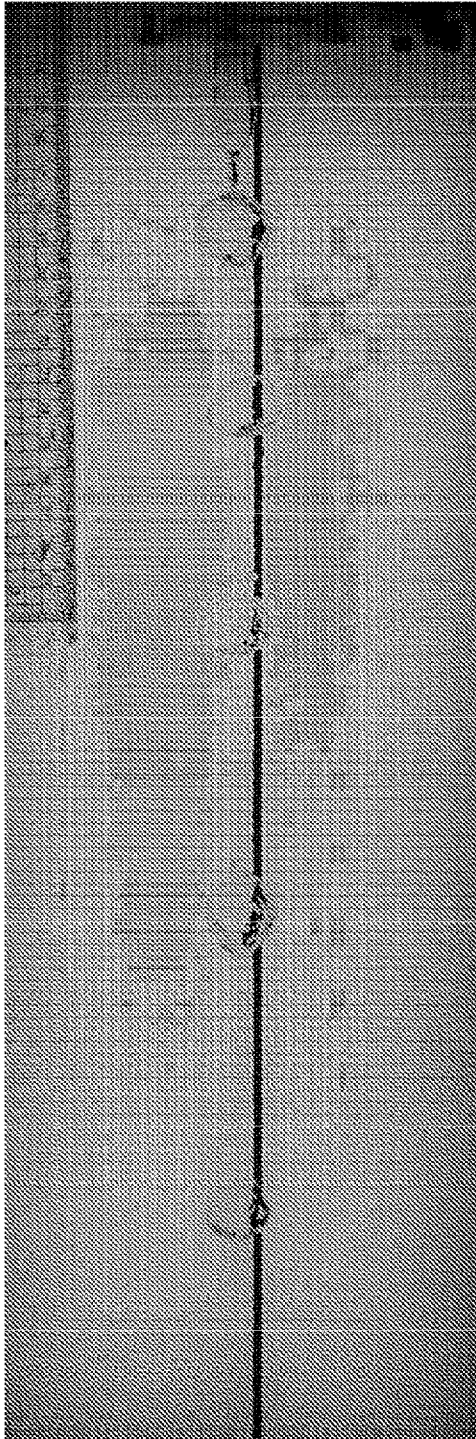
T - II

$d_i = 3,5\text{mm}$
 $d_o = 5,5\text{mm}$
 $d_w = 7,5\text{mm}$
 $We_g = 0,26$
 $h/d_w = 0,13$

T - III

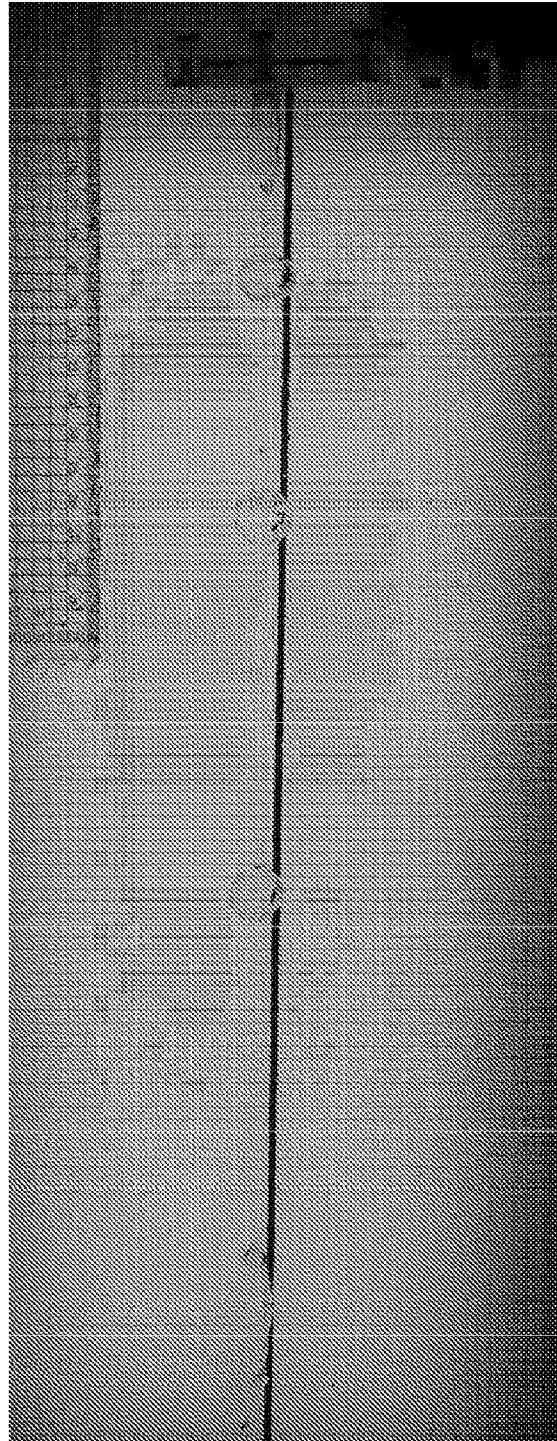
$d_i = 3,5\text{mm}$
 $d_o = 5,5\text{mm}$
 $d_w = 7,5\text{mm}$
 $We_g = 1,2$
 $h/d_w = 0,13$

Figura 16a



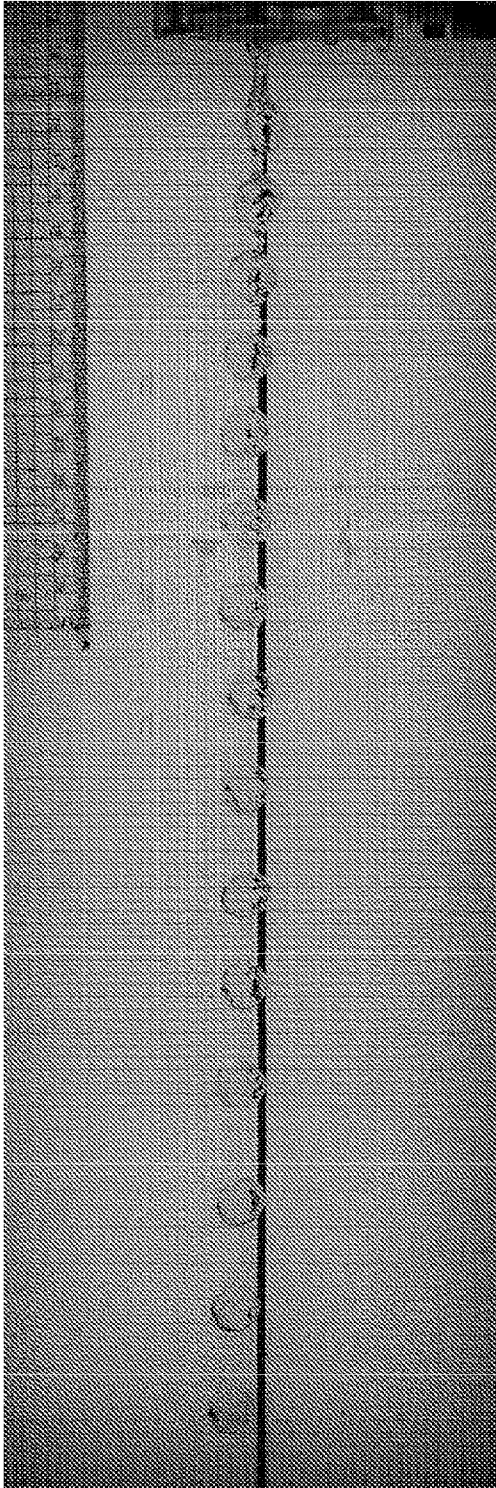
T-II-A

Figura 16b



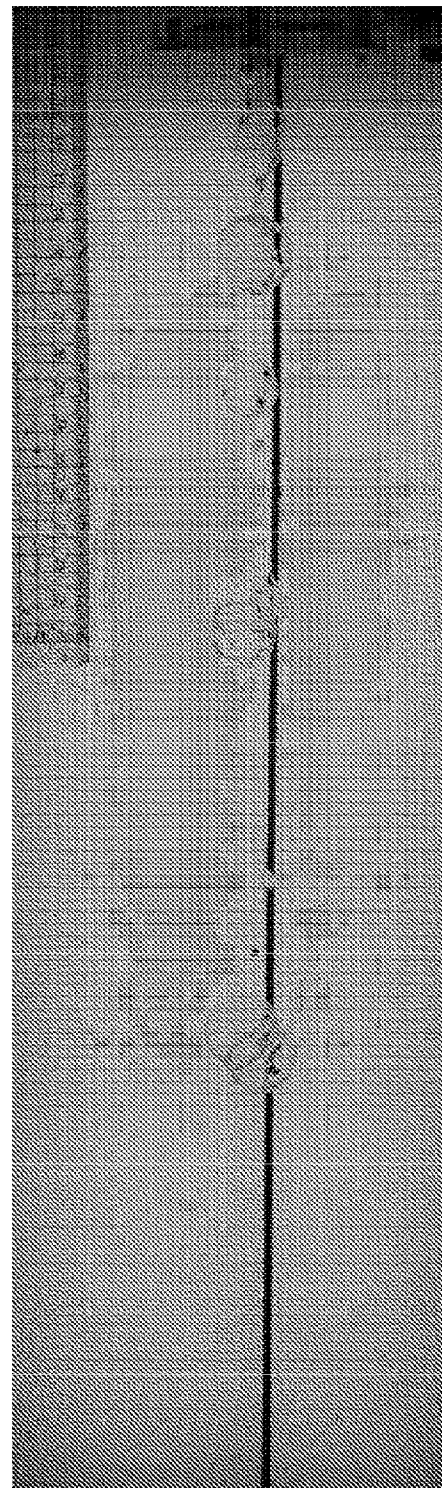
T-II-A

Figura 16c



T-II-B

Figura 16d



T-II-C

Figura 17

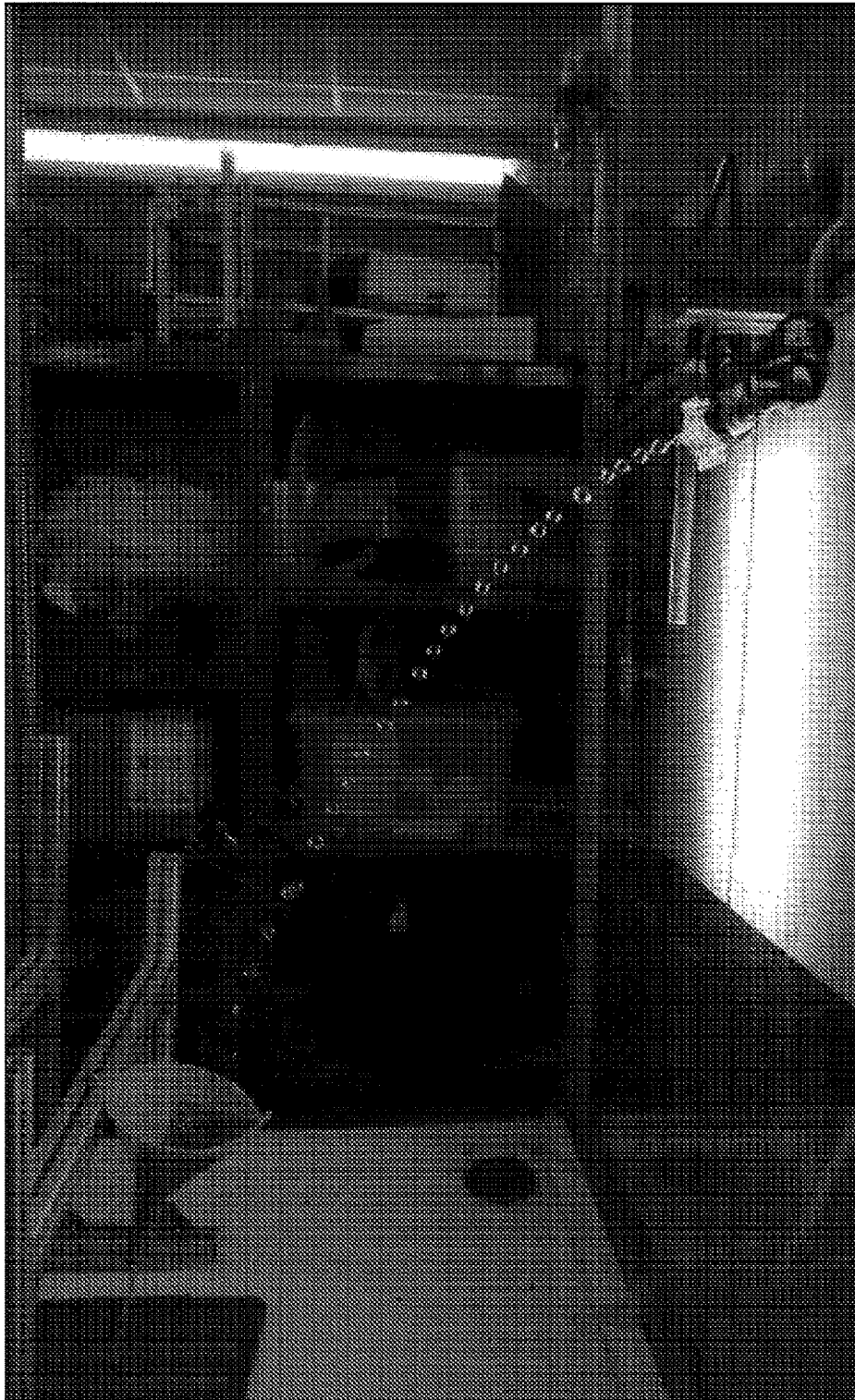
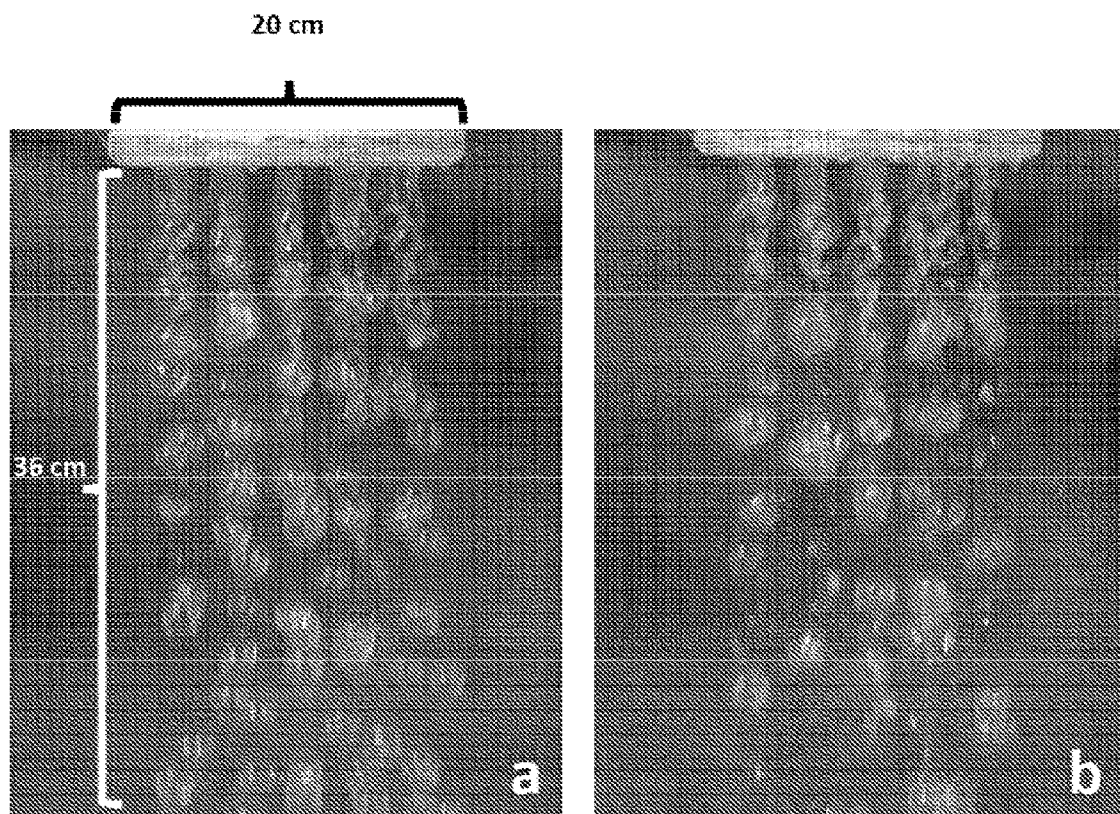


Figura 18



Figura 19



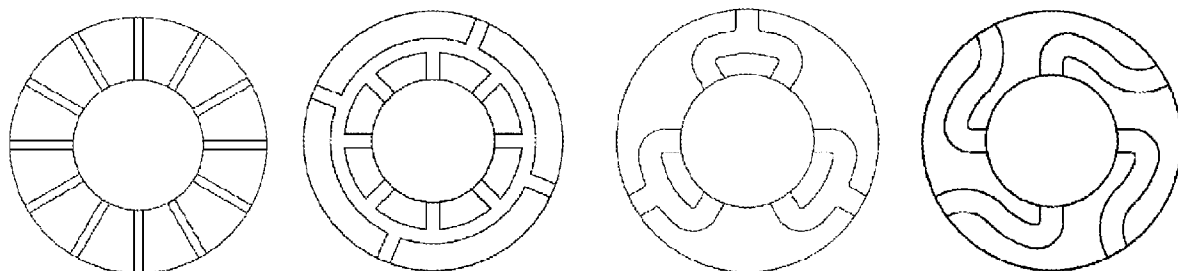


Figura 20

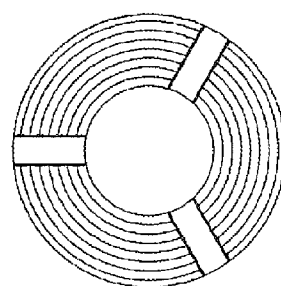
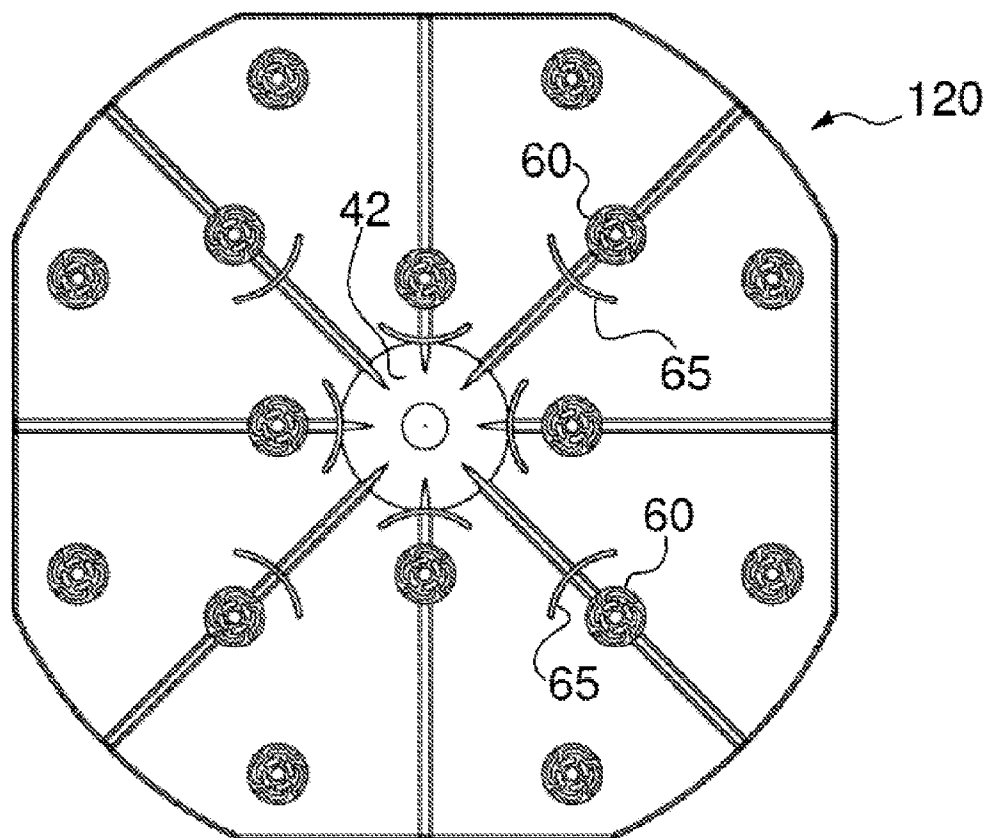


Figura 21

Figura 22



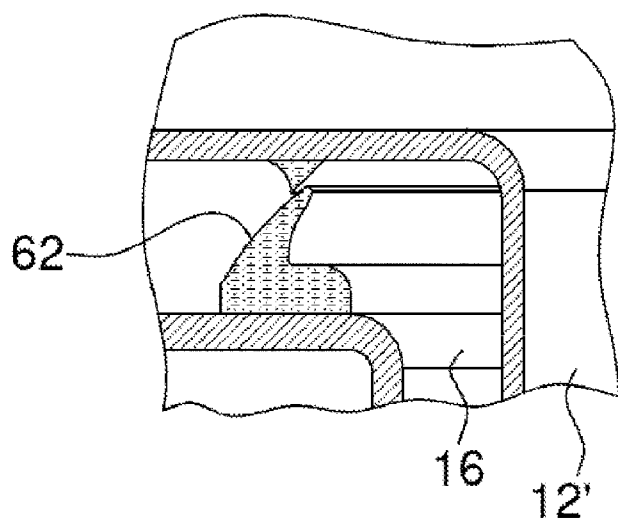


Figura 23

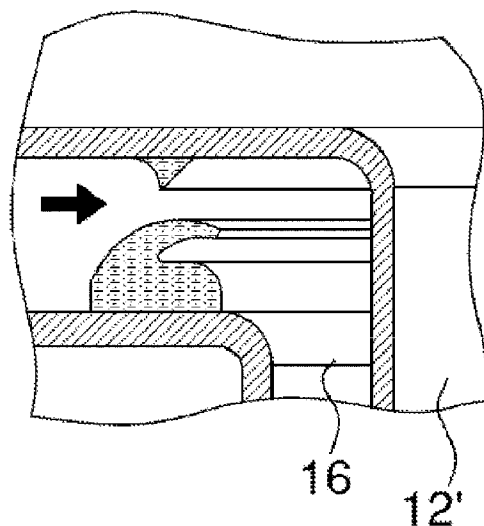


Figura 24

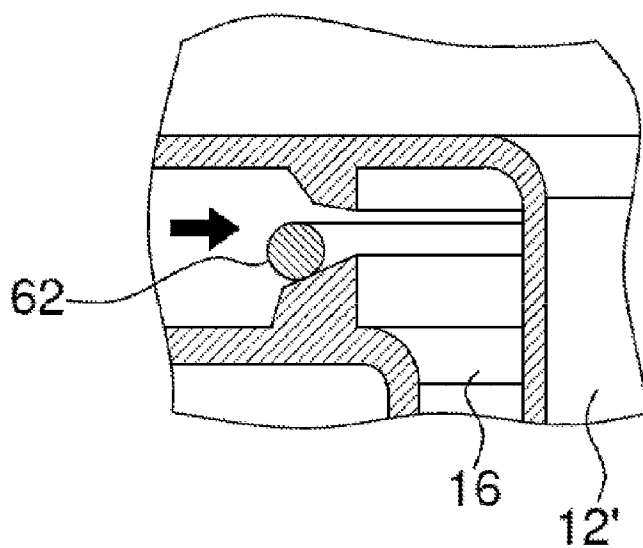


Figura 25

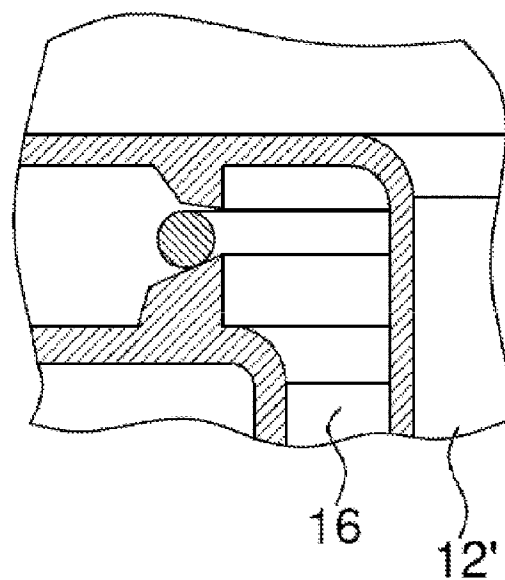


Figura 26

Figura 27

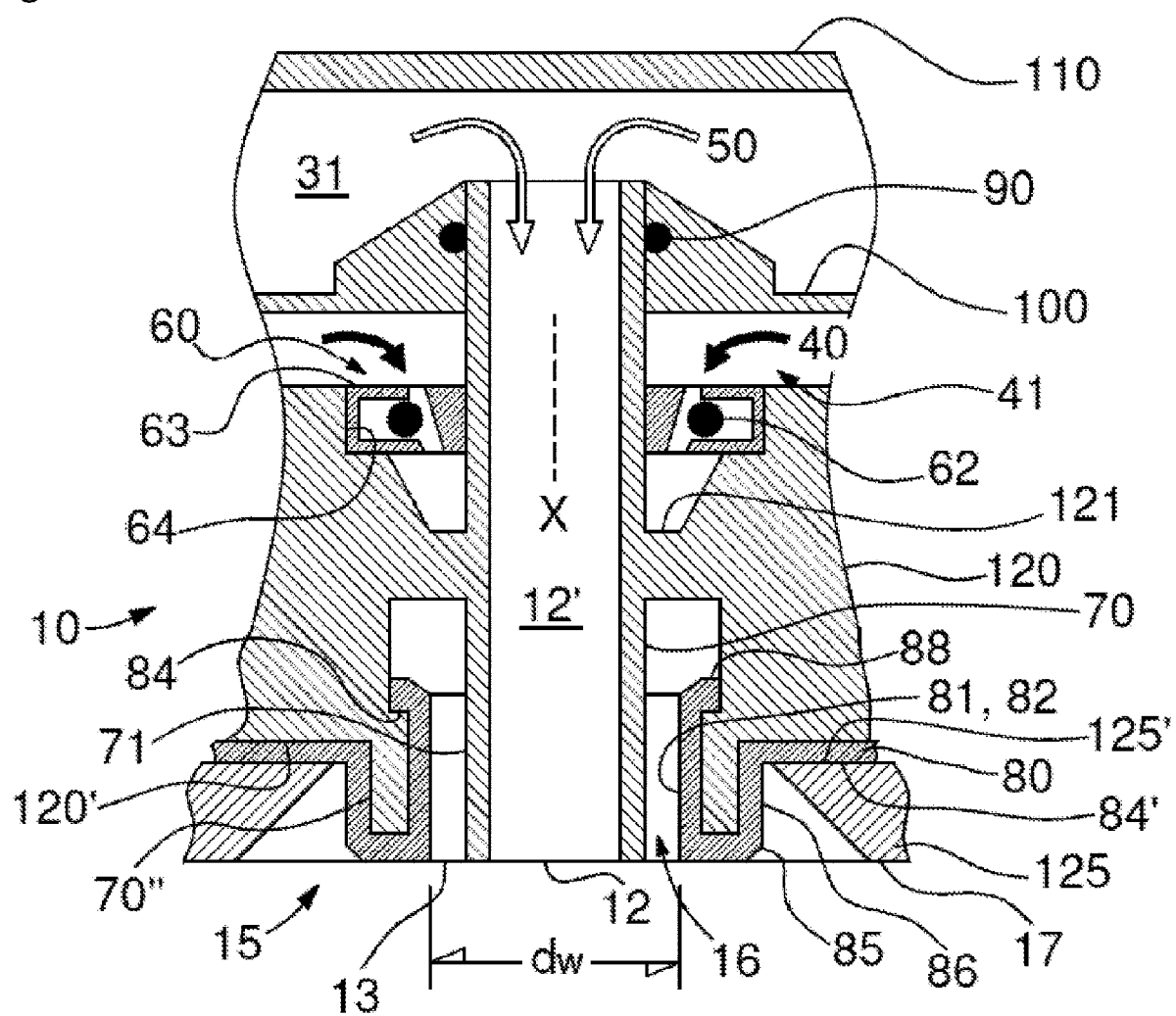
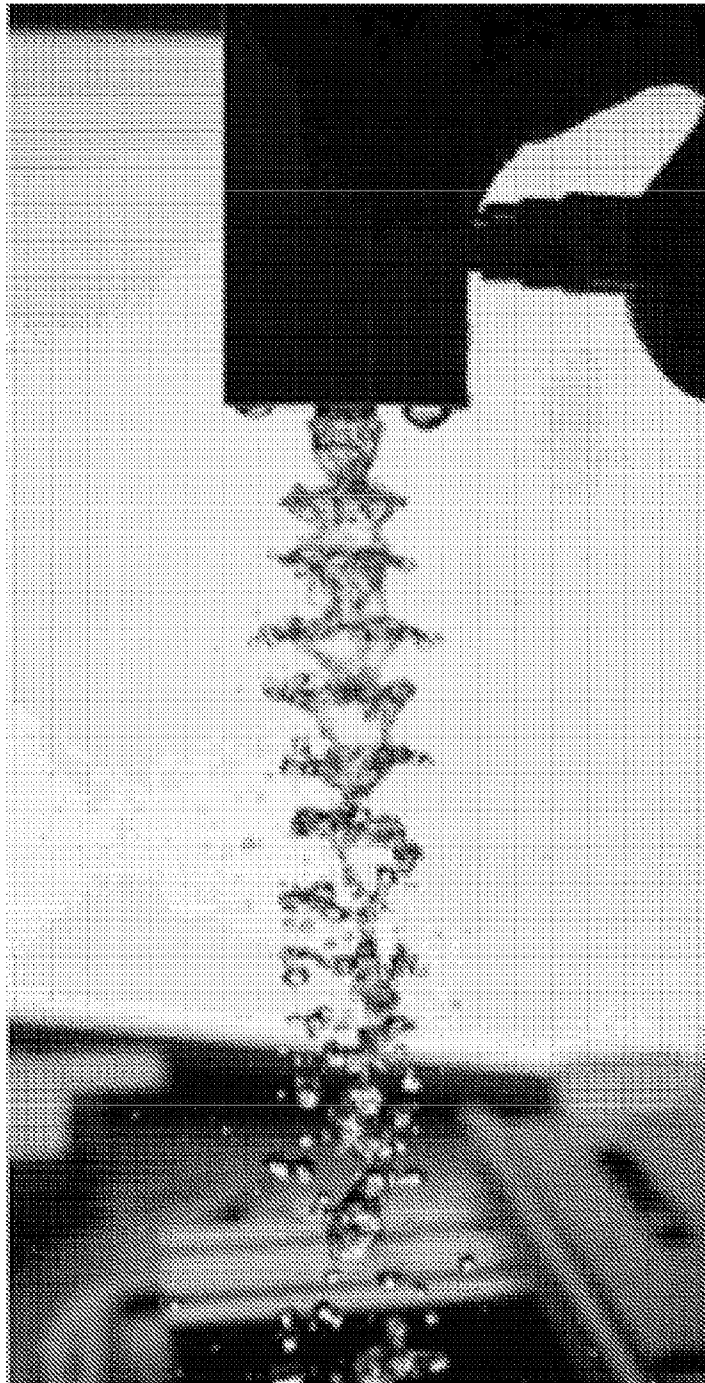


Figura 28



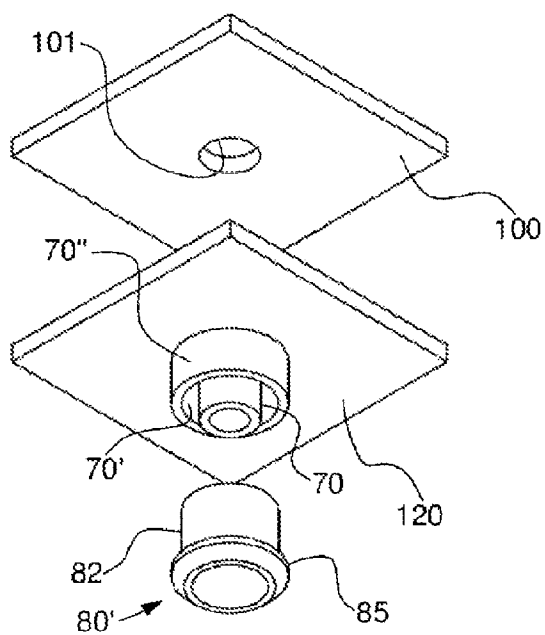


Figura 29

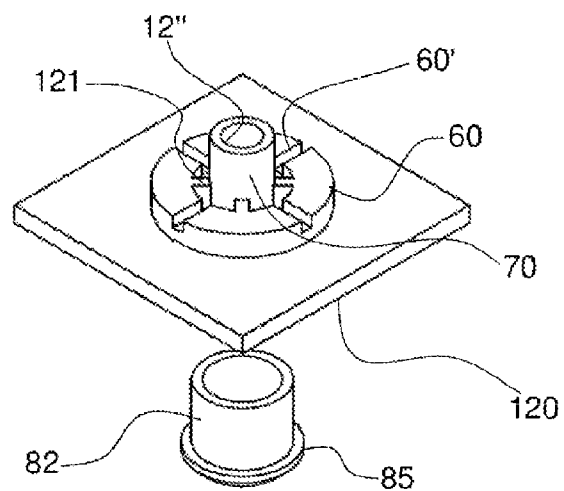


Figura 30

Figura 31

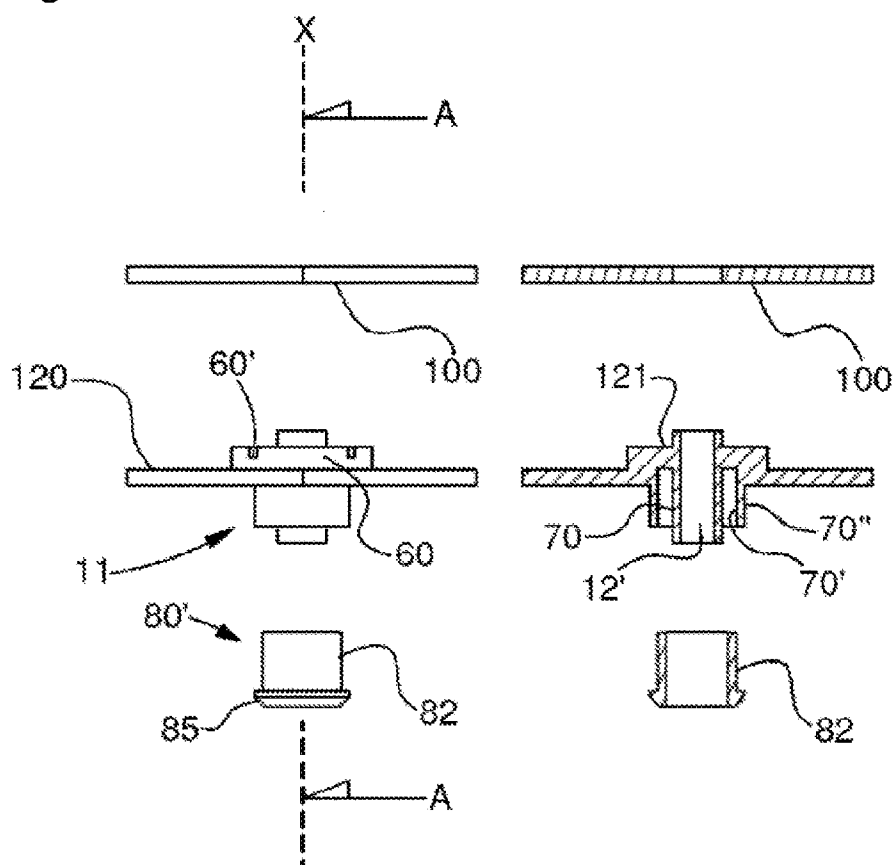


Figura 32

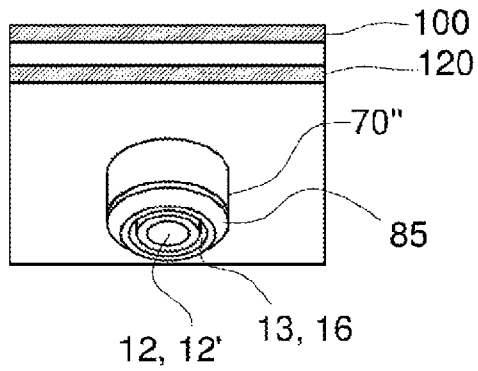


Figura 33

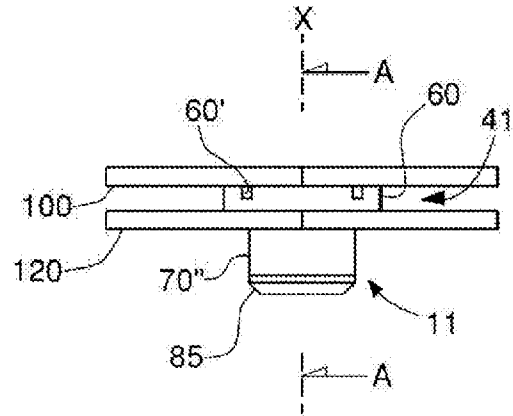


Figura 34

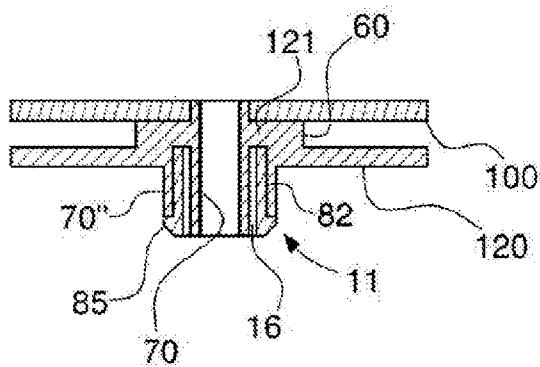


Figura 35

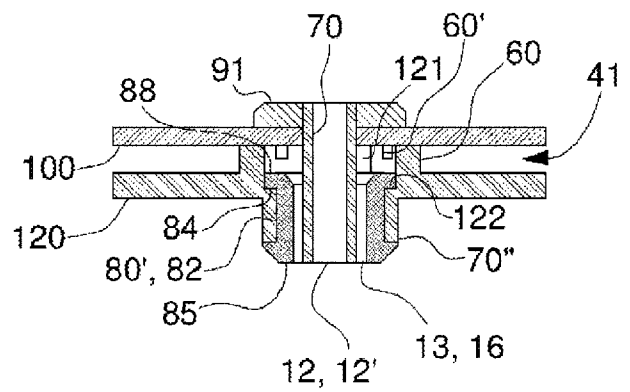


Figura 36

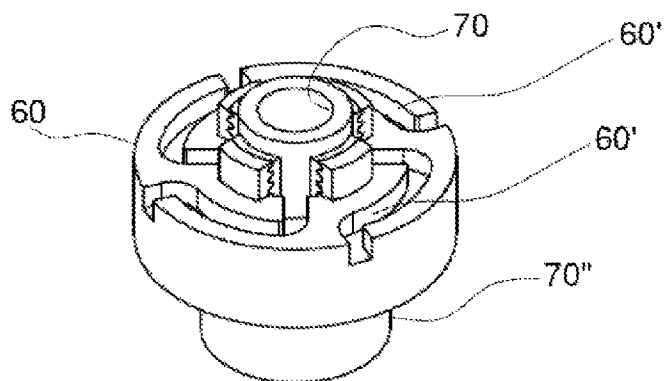


Figura 37

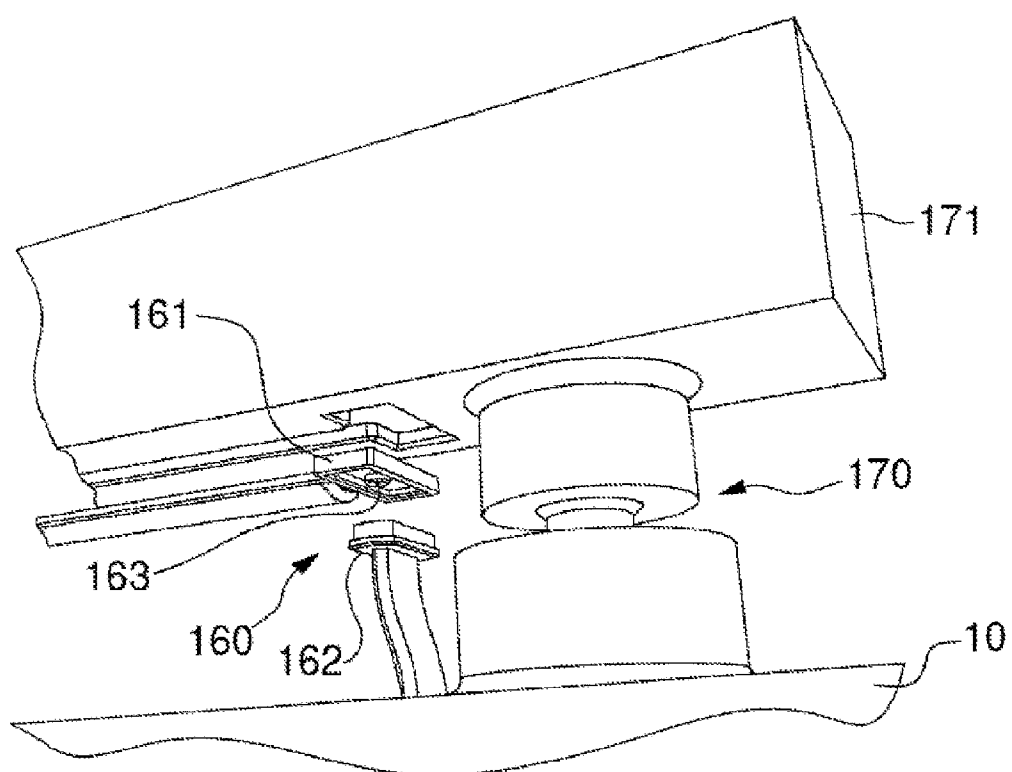
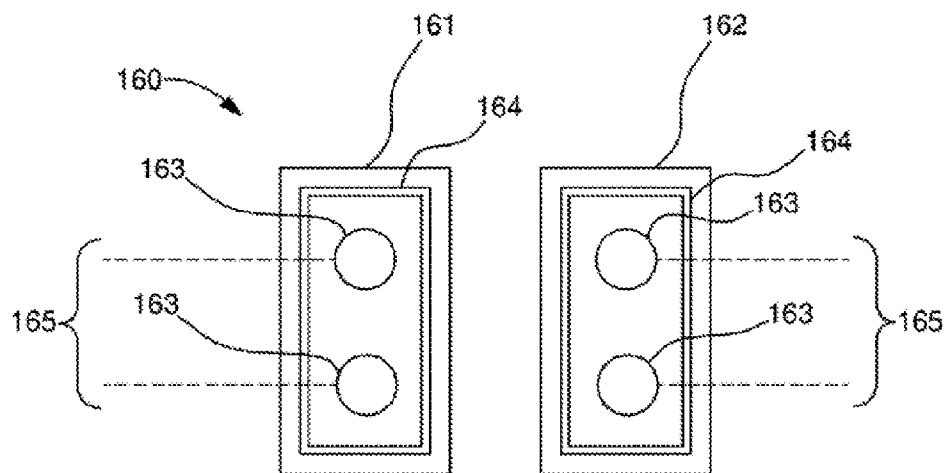


Figura 38

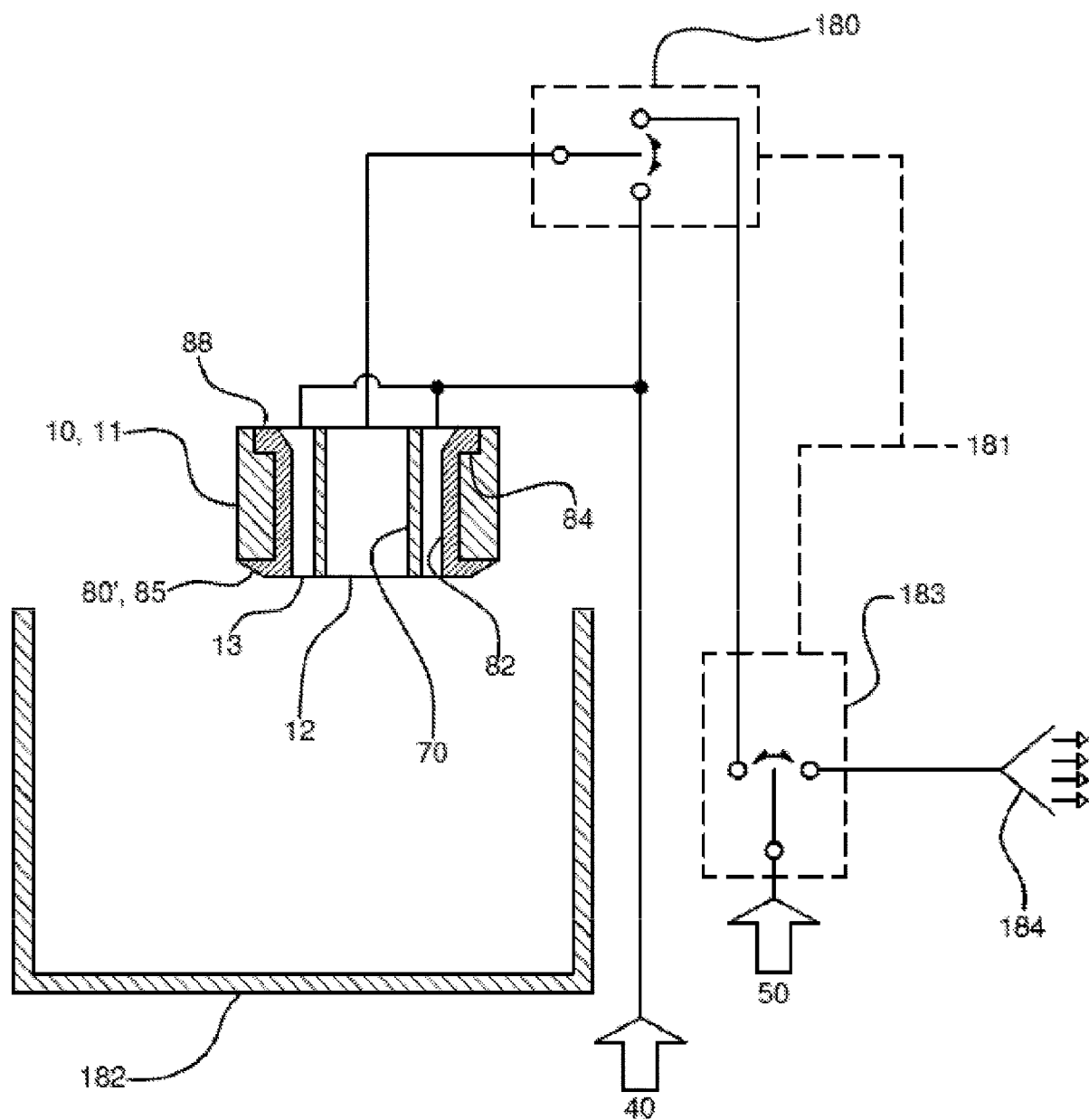


Figura 39

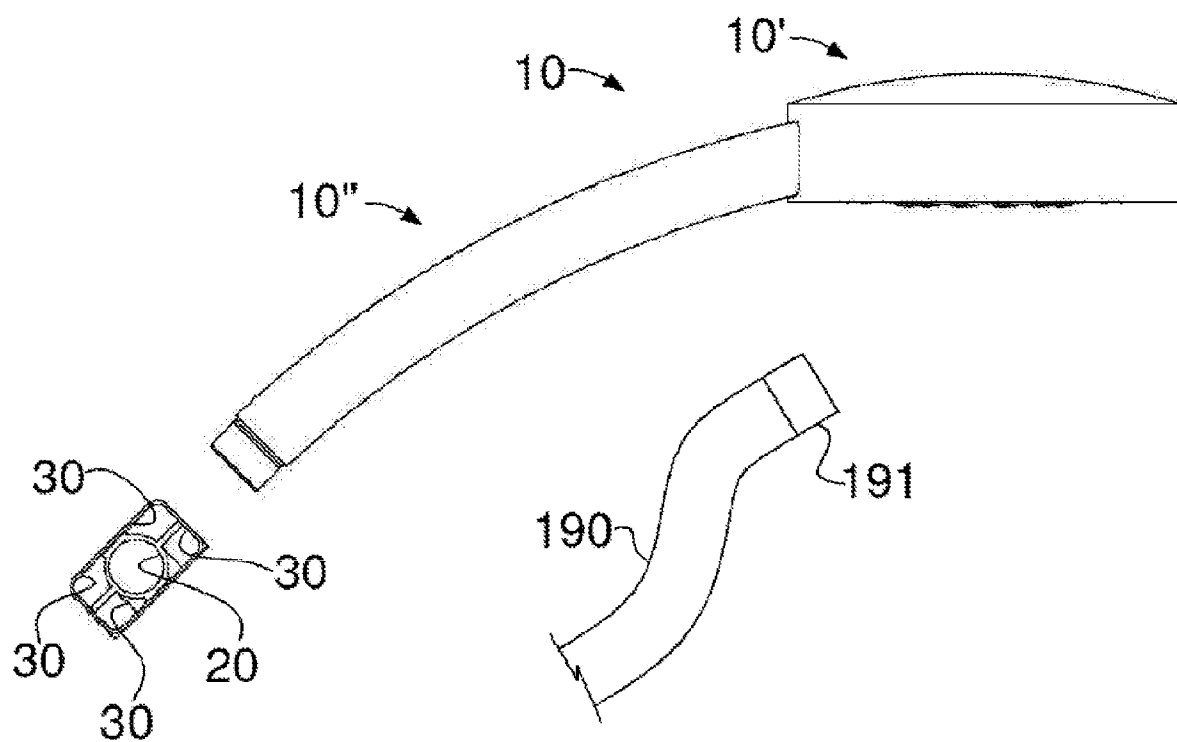


Figura 40

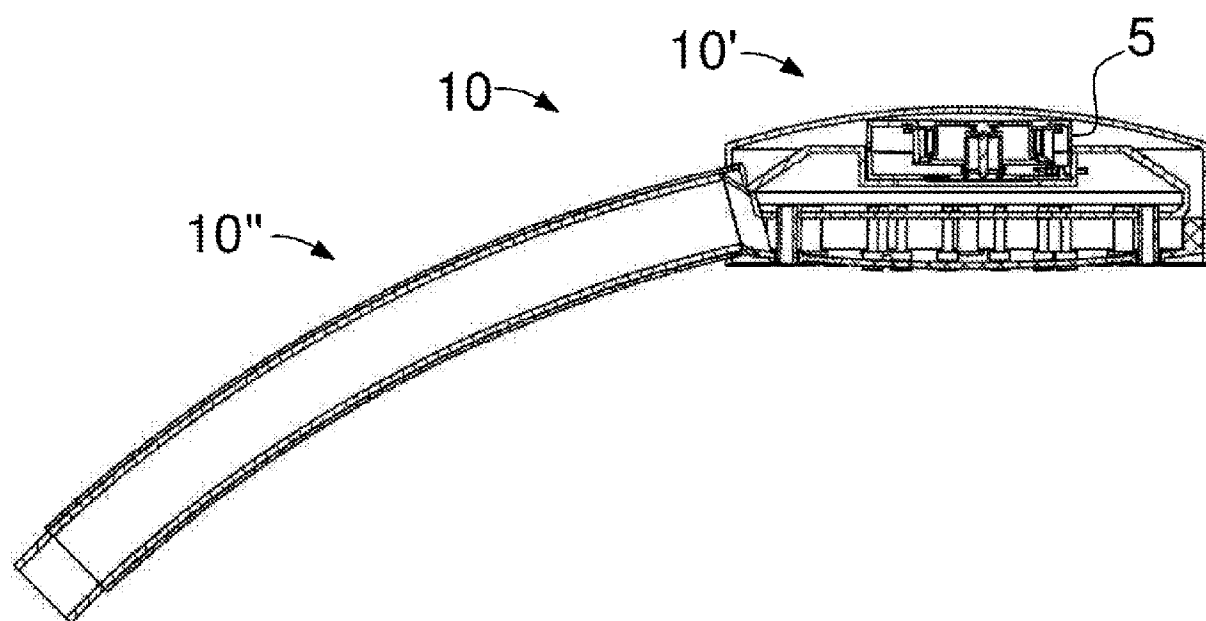


Figura 41

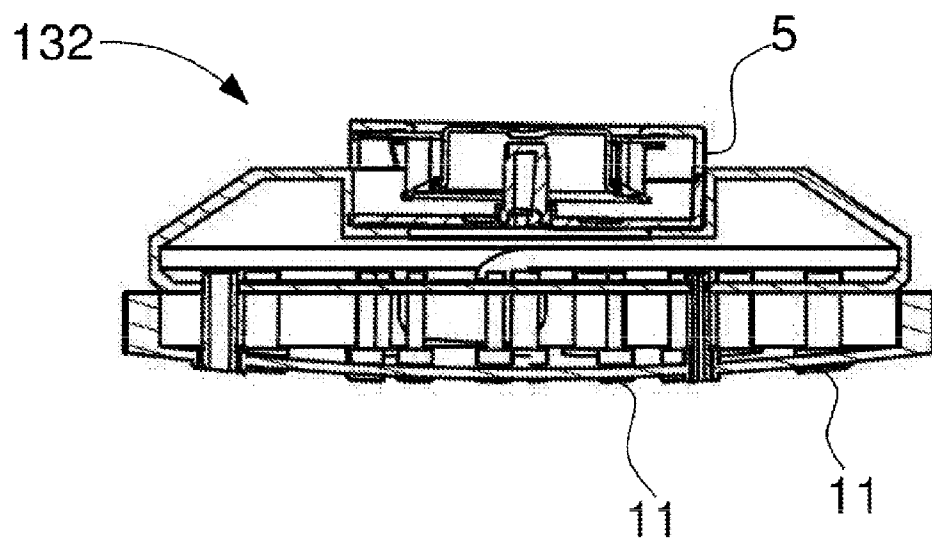
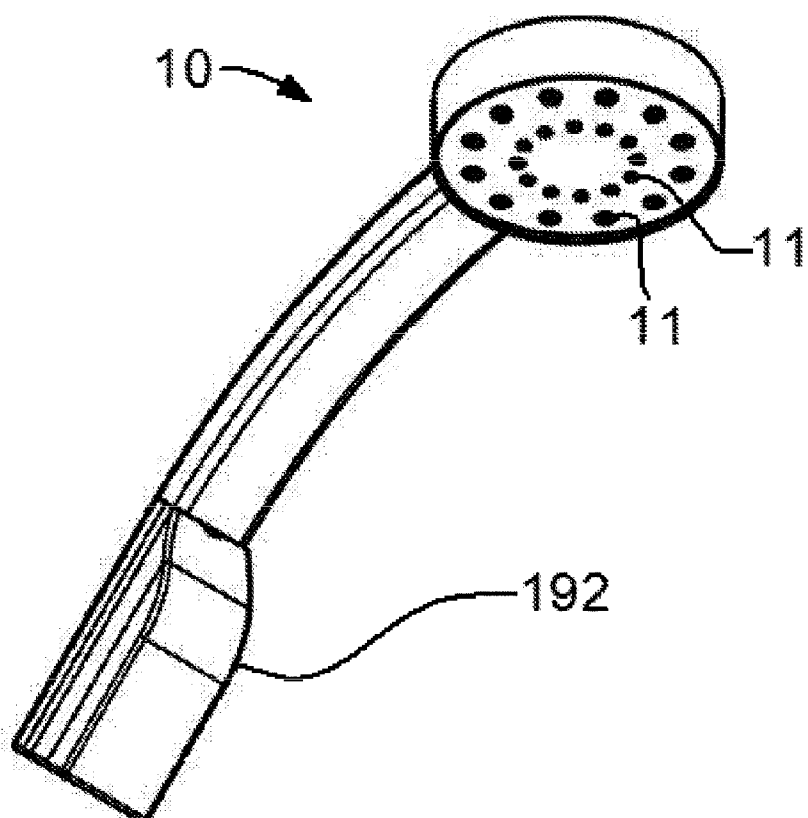


Figura 42

Figura 43



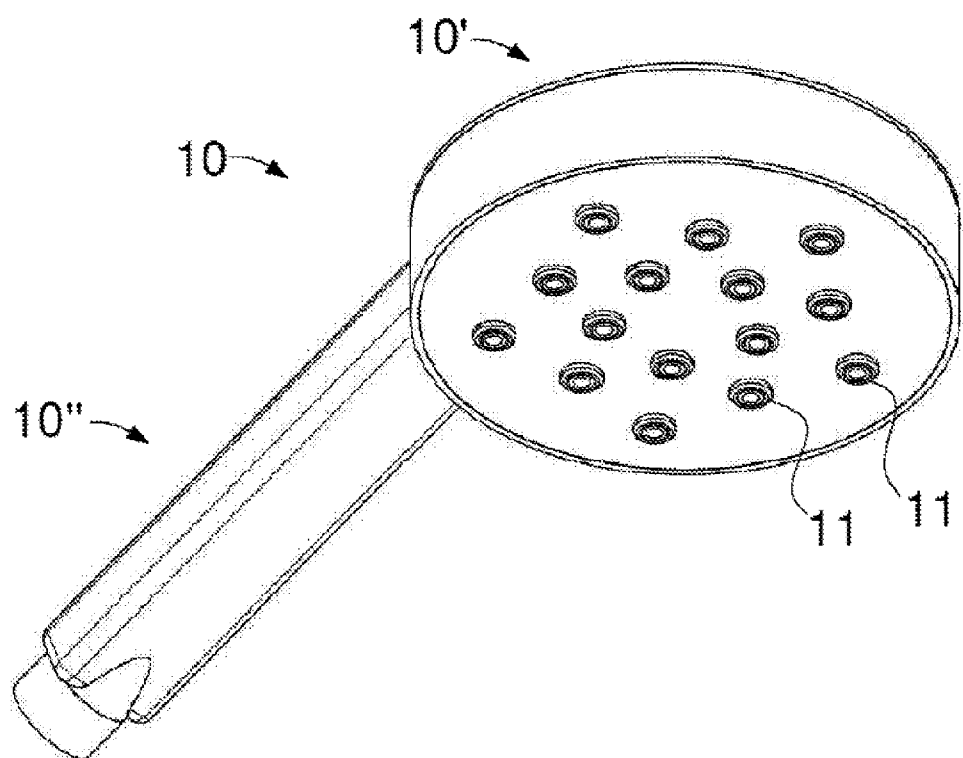


Figura 44

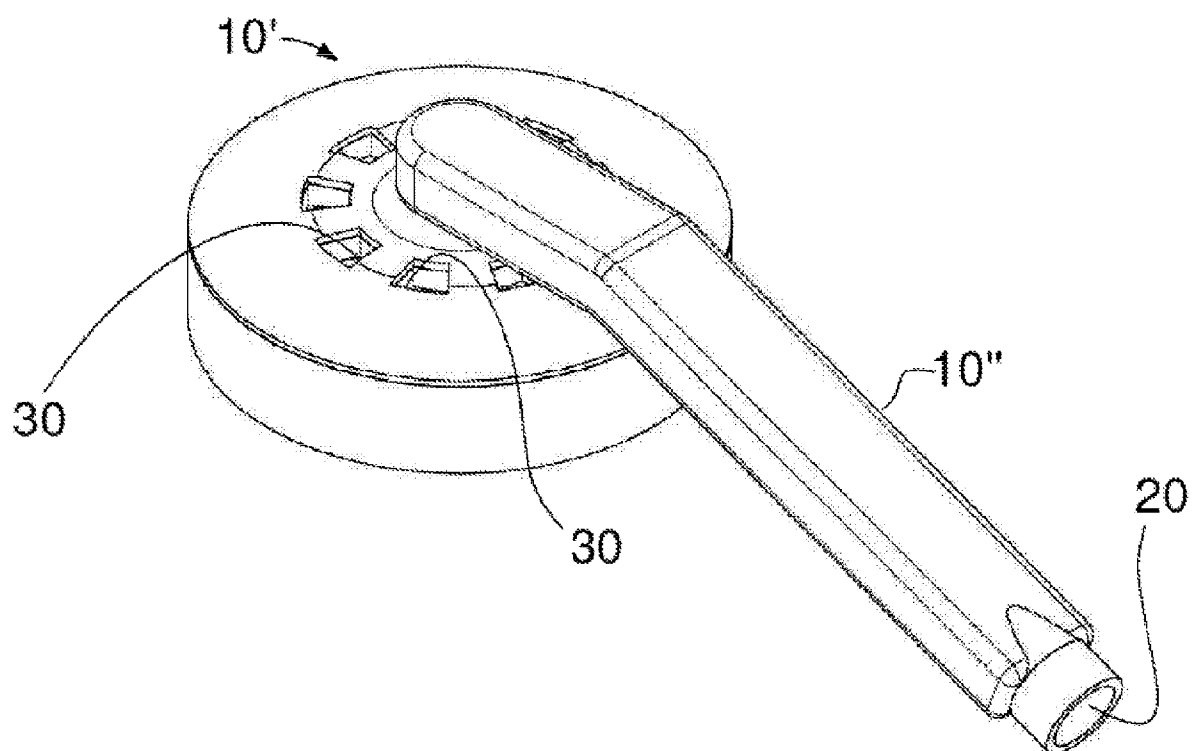


Figura 45

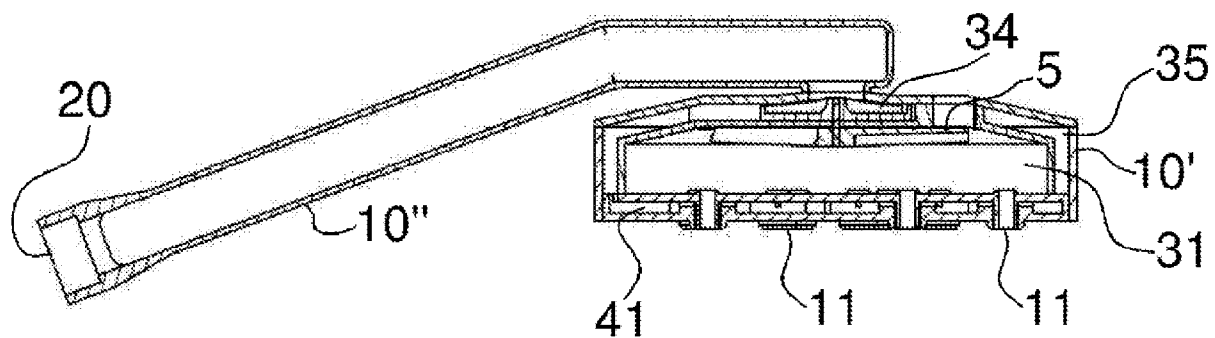


Figura 46

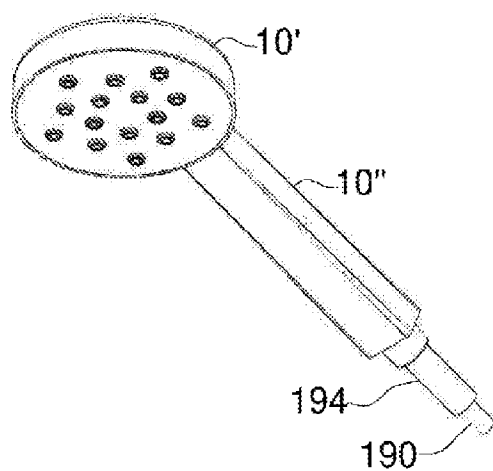


Figura 47

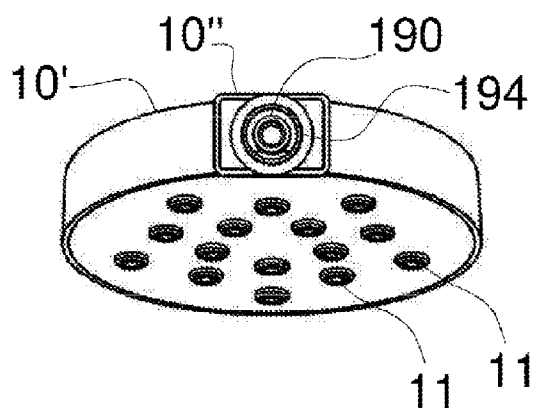


Figura 48

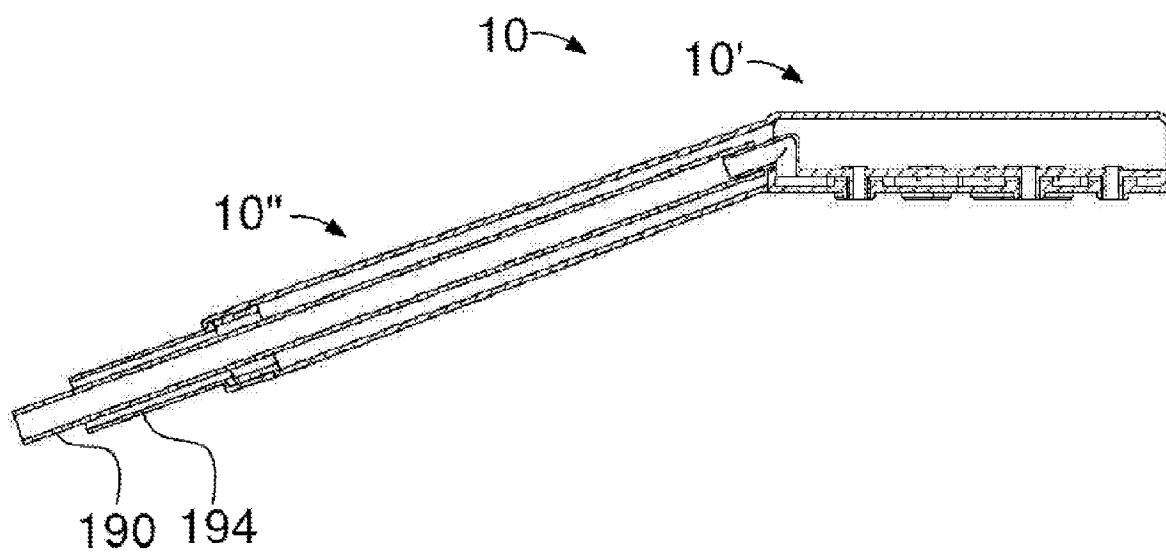


Figura 49

Figura 50

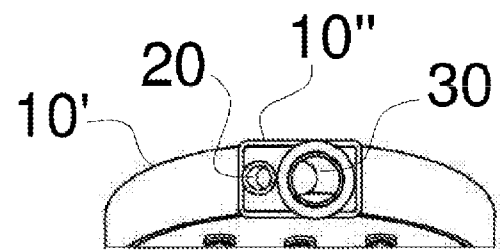
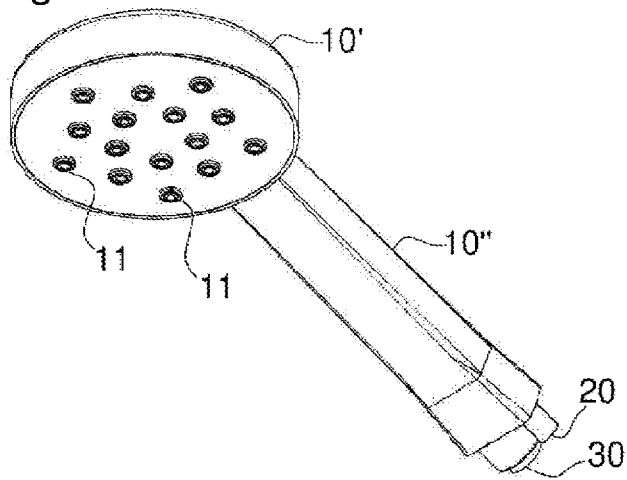


Figura 52

Figura 51

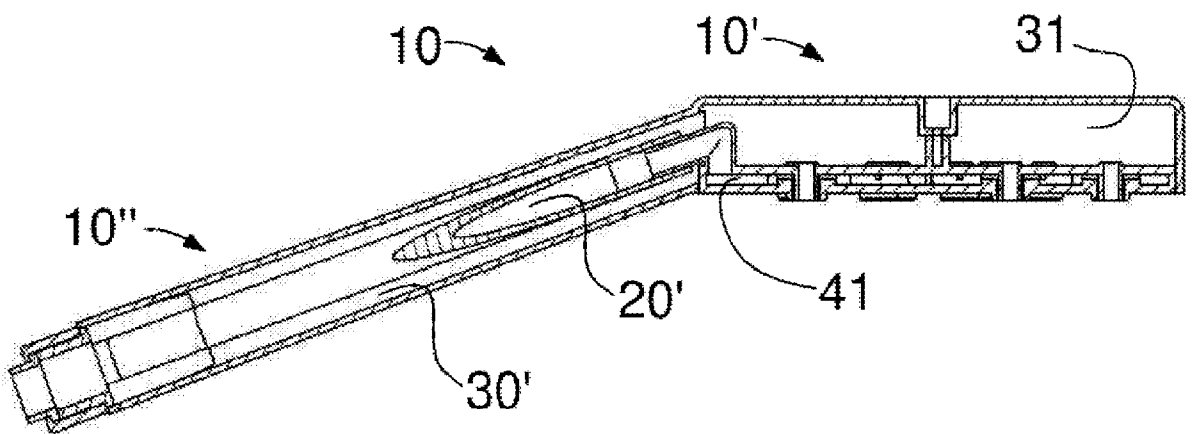
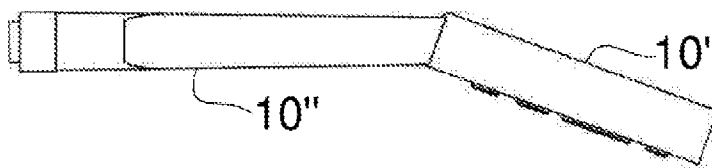


Figura 53