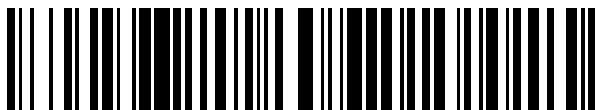




OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 663 879**

⑮ Int. Cl.:

**B05B 17/06** (2006.01)  
**A61M 11/00** (2006.01)  
**A61M 15/02** (2006.01)  
**A61F 9/00** (2006.01)

⑫

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑯ Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.04.2013 PCT/US2013/037326**

⑯ Fecha y número de publicación internacional: **24.10.2013 WO13158967**

⑯ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2013 E 13724433 (1)**

⑯ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2018 EP 2838669**

### ⑮ Título: Dispositivo eyector de pulverización y métodos de uso

⑯ Prioridad:

**20.04.2012 US 201261636559 P**  
**20.04.2012 US 201261636565 P**  
**04.05.2012 US 201261643150 P**  
**05.11.2012 US 201261722611 P**  
**05.11.2012 US 201261722616 P**

⑯ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.04.2018**

⑯ Titular/es:

**EYENOVIA, INC. (100.0%)**  
2711 Centerville Road Suite 400  
Wilmington, Delaware 19808, US

⑯ Inventor/es:

**WILKERSON, JONATHAN RYAN;**  
**LYNCH, LYAM;**  
**BROWN, JOSHUA RICHARD;**  
**LEATH, JAMES THORNHILL;**  
**FAULKS, NATHAN;**  
**GRUBE, KRIS;**  
**DITROLIO, MATTHEW;**  
**HUNTER, CHARLES ERIC;**  
**GERMINARIO, LOUIS THOMAS y**  
**CLEMENTS, J. SID**

⑯ Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 663 879 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

Dispositivo eyector de pulverización y métodos de uso

Campo de la divulgación

5 La presente divulgación se refiere a dispositivos eyectores, y a métodos de fabricación de dispositivos eyectores. En particular, se refiere a dispositivos y métodos para eyectar neblinas o pulverizaciones de microgotas.

Antecedente de la invención

10 El uso de dispositivos de pulverización para administrar productos en forma de neblinas o pulverizaciones es un área con gran potencial para productos seguros y fáciles de utilizar. Un desafío importante al proporcionar dicho dispositivo es proporcionar una administración consistente y precisa de las dosis adecuadas y evitar la contaminación del producto que se suministra.

15 Un área importante donde se necesitan dispositivos de pulverización es la administración de medicamentos para los ojos. La aplicación de fluidos, como en el caso de las gotas oftálmicas, siempre ha planteado un problema, especialmente para niños y animales, que tienden a parpadear o sacudir en el momento crítico de la administración, provocando que la gota caiga sobre el párpado, la nariz u otra parte de la cara. El impacto de una gran gota o gotas de fluido en el globo ocular, especialmente cuando el fluido está a una temperatura diferente, también tiende a producir una reacción parpadeante. Los ancianos también a menudo pierden la coordinación de la mano necesaria para obtener las gotas oculares en sus ojos. Las víctimas de accidente cerebrovascular tienen dificultades similares. Actualmente, muchos de estos medicamentos se administran utilizando gotero, que a menudo requieren que la cabeza se incline hacia atrás, el sujeto se recueste o que proporcione tracción hacia abajo en el párpado inferior o una combinación de tracción e inclinación, ya que el mecanismo de administración típicamente depende de la gravedad para aplicar el medicamento. Esto no solo es incómodo, sino que implica una buena cantidad de coordinación, flexibilidad y cooperación por parte del sujeto para garantizar que el medicamento entre en contacto con el ojo y evite hurgarlo con la punta del gotero. En las botellas con gotero actuales, la punta del aplicador apuntado presenta el riesgo de hurgar al usuario en el ojo, lo que puede causar daños físicos en el ojo y, además, exponer la punta a contaminación bacteriana debido al contacto con el ojo. Como tal, el sujeto corre el riesgo de contaminar el medicamento en el frasco gotero y, posteriormente, infectar el ojo. Además, un gran volumen del medicamento fluye fuera del ojo o es arrastrado por el reflejo de lagrima. Como resultado, este método de administración también es impreciso y derrchorador. Además, el gotero no proporciona una forma satisfactoria de controlar la cantidad de medicamento que se suministra, ni proporciona una manera de garantizar que el medicamento que se suministra realmente caiga en el ojo y permanezca en el ojo.

20 30 Los goteros tampoco proporcionan alguna forma de verificar el cumplimiento por parte de un sujeto. Incluso si después de una semana de uso, el frasco gotero podría controlarse para ver el volumen total de medicamento suministrado, por ejemplo, al pesar la botella, esto no proporciona un registro del cumplimiento diario. Un sujeto puede haber omitido una o más dosis y una sobredosis en otras ocasiones. Además, la poca precisión con la que los goteros proporcionan gotas en el ojo dificulta determinar si el medicamento se ha administrado realmente en el ojo, aunque haya sido suministrado.

35 40 La capacidad de los sistemas piezoelectrónicos de generación de gotas para eyectar fluido convencionalmente ha estado limitada en gran medida por las propiedades del material piezoelectrónico de la cerámica empleada. Durante muchos años, se ha buscado un sistema de material piezoelectrónico alternativo sin plomo con propiedades comparables a los sistemas basados en plomo para cumplir con las regulaciones mundiales. Este sistema material aún no se ha presentado. Por lo tanto, es altamente deseable un diseño de sistema eyector que minimice la dependencia de las propiedades del material piezoelectrónico para permitir una inyección comparable con características inferiores de material.

45 De acuerdo con lo anterior, subsiste la necesidad de un dispositivo de suministro que proporcione dosis seguras, adecuadas y repetibles a un sujeto para uso oftálmico, tópico, oral, nasal o pulmonar.

50 El documento FR 2 934 128 A1 divulga un dispositivo de pulverización para pulverizar líquido tal como perfume sobre el cuerpo de una persona. El dispositivo tiene un conjunto de depósitos que contienen los respectivos líquidos a pulverizar y un disco de pulverización. Un elemento piezoelectrónico transmite ondas de presión a los líquidos. Las rutas de suministro están asociadas respectivamente a los depósitos para transportar los líquidos al disco, en el que las rutas conducen a una zona de pulverización común en la que está situado el disco. Las cámaras de pulverización se comunican respectivamente con los depósitos, donde las cámaras están adyacentes a las partes respectivas del disco. Cada una de las porciones del disco incluye agujeros de pulverización. Este documento divulga un dispositivo eyector de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. Las necesidades anteriores se satisfacen mediante un dispositivo

eyector como se define en la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas de la invención se establecen en las reivindicaciones dependientes.

A este respecto, una consideración importante de acuerdo con la presente divulgación no es solo poder administrar la medicación de una manera más fácil de utilizar, por ejemplo, pulverizando una neblina horizontalmente en la superficie que se va a tratar, pero también para asegurar que la medicación se suministre de forma consistente al eyector o mecanismo de administración en cualquier orientación. En algunas implementaciones, el dispositivo eyector es capaz de eyectar un corriente de gotas cuando el dispositivo eyector está inclinado, incluso si está inclinado 180 grados boca abajo. La placa de carga de fluido puede comprender un dispositivo de suministro de fluido de placa capilar para suministrar fluido desde un depósito a un mecanismo eyector de un dispositivo eyector, y métodos de uso para administrar dosis de fluidos seguros, adecuados y repetibles a un sujeto para uso oftálmico, tópico, oral, nasal o pulmonar. La placa capilar puede comprender una interfaz de depósito de fluido, una interfaz de mecanismo de eyector y uno o más canales de fluido para canalizar fluido al mecanismo de eyector por uno o más mecanismos, incluida la acción capilar.

En otras realizaciones, la placa de carga de fluido puede comprender un sistema de suministro de fluido de placa de punción para suministrar fluido desde un depósito a un mecanismo eyector de un dispositivo eyector. El sistema de suministro de fluido de placa de punción, también denominado sistema de suministro de fluido de placa capilar/punción, puede incluir una porción de placa capilar que comprende un área de retención de fluido entre el sistema de suministro de fluido de placa capilar/punción y una superficie posterior de un mecanismo eyector para canalizar fluido al mecanismo eyector por uno o más mecanismos, incluida la acción capilar, y al menos una aguja de punción hueca para transferir fluido desde un depósito hasta el área de retención de fluido.

En determinados aspectos, el sistema de suministro de fluido de placa de punción puede incluir una primera y una segunda porción de acoplamiento, en donde un depósito está unido en comunicación de fluido a la segunda porción de acoplamiento, la segunda porción de acoplamiento incluye un sello perforable. La primera porción de acoplamiento puede formar un receptáculo para la segunda porción de acoplamiento, y puede incluir al menos una aguja de punción hueca para perforar el sello perforable. La primera porción de acoplamiento y por lo menos una aguja de perforación pueden estar formadas integralmente. El cierre hermético perforable incluido en la segunda porción de acoplamiento puede comprender una silicona autosellante.

El depósito, también denominado aquí ampolla, puede comprender un recipiente plegable y flexible. El depósito puede comprender un recipiente y una tapa en la que el depósito está configurado de manera que la tapa y el recipiente forman un volumen capaz de contener un fluido. El depósito puede estar configurado para ser parcialmente plegado (a nivel del mar) y capaz de expandirse para acomodar la expansión del gas dentro del volumen y evitar fugas.

El mecanismo eyector puede comprender una placa de eyector acoplada a una placa de generador de gotas (a la que se hace referencia aquí simplemente como una placa de generador) y un accionador piezoelectrónico; la placa de generador que incluye una pluralidad de aberturas formadas a través de su espesor, y el accionador piezoelectrónico que puede hacerse funcionar para oscilar la placa eyectora y de ese modo oscilar la placa de generador a una frecuencia para generar una corriente dirigida de gotas. La placa eyectora puede tener una región central abierta alineada con la placa generadora, en la que el actuador piezoelectrónico está acoplado a una región periférica de la placa eyectora para no obstruir la pluralidad de aberturas de la placa generadora. La pluralidad de aberturas de la placa de generador puede estar dispuesta en una región central de la placa de generador que está destapada por el accionador piezoelectrónico y alineada con la región central abierta de la placa eyectora. La geometría tridimensional y la forma de las aberturas, que incluyen el diámetro del orificio y la longitud capilar, y la matriz espacial en la placa del generador pueden controlarse para optimizar la generación de la corriente de gotas dirigida. La placa generadora se puede formar a partir de un material polimérico de alto módulo, por ejemplo, formado a partir de un material seleccionado del grupo que consiste en: polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE), poliimida, poliéster-éter-cetona (PEEK), fluoruro de polivinilideno (PVDF) y polieterimida. El mecanismo eyector puede configurarse para eyectar una corriente de gotas que tienen un diámetro de gota eyectado promedio mayor que 15 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), con la corriente de gotas que tiene un flujo de aire bajo arrastrado de manera que la corriente de gotas se deposita sobre el ojo del sujeto durante el uso.

Las gotas se pueden formar en una distribución de tamaños, que tiene cada distribución un tamaño medio de gota. El tamaño medio de gota puede estar en el intervalo de aproximadamente 15 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) a más de 400 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), por ejemplo, mayor que 20 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) a aproximadamente 400 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), aproximadamente 20 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) a aproximadamente 200 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), aproximadamente 100 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) a aproximadamente 200 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), aproximadamente 20 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) a aproximadamente 80 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), aproximadamente 25 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) a aproximadamente 75 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), aproximadamente 30 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) a aproximadamente 60 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), aproximadamente 35 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) a aproximadamente 55 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), etc. Sin embargo, el tamaño promedio de gota puede ser tan grande como 2500 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), dependiendo de la aplicación prevista. Además, las gotas pueden tener una velocidad inicial promedio de aproximadamente 0.5 m/s a aproximadamente 100 m/s, por ejemplo, de

aproximadamente 0.5 m/s a aproximadamente 20 m/s, de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 10 m/s, de aproximadamente 1 m/s a aproximadamente 5 m/s, de aproximadamente 1 m/s a aproximadamente 4 m/s, aproximadamente a 2 m/s, etc. Como se utiliza en este documento, el tamaño de eyección y la velocidad inicial son el tamaño y la velocidad inicial de las gotas cuando las gotas abandonan la placa de eyección. La corriente de gotas dirigida a un objetivo dará como resultado el depósito de un porcentaje de la masa de las gotas, incluida su composición sobre el objetivo.

5 El mecanismo eyector y la placa de carga de fluido pueden ensamblarse para formar una unidad que define un montaje eyector, el montaje eyector comprende una placa de carga de fluido en comunicación fluida con un mecanismo eyector de manera que la placa de carga de fluido proporciona fluido a la superficie posterior del mecanismo eyector, el mecanismo eyector está configurado para eyectar una corriente de gotas. En ciertas realizaciones, el montaje eyector puede comprender además un depósito en comunicación fluida con la placa de carga de fluido.

10 El dispositivo eyector puede incluir además un sistema de cierre automático, que generalmente reduce la cristalización, la evaporación y el riesgo de contaminación. El sistema de cierre automático puede incluir una placa deslizante activada por el usuario que se acopla herméticamente a una empaque o junta formada para rodear al menos los agujeros en la placa del generador, y que es deslizable entre una posición abierta en la que los agujeros están expuestos y una posición de cierre en la que los agujeros están cubiertos por la placa deslizante. La placa deslizante puede ser desviada hacia su posición cerrada por medio de un resorte. La placa deslizante puede incluir una abertura configurada para coincidir con los agujeros en la placa del generador cuando la placa deslizante está en su posición abierta. Se pueden incluir medios en el sistema de cierre automático para asegurar que la placa deslizante presiona con suficiente presión contra el sello cuando está en la posición cerrada.

15 Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes para un experto en la técnica.

#### Breve descripción de los dibujos

20 La figura 1 es una vista en despiece ordenado tridimensional de las partes mecánicas de una realización de un dispositivo eyector de la divulgación.

25 La figura 2 es una vista frontal de una realización de un dispositivo eyector de la divulgación;

La figura 3 muestra una realización de un depósito de la divulgación;

La figura 4 muestra otra realización de un depósito de la divulgación;

La figura 5 ilustra la variación de la presión atmosférica (p) con la altitud (h);

30 Las figuras 6A a 6D ilustran varias realizaciones de componentes de un depósito de acuerdo con una realización de la divulgación;

La figura 7 ilustra un proceso de forma, llenado y sellado para la generación de depósitos de acuerdo con una realización de la divulgación;

La figura 8 muestra una realización de un depósito, placa de carga de fluido y placa de eyector de acuerdo con un aspecto de la divulgación, que ilustra la dirección de la eyección de gota con respecto al ángulo de actitud.

35 La figura 9 muestra una realización de un aparato de prueba para medir la fuga inducida por presión diferencial en una realización de un depósito, una placa de carga de fluido y un montaje eyector de acuerdo con un aspecto de la divulgación;

40 Las figuras 10A-10E ilustran la expansión del depósito después de una disminución de la presión y una determinación de la presión del punto de fuga para las realizaciones de un depósito, una placa de carga de fluido y un montaje eyector, de acuerdo con aspectos de la divulgación;

La figura 11 ilustra el efecto del volumen  $V_{\text{gas}}$  expresado como un porcentaje de  $V$  ton del valor de presión de fuga diferencial para diferentes realizaciones de un depósito, placa de carga de fluido y montaje eyector de acuerdo con aspectos de la divulgación.

45 La figura 12 ilustra la pérdida de masa de los depósitos (ampollas) a lo largo del tiempo, de acuerdo con un aspecto de la divulgación;

La figura 13 ilustra la dureza de actitud de una realización de la divulgación que tiene un depósito plegable y flexible (ampolla) en comparación con una realización de la divulgación que tiene un depósito duro;

Las figuras 14 A-C muestran una realización de una placa capilar de la divulgación;

5 Las figuras 15A-C muestran una realización de un mecanismo eyector en relación con una realización de una placa capilar de la divulgación;

Las figuras 16A-B ilustran la relación entre la separación de placas y la altura del agua en placas paralelas verticales;

Las figuras 17 A-B muestran una realización de una placa capilar de la divulgación;

La figura 18 muestra el efecto de la frecuencia de resonancia en la deposición de masa de agua con y sin una placa capilar;

10 La figura 19 ilustra que un aumento de altura de agua detrás de una placa eyectora en presencia de una placa capilar conduce a un aumento de efecto de carga de masa a una frecuencia particular;

La figura 20 ilustra el desplazamiento hacia abajo en la frecuencia asociada con una placa capilar utilizada con la administración de diversos fluidos;

La figura 21 ilustra la reducción en la carga de masa para fluidos de densidad y viscosidad crecientes.

15 La figura 22 ilustra la dureza de actitud de un dispositivo eyector que incluye una placa capilar.

La figura 23 muestra los componentes principales de una realización de un montaje eyector que incluye un sistema de placa de punción/capilar con depósito y mecanismo eyector de acuerdo con la divulgación;

Las figuras 24 A-B muestran una vista frontal y posterior tridimensional de los componentes de la figura 23 en forma ensamblada;

20 Las figuras 25 A-B muestran una vista posterior y frontal detallada de una realización de un mecanismo eyector de la divulgación;

La figura 26 es una representación esquemática que describe el flujo de fluido a través de un sistema de placa de punción de la divulgación.

25 La figura 27 es una representación esquemática de un sistema de placa de punción de la divulgación que muestra el efecto Venturi.

La figura 28 ilustra los principios de la ecuación de Bernoulli;

La figura 29 ilustra los principios de la presión hidrostática.

La figura 30 muestra representaciones esquemáticas de diferentes configuraciones de depósito de la divulgación;

La figura 31 muestra representaciones esquemáticas de configuraciones de depósito adicionales de la divulgación;

30 Las figuras 32A-B muestran imágenes tridimensionales y vistas de vista lateral y frontal de dos realizaciones de depósito plegables de la divulgación;

La figura 33 muestra una vista posterior de una realización de un depósito de sellado de llenado por soplado y una placa de perforación de la divulgación;

35 Figs. 34 A-B muestran vistas laterales de dos realizaciones de sistema de placa de depósito de soplado-llenado y sellado de la divulgación;

La figura 35 muestra diferentes realizaciones de depósito de formación-llenado-sellado de la divulgación;

Las figuras 36-37 muestran un aparato y una configuración para determinar la cantidad de presión negativa que ejercen las diferentes configuraciones de depósito cuando extraen fluido;

La figura 38 muestra la masa por pulverización y pulverización total (rendimiento de pulverización descendente) de una realización de depósito desviado no plegado con formación sustancial de pliegues de la divulgación;

La figura 39 muestra la masa por pulverización y pulverización total (rendimiento de pulverización descendente) de diversas realizaciones de depósito de sellado por soplado-llenado de la divulgación;

5 La figura 40 muestra dos series de una masa por pulverización y pulverización total (rendimiento de pulverización descendente) de una realización de depósito de soldadura RW autosellable con desviación LTS/plegada de la divulgación;

La figura 41 muestra el rendimiento de extracción para diseños seleccionados de ampolla LTS redonda de la figura 35.

10 La figura 42 muestra el mecanismo implicado en la pulverización invertida utilizando un depósito redondo LTS.

La figura 43 muestra los resultados de rendimiento de pulverización reales de una realización de depósito LTS pulverizados hacia abajo en un sistema de punción completo al revés de la divulgación;

La figura 44 muestra el rendimiento de pulverización de otra configuración de placa de punción con una realización de una realización de un depósito de bolsa IV de la divulgación.

15 La figura 45 muestra el rendimiento de pulverización de dos configuraciones de placas de punción diferentes con una realización de un depósito de bolsa IV de la divulgación en diferentes orientaciones y con diferentes direcciones de pulverización.

20 La figura 46 muestra el rendimiento de pulverización de una realización de una configuración de placa de punción con una realización de un depósito de bolsa IV de la divulgación en diferentes orientaciones y con diferentes direcciones de pulverización y diferentes opciones de abertura de ventilación de placa de punción;

La figura 47 muestra esquemáticamente la relación entre el efecto capilar y la presión hidrostática del depósito.

La figura 48 muestra la presión capilar para medias gotas de agua de diferentes tamaños;

La figura 49 muestra la presión capilar para medias gotas de diferentes tamaños de latanoprost.

25 La figura 50 muestra la elevación capilar para diversos tipos de fluido que tienen diferentes valores de ángulo de contacto.

La figura 51 muestra el aumento capilar de solución salina en un canal capilar hecho de diferentes tipos de materiales;

Figs. 52-53 muestran niveles de aumento de fluido entre la placa de punción y la placa de eyección para diferentes materiales;

30 La figura 54 muestra una configuración de prueba para comprobar la fuga de fluido del orificio de subida capilar en diferentes lugares de llenado de fluido.

La figura 55A muestra una vista en sección transversal de una realización de un montaje eyector de la presente invención;

La figura 55B muestra una vista tridimensional de una realización de un mecanismo eyector de la presente invención.

35 La figura 55C muestra una vista frontal de una realización de un mecanismo eyector centro-simétrico de la presente invención;

La figura 55D muestra una vista desmantelada de un mecanismo eyector que no hace parte de la presente invención.

La figura 56 muestra la nomenclatura de la convención de numeración de ejes para efectos piezoelectrinos.

La figura 57 muestra los modos de funcionamiento de una región activa de una realización de la placa de generador, e imágenes de oscilación de la placa de generador de microscopía holográfica digital;

La figura 58 ilustra una comparación de eyección de masa para los materiales de actuador piezoelectrónico BaTiO<sub>3</sub> (sin plomo) y PZT utilizando un montaje eyector con un actuador piezoelectrónico montado en el interior de acuerdo con una realización de la divulgación;

5 La figura 59 ilustra una comparación de la eyección de masa para materiales de accionador piezoelectrónico BaTiO<sub>3</sub> (sin plomo) y PZT utilizando un montaje eyector con un accionador piezoelectrónico montado en el borde de acuerdo con otra realización de la divulgación;

La figura 60 muestra una vista transparente tridimensional de un montaje eyector con sistema de cierre automático que no hace parte de la presente invención.

La figura 61 muestra el montaje eyector con sistema de cierre automático de la figura 60 en un estado desmantelado.

10 La figura 62 es una vista lateral en sección de parte del montaje eyector con sistema de cierre automático de la figura 60;

La figura 63 muestra una vista frontal tridimensional de una unidad deslizante del sistema de cierre automático de la figura 60;

La figura 64 muestra una vista posterior tridimensional de la unidad deslizante de la figura 63;

15 La figura 65 es una vista frontal de la unidad de cierre automático de la figura 60 en una posición cerrada.

La figura 66 es una vista lateral en sección de la unidad de cierre automático de la figura 60 en una posición cerrada.

La figura 67 es una vista frontal de la unidad de cierre automático de la figura 60 en una posición abierta.

La figura 68 es una vista lateral en sección de la unidad de cierre automático de la figura 60 en una posición abierta.

20 Figs. 69 A-C muestran imágenes de microscopía óptica de transmisión a lo largo del tiempo de una malla de una placa generadora en la que el sistema no cuenta con una placa capilar, y

Figs. 70 A-C muestran imágenes de microscopía óptica de transmisión a lo largo del tiempo de un tamiz de malla de una placa de generador en la que el sistema estaba provisto de una placa capilar.

#### Descripción detallada

25 La presente solicitud se refiere a dispositivos eyectores para suministrar fluido a una superficie como una corriente de gotas eyectadas

El dispositivo eyector de la presente divulgación puede, por ejemplo, ser útil en la administración de fluido para uso oftálmico, tópico, oral, nasal o pulmonar. Sin embargo, la divulgación no está tan limitada, y puede ser útil con cualquier dispositivo eyector (por ejemplo, dispositivos de impresora, etc.). El dispositivo eyector puede comprender una carcasa, un depósito dispuesto dentro de la carcasa para recibir un volumen de fluido, una placa de carga de fluido y

30 un mecanismo eyector configurado para eyectar una o más corrientes de gotas de un fluido, en el que el depósito está en comunicación fluida con la placa de carga de fluido, que está en comunicación de fluidos con el mecanismo eyector de manera que la placa de carga de fluido proporcione fluido a la superficie posterior de la placa eyectora.

Por lo tanto, la presente divulgación se refiere en general a un dispositivo eyector para eyectar un fluido sobre una superficie, por ejemplo, la eyección de fluido oftálmico sobre el ojo de un paciente. Una realización de los componentes del dispositivo eyector se describirá ampliamente con respecto a la figura 1, después de lo cual se discutirán con mayor detalle algunos de los elementos que componen el dispositivo. Sin embargo, se apreciará que la aplicación no se limita a lo particular las realizaciones descritas en este documento, pero incluyen variaciones y diferentes combinaciones de los elementos que componen el dispositivo eyector.

40 Para los fines de esta solicitud, el fluido incluye, sin limitación, suspensiones o emulsiones que tienen viscosidades en un intervalo capaz de formación de gotas utilizando un mecanismo eyector.

La figura 1 muestra una vista en despiece ordenado de una realización de componentes internos de un dispositivo 100 eyector de la presente divulgación, e incluye un depósito 102, que en esta realización es un depósito flexible fabricado utilizando una técnica de soldadura por RF autosellante. El depósito 102 se coloca en comunicación de fluido con una placa 104 de carga de fluido por medio de un acoplamiento 106 de junta perforable. La placa de carga de fluido suministra el fluido desde el depósito a la cara posterior de un mecanismo 108 eyector mediante acción capilar. El

5 eyector en esta realización comprende un mecanismo eyector piezoelectrónico configurado para generar una corriente controlable de gotas de fluido. Si bien la presente realización describe una placa 104 de carga de fluido, que también se trata con mayor detalle a continuación, pueden adoptarse otras configuraciones para canalizar fluido por acción capilar desde el depósito al mecanismo eyector. Con el fin de limitar la evaporación, la cristalización y la contaminación del fluido, se monta un sistema 110 de cierre automático delante del mecanismo 108 eyector. Un soporte 112 para soportar una carcasa 114 para un LED de focalización está configurado para engancharse sobre la cara frontal del sistema 110 de cierre automático.

10 Como se muestra en la figura 2, en ciertas realizaciones, los componentes mecánicos del dispositivo eyector pueden estar montados dentro de una sección 200 superior extraíble de una carcasa 202, que se acopla con la porción 204 de agarre de mano inferior. La electrónica para controlar la expulsión del fluido y la fuente de potencia puede estar alojada dentro de la porción 204 de agarre inferior de la carcasa 202.

15 El depósito o ampolla 102 para utilizar con el dispositivo 100 eyector puede comprender un depósito flexible, o duro, no flexible. En ciertas realizaciones, el depósito comprende un depósito 102 plegable y flexible dispuesto dentro de la sección 200 superior de la carcasa 202, y contiene o está adaptado para recibir un volumen de fluido. Los diferentes tipos de depósitos flexibles fabricados utilizando diferentes técnicas se contemplan en la presente divulgación, que incluye depósitos de soldadura de auto-sellado, de radiofrecuencia (RF) como se muestra en la figura 1. Alternativamente, se puede utilizar una técnica de sellado por soplado y llenado para formar un depósito de configuración similar como se muestra en la figura 3, o se puede utilizar una técnica de sellado por relleno, para proporcionar un depósito tal como el que se muestra en la figura 4. Como será más claro a partir de la discusión a continuación, la configuración particular del depósito puede variar de una realización a la siguiente. Por ejemplo, la forma de los depósitos de forma-llenado-sellado no está limitada a la mostrada en la figura 4.

20 Con referencia a la figura 5, la presión atmosférica varía con la altitud. Específicamente, a medida que aumenta la altitud, la presión disminuye. De acuerdo con la Ley de Boyle, el volumen de un gas aumenta a medida que disminuye la presión. De manera similar, la Ley de Charles establece que a medida que la temperatura aumenta, también lo hace el volumen de un gas. Por el contrario, los líquidos generalmente tienen pequeños cambios en el volumen en respuesta a los cambios de presión y temperatura, siendo el agua una excepción notable que se expande cuando se enfria de 4°C a 0°C. Así, mientras que un líquido en un depósito cambiará poco cuando cambien las condiciones de presión y temperatura, se debe diseñar un depósito que tenga un volumen de líquido y también un volumen de gas para acomodar las disminuciones de presión y los aumentos de temperatura. En muchos casos, la mayor preocupación surge de los cambios en la presión, que causan importantes cambios de volumen en el gas. Los cambios en la altitud son una causa común de cambios en la presión y, por lo tanto, en el volumen de gases.

25 Sin pretender estar limitado por la teoría, se puede determinar un cambio en la presión atmosférica debido a los cambios en la altitud de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$p = p_0 \cdot \left(1 - \frac{L \cdot h}{T_0}\right)^{\frac{g \cdot M}{R \cdot L}},$$

30 35 en el que

Parámetro	Descripción	Valor
$p_0$	Presión atmosférica estándar a nivel del mar	101325 Pascal (Pa)
$L$	Índice de lapso de temperatura	0.0065 °Kelvin (K)/metros (m)
$T_0$	Temperatura estándar a nivel del mar	288.15 °K
$g$	Aceleración gravitacional de la superficie terrestre	9.80665 m/ seg (s)
$M$	Masa molar de aire seco	0.0289644 kg/mol
$R$	Constante de gas universal	8.31447 Joule (J)/(mol °K)

Una ampolla o depósito, o un dispositivo que contiene la ampolla o depósito pueden, de acuerdo con la descripción, ser transportados en un avión o a una ubicación geográfica muy por encima del nivel del mar. Como se discutió, tales cambios pueden conducir a diferenciales de presión desde el nivel del mar que pueden conducir a fugas desde los

agujeros de un dispositivo eyector. Por ejemplo, las cabinas en un avión se pueden presurizar para altitudes de 6000 pies a 8000 pies. El diferencial de presión correspondiente desde el nivel del mar es de 20 a 29 kPa, respectivamente. Las ampollas que no son capaces de acomodarse a este diferencial de presión al expandirse a menudo provocan la acumulación de presión dentro de la ampolla y la consiguiente fuga de líquido desde el dispositivo. Como se utiliza en

5 el presente documento, "presión ambiente" se refiere a la presión de aire a la que está expuesto el depósito, ampolla o el dispositivo que tiene un depósito o ampolla. Como se utiliza en el presente documento, "presión diferencial" se refiere a la diferencia de presión de aire entre la presión ambiente y la presión de aire estándar a nivel del mar (101325 Pascal (Pa)). Por lo tanto, la presión reducida tal como se encuentra en un plano es la presión ambiente y la diferencia de presión es la diferencia entre la presión ambiente y la presión estándar a nivel del mar (por ejemplo, 10 aproximadamente 20 kPa a 6000 pies). Del mismo modo, el diferencial de presión a una altitud sobre el nivel del mar 10 es la diferencia entre la presión estándar a nivel del mar (101325 Pascal (Pa)) y la presión ambiental a esa altitud.

En otras realizaciones, el depósito o ampolla puede ser un depósito duro diseñado para acomodar la expansión de cualquier gas en el mismo. En algunas realizaciones, la expansión puede suprimirse proporcionando un recinto presurizado. En otras realizaciones, la fuga puede suprimirse sellando cualquier orificio presente en el depósito.

15 Con referencia a las figuras 6A a 6D, en ciertas realizaciones, el depósito (en este caso un depósito de forma-llenado sellado) puede comprender una ampolla que tiene tres componentes, una tapa 601, un recipiente 602, y opcionalmente un anillo 603 de refuerzo. En algunas realizaciones, la tapa 601 está sellada al recipiente 602 para formar un recipiente impermeable cerrado. En una realización, la combinación impermeable sellada de la tapa 601 y el recipiente 602 proporciona el almacenamiento del líquido. En otras realizaciones, el recipiente 602 forma un depósito flexible que 20 puede acomodar la expansión de un gas contenido y atrapado por el depósito. En otras realizaciones, el depósito puede estar formado de materiales no flexibles para formar un depósito rígido.

25 En algunos aspectos de acuerdo con la presente divulgación, la ampolla o depósito puede ensamblarse a partir de componentes múltiples de modo que las propiedades de la tapa 601, el recipiente 602 y el anillo 603 de refuerzo se puedan adaptar de acuerdo con las necesidades de la aplicación del dispositivo. En otras realizaciones, el recipiente 602 y el anillo 603 de refuerzo se pueden formar juntos, y se puede aplicar una tapa 601 después de la adición de un fluido deseado. En una realización, la combinación impermeable sellada de la tapa 601 y el recipiente 602 se puede formar por separado. En ciertas realizaciones, la tapa 601 puede ser perforable.

30 En ciertas realizaciones, la forma y el tamaño de la ampolla o depósito pueden seleccionarse de acuerdo con las necesidades del uso previsto. En un ejemplo no limitante, una persona necesitada puede requerir un fluido para uso oftálmico durante un tiempo de tratamiento corto y, por lo tanto, puede requerir menos dosis. Cuando se indiquen pocas dosis, la forma y el tamaño de la ampolla se pueden escalar de forma adecuada para evitar el desperdicio innecesario. En otros aspectos, se pueden indicar grandes volúmenes donde se requiere el fluido durante un largo período de tiempo, o puede requerir múltiples dosis diarias.

35 El volumen 610 puede controlarse variando la profundidad 607, el diámetro 604 y la forma 609. En algunos aspectos, por ejemplo, para uso pulmonar, el diámetro 604 puede tener más de 1 cm de diámetro. En otro aspecto, el diámetro puede ser de 1.5 cm. En una realización adicional, el diámetro puede ser de 1 a 3 cm. En otra realización, el diámetro 40 puede estar entre 1 y 4 cm, o 1 y 5 cm. En otras realizaciones, el diámetro 604 puede ser de 3 cm o más, 4 cm o más, 5 cm o más, 6 cm o más, o 7 cm o más. En otras realizaciones, el diámetro puede configurarse para un dispositivo, por ejemplo, para aplicaciones oftálmicas. Por ejemplo, el diámetro 604 puede ser de 20 mm o menos. En otras realizaciones, el diámetro 604 puede ser de 19 mm o menos. En otra realización, el diámetro 604 puede ser de 18 mm o menos. En otra realización más, el diámetro 604 puede ser de 17 mm o menos. En una realización, el diámetro 604 puede ser de 16 mm o menos. En otras realizaciones de la presente divulgación, el diámetro 604 puede ser de 18 a 45 19 mm. En otra realización, el diámetro puede ser de 15 a 20 mm, de 16 a 20 mm, de 17 a 20 mm, de 18 a 20 mm o de 19 a 20 mm. En otras formas de realización, el diámetro 604 puede ser de 15 a 19 mm, de 16 a 19 mm, de 17 a 19 mm o de 18 a 19 mm.

50 En determinadas realizaciones de acuerdo con la presente divulgación, la forma 609 de la ampolla puede modificarse para aumentar o disminuir el volumen a la vista del diámetro 604. En algunas realizaciones, la forma 609 puede configurarse de manera que el diámetro disminuya hacia el extremo cerrado del recipiente a lo largo de la profundidad 607. En ciertos aspectos, el diámetro decreciente puede proporcionar la eliminación de un molde. El diseño y la fabricación de moldes para formar ampollas de acuerdo con la presente invención que tienen un recipiente 602 son conocidos en la técnica.

55 En determinadas realizaciones de la presente divulgación, la ampolla puede comprender un anillo 603 de refuerzo configurado para añadir estabilidad al recipiente 602. En algunas realizaciones, el recipiente 602 puede ser flexible y un anillo 603 de refuerzo puede proporcionar la conexión a los dispositivos o carcasas de acuerdo con la presente divulgación. El grosor 606 y el diámetro 605 se pueden determinar basándose en el diámetro 604 del recipiente 602 conformado. En un aspecto, el espesor 606 puede determinarse de acuerdo con el material del anillo 603 de refuerzo.

La combinación sellada de tapa 601 y el recipiente 602 y anillo de refuerzo opcional forman una ampolla adecuada para sostener y almacenar un fluido para uso oftálmico, tópico, oral, nasal o pulmonar hasta la inserción de la ampolla en un dispositivo eyector o carcasa del dispositivo eyector. En algunas realizaciones, la ampolla sellada puede ser adecuada para el almacenamiento a corto plazo de un fluido para uso oftálmico, tópico, oral, nasal o pulmonar. En otras realizaciones, la ampolla sellada puede ser adecuada para el almacenamiento a largo plazo de un fluido para uso oftálmico, tópico, oral, nasal o pulmonar.

5 En ciertas implementaciones, la ampolla que contiene fluido sellado puede almacenarse sin pérdida o degradación del fluido durante 1 semana. En otras realizaciones, la ampolla sellada puede almacenarse durante más de 1 semana. En algunas realizaciones, la ampolla sellada puede ser adecuada para el almacenamiento a corto plazo que incluye 2 semanas, 3 semanas o un mes. En cierta implementación, la ampolla sellada puede almacenarse durante un mes.

10 En determinadas implementaciones, la ampolla que contiene fluido sellado puede almacenarse durante períodos más largos sin pérdida o degradación significativas. En otras realizaciones, la ampolla que contiene fluido sellado puede almacenarse durante más de un mes. En otras realizaciones, la ampolla sellada puede almacenarse durante más de dos meses. En algunas realizaciones, la ampolla sellada puede ser adecuada para un almacenamiento a largo plazo que incluye tres meses, cuatro meses o más. En ciertas implementaciones, la ampolla sellada puede almacenarse durante 5 meses. En otras realizaciones, la ampolla sellada puede almacenarse durante 6 meses. En algunas realizaciones, la ampolla sellada puede ser adecuada para un almacenamiento a largo plazo que incluye 7 meses, 8 meses o más. En ciertas implementaciones, la ampolla sellada puede almacenarse durante 9 meses. En ciertas implementaciones, la ampolla sellada puede almacenarse durante 10 meses. En otras realizaciones, la ampolla sellada puede almacenarse durante 11 meses. En algunas realizaciones, la ampolla sellada puede ser adecuada para un almacenamiento a largo plazo que incluye 12 meses o más. En ciertas implementaciones, la ampolla sellada puede almacenarse durante 1.5 años. En aún otras implementaciones, la ampolla sellada llena de fluido puede almacenarse durante más de 1.5 años.

15 25 La tapa 601, el recipiente 602 y el anillo 603 de refuerzo se pueden formar a partir de cualquier material adecuado para su uso en la aplicación prevista. A modo de ejemplo, en aplicaciones oftálmicas, puede utilizarse cualquier material adecuado para su uso en aplicaciones oftálmicas farmacéuticas, tales como materiales poliméricos que no reaccionan químicamente ni adsorben los fluidos que van a administrarse. En otros aspectos, las superficies de la tapa 601, el recipiente 602 y el anillo 603 de rigidez que están expuestos al fluido que se va a suministrar se pueden formar a partir de materiales que proporcionan las propiedades de superficie deseadas, que incluyen, por ejemplo, hidrofobicidad, hidrofilicidad, falta de reactividad, estabilidad, etc. Los ejemplos de materiales adecuados para la tapa 601 y el recipiente 602 incluyen materiales presentados en, pero no limitados por, la Tabla 1.

30 Tabla 1: Ejemplo de materiales de recipiente y tapado

Fabricante	Nombre del producto	Descripción
Sealed Air	Nexcel Latitude ML29xxC	Película coextrudida a base de PE
Sealed Air	Nexcel M2930	
Sealed Air	Nexcel MF513 clear	Película Barrier Medical con barrera de oxígeno
Rollprint	Triad "C"	Extrusión de compuesto de poliéster laminado, polietileno, lámina de aluminio y sellante de poliolefina modificado
Alcan Packaging Pharmaceutical Packaging Inc.	Laminado de Bolsa Código de producto 92036	Compuesto coextrudido de barrera alta de PET, adhesivo, aluminio, polietileno
Texas Technologies	SV-300X	3 mil (76.2 mm) nylon, EVOH, poli coex
SAFC Biosciences	Bioeaze	Película de acetato de vinil etilo

Winpak	DF15YG2	Basado en lámina de Al desprendible (Al/PE)
Winpak	WCS100	Laminado de empaque flexible compuesto de PET, Al LDPE, y coex

En algunas realizaciones de acuerdo con la presente divulgación, el material para el recipiente 602 se puede seleccionar para propiedades consistentes con un dispositivo médico aprobado por la FDA. Los materiales se pueden seleccionar mediante métodos y criterios conocidos en la técnica, por ejemplo, ISO 10993 5, Evaluación Biológica de

5 Dispositivos Médicos - Parte 5, Farmacopea US 32, Pruebas de Reactividad Biológica, in vitro; ISO 13485, Sistema de Gestión de Calidad de Dispositivos Médicos; e ISO 17025, Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Pruebas y Calibración. Por ejemplo, el recipiente 602 puede ser una película no citotóxica tal como ML29xxC disponible de Sealed Air.

10 De acuerdo con la presente descripción, el material para el recipiente 602 puede ser un polímero. En ciertas realizaciones, el polímero puede ser un polímero estratificado. En otras realizaciones, el polímero puede ser una película formadora coextruida. En ciertas realizaciones, el polímero puede ser un polímero para uso en dispositivos médicos. En un ejemplo de acuerdo con la presente divulgación, la película puede ser una película formadora coextruida a base de polietileno. En ciertas realizaciones, el polímero puede esterilizarse. En un aspecto, la película 15 se puede seleccionar de acuerdo con su capacidad para unirse a otras películas. En un ejemplo, la otra película puede ser Tyvek u otro material médico recubierto. En un aspecto, la película puede ser clara u opaca. En otro aspecto, la película puede ser resistente a los pinchazos. En otro aspecto más, la película puede ser resistente a la reducción de calibrado.

20 En un aspecto, la película se puede formar. Las películas formables de acuerdo con la presente descripción se pueden seleccionar de acuerdo con los requisitos de la solicitud. En ciertos aspectos, la película se puede seleccionar basándose en uno o más de los siguientes criterios: espesor, módulo de Young, alargamiento, resistencia a la tracción, fuerza de punción, rasgado y neblina. En ciertos aspectos, la flexibilidad de la película puede proporcionar una ampolla plegable. En un aspecto, la ampolla plegable puede proporcionar la eliminación de fugas tras cambios de presión atmosférica.

25 Los ejemplos de películas compatibles con dispositivos y métodos de la presente divulgación incluyen películas proporcionadas en la Tabla 2. De acuerdo con la presente descripción, películas similares pueden seleccionarse basándose en las propiedades deseadas de espesor, módulo de Young (MD), alargamiento (MD), resistencia a la tracción (MD), perforación, rasgado y neblina.

Tabla 2: Ejemplo de películas de la presente divulgación

Películas Médicas Sealed Air Nexcel®: Latitude ML29xxC								
	Unidad	ASTM	30C	45C	60C	70C	80C	10C
Espesor*	Micrómetros (μm)		75	112.5	150	175	200	250
Módulo de Young's (MD)	kg/cm <sup>2</sup>	D882	4967	5059	4995	5002	5016	5023
Alargamiento (MD)	%	D882	280	340	350	345	374	406
Resistencia a la tracción (MD)	kg/cm <sup>2</sup>	D882	375	332	329	335	315	296
Perforación	N	F1306	13.26	19.39	24.24	28.02	31.70	38.99
Rasgado	g	D1004	718	1020	1360	1610	1817	2262
Neblina	%	D1003	12	16	22	31	33	43

- De acuerdo con algunas implementaciones, la tapa 601, el recipiente 602 y el anillo 603 de refuerzo pueden estar formados por materiales adecuados para la esterilización. En algunos aspectos, la tapa 601, el recipiente 602 y el anillo 603 de refuerzo se pueden esterilizar juntos como una unidad. En otros aspectos, la tapa 601, el recipiente 602 y el anillo 603 de refuerzo se pueden esterilizar por separado, utilizando uno o más de los diversos métodos de esterilización conocidos en la técnica. En determinados aspectos de la presente divulgación, se pueden combinar uno o más métodos de esterilización, por ejemplo, métodos químicos y de irradiación como se proporciona a continuación.
- En un aspecto, la tapa 601, el recipiente 602 y el anillo 603 de refuerzo se pueden formar a partir de materiales que son compatibles con la esterilización por irradiación. En un aspecto, el material puede ser compatible con la esterilización por radiación gamma. En otro aspecto, el material puede elegirse para que sea compatible con la radiación tal como rayos de electrones, rayos X o partículas subatómicas.
- En otro aspecto, el recipiente se puede formar a partir de materiales que son compatibles con métodos químicos de esterilización. En una realización, el material puede ser compatible con la esterilización con óxido de etileno (EtO). En otra realización, el material puede ser compatible con la esterilización con ozono (O<sub>3</sub>). En otra realización, el material puede ser compatible con ortoftalaldehído (OPA). En una realización adicional, el peróxido de hidrógeno puede utilizarse como un agente esterilizante químico.
- En algunos aspectos de acuerdo con la presente divulgación, la tapa 601, el recipiente 602 y el anillo 603 de refuerzo se pueden formar a partir de materiales que son compatibles con la esterilización por calor. En una realización, el material compatible con la esterilización por calor puede ser resistente a la esterilización por calor seco. En otra realización, el material compatible con la esterilización por calor puede ser compatible con la esterilización por calor húmedo. En algunos aspectos de acuerdo con la presente divulgación, la tapa 601, el recipiente 602 y el anillo 603 de refuerzo se pueden formar a partir de materiales que son compatibles con la Tindalización.
- En algunos aspectos, los materiales elegidos para la tapa 601, el recipiente 602 y el anillo 603 de refuerzo proporcionan un almacenamiento a largo plazo del líquido. En algunas realizaciones, la ampolla sellada puede comprender materiales impermeables. En ciertos aspectos, la impermeabilidad se puede seleccionar sobre la base del fluido. En un ejemplo no limitante de acuerdo con la presente divulgación, los fluidos para uso oftálmico, tópico, oral, nasal o pulmonar pueden requerir protección de la luz o del aire para mantener la estabilidad. En otro ejemplo no limitante de acuerdo con la presente divulgación, los fluidos para uso oftálmico, tópico, oral, nasal o pulmonar pueden requerir protección de la luz y el oxígeno para mantener la estabilidad. En algunas realizaciones, los materiales pueden ser impermeables a los gases. En una realización, el gas puede ser oxígeno. En otras realizaciones, el material puede ser impermeable a la luz. En otra realización, el material puede ser impermeable al gas, por ejemplo, oxígeno, e impermeable a la luz.
- En un aspecto de acuerdo con la presente divulgación, el recipiente 602 y la tapa 601 el material se puede seleccionar para que sea estable por períodos prolongados. Como un aspecto, en ciertas realizaciones, una o más propiedades que incluyen, pero no se limitan a, la resistencia a la tracción, el porcentaje de alargamiento, la resistencia al desgarro y la estabilidad al impacto se pueden utilizar para determinar la estabilidad del material.
- Con referencia a la figura 7, los recipientes que contienen un fluido de la presente divulgación se pueden preparar utilizando un proceso de forma, llenado y sellado como se conoce en la técnica. En ciertas realizaciones, todo el proceso bosquejado en la figura 7 se puede realizar bajo condiciones estériles de acuerdo con los estándares regulatorios aplicables para dispositivos y preparaciones médicas. En una realización, se puede aplicar una película a un molde y luego calentar y formar al vacío para crear un recipiente de forma 609 y profundidad 607. Variando la forma 609, la profundidad 607 y el diámetro 604, se puede formar un recipiente o ampolla de un volumen total definido (V<sub>t</sub>).
- Una vez formado, el recipiente (por ejemplo, el recipiente 602, por ejemplo) puede llenarse con un fluido y aplicarse una tapa al recipiente o ampollas llenos. En algunas realizaciones y solo a modo de ejemplo, se aplica un sello para crear un cierre a prueba de fugas. Se conocen en la técnica otros métodos para unir y sellar una tapa al recipiente. Despues del sellado, las ampollas individuales se pueden cortar de la forma. En otras realizaciones, el sellado y el corte pueden ocurrir simultáneamente. Los recipientes o ampollas sellados finales son adecuados para su almacenamiento, envío o uso en un dispositivo eyector. Como se mencionó anteriormente, el proceso de formar-llenar-sellar discutido en esta realización es solo una técnica para formar y sellar recipientes que son conocidos en la técnica. También se pueden utilizar otras técnicas como el soplado, llenado y sellado y la soldadura por auto-sellante RF y no se utiliza un elemento de tapa.
- En algunas realizaciones de la presente divulgación, el fluido (V<sub>t</sub>) puede llenar todo el volumen del recipiente 602 (por ejemplo, V<sub>t</sub>). En otras realizaciones, el fluido puede no llenar completamente el volumen, dejando un espacio (V<sub>ΔT</sub>). En realizaciones en las que el volumen de líquido V<sub>t</sub> es igual al V<sub>ΔT</sub>, aplicar una tapa puede dar como resultado el atrapamiento de un volumen de gas V<sub>gas</sub>. En otras formas de realización, el volumen del recipiente 602 puede reducirse mediante trituración o deformación hasta un volumen para reducir el volumen en un volumen (V<sub>r</sub>). De acuerdo con la presente descripción, el volumen del recipiente o ampolla sellado será:

$$V_t = V_f + V_{\text{gas}} + V_r$$

en el que

$$V_{\Delta T} = V_{\text{gas}} + V_r$$

5 De acuerdo con determinados aspectos de la presente divulgación, el volumen  $V_r$  proporciona una capacidad al recipiente para expandirse al volumen  $V_t$ , y de ese modo reduce la tendencia del recipiente a fugarse cuando se emplea en un dispositivo eyector. Del mismo modo, el volumen  $V_r$  puede acomodar una expansión de un volumen de un fluido acuoso cuando se envía o se almacena congelado o en condiciones en las que el volumen de líquido puede expandirse. En otras realizaciones, el  $V_{\Delta T}$  puede incluir tanto un volumen de gas  $V_{\text{gas}}$  como un volumen  $V_r$  por lo que, el cambio en el volumen de gas asociado con cambios en la presión ambiente puede compensarse y proporcionar la 10 preparación de dispositivos eyectores libres de fugas. Del mismo modo, el volumen  $V_r$  también proporciona una expansión del gas de volumen  $V_{\text{exp}}$  que puede ocurrir durante el envío o el almacenamiento en condiciones de menor presión ambiental.

15 En determinados aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el recipiente puede contener un volumen de gas  $V_{\text{gas}}$ . En un aspecto, el gas puede ser aire. En un aspecto, el gas puede ser aire al que se le ha agotado el oxígeno. En otros aspectos, el gas puede ser un gas no reactivo. En un aspecto, el gas puede ser nitrógeno. En otro aspecto, el gas puede ser un gas noble tal como helio o argón. En otros aspectos, el gas puede ser  $\text{CO}_2$ . Cualquier gas puede ser acomodado de acuerdo con la presente divulgación.

20 En ciertas realizaciones de la divulgación, los depósitos proporcionan dureza de actitud de los dispositivos eyectores. En un aspecto, el depósito incluye un recipiente flexible. Específicamente, como se proporciona en determinados aspectos de la presente divulgación, el depósito proporciona una cantidad consistente de fluido al mecanismo eyector, independientemente del nivel de fluido y la orientación del dispositivo. En algunos aspectos, una ampolla o depósito en comunicación fluida con un mecanismo eyector proporciona un flujo constante de fluido a la superficie posterior del mecanismo eyector, de modo que se eyecta un volumen constante de fluido en forma de gotas. En otro aspecto, el depósito o ampolla está en comunicación fluida con una placa capilar que proporciona un suministro y entrega 25 consistentes de fluido en un área de carga de fluido capilar en una superficie de eyección posterior de un mecanismo eyector. La ampolla proporciona dureza de actitud del dispositivo eyector y una resistencia a las fugas a medida que la presión ambiente disminuye con respecto a la presión estándar a nivel del mar. Por lo tanto, la combinación de la ampolla, la placa capilar y el mecanismo eyector proporcionan una actitud reducida y una sensibilidad de altitud al dispositivo, de modo que se suministra un volumen constante de gotas.

30 Con referencia a la figura 8, un dispositivo de la presente descripción eyecta fluido en una dirección 804, perpendicular a la dirección de la gravedad 805. En un aspecto de la presente divulgación, la combinación de la ampolla 803 y la placa de carga de fluido 802 proporciona un flujo consistente de fluido a la placa 801 eyectora a medida que cambia el ángulo de actitud theta ( $\theta$ ). Por ejemplo, a medida que aumenta la actitud, la combinación proporciona un flujo constante continuo de fluido. Por consiguiente, de acuerdo con aspectos de la presente invención, el dispositivo 35 continúa suministrando gotas en la dirección 804. En un aspecto de la presente descripción, el ángulo de actitud theta ( $\theta$ ) puede aumentarse o reducirse arbitrariamente mientras se mantiene un flujo constante de fluido hacia la placa eyectora 801. Por ejemplo, el ángulo de actitud theta ( $\theta$ ) puede ser mayor o menor que  $45^\circ$ . Por lo tanto, el ángulo de actitud theta ( $\theta$ ) puede estar entre  $0$  y  $45^\circ$  o puede estar entre  $45^\circ$  y  $90^\circ$ . El ángulo de actitud theta ( $\theta$ ) también puede ser de  $90^\circ$ . El ángulo de actitud theta ( $\theta$ ) también puede ser de  $180^\circ$  o puede estar entre  $0$  y  $180^\circ$ .

40 En ciertas implementaciones de acuerdo con la presente divulgación, los recipientes son recipientes flexibles que tienen un volumen total  $V_t$  y contienen un volumen de  $V_f$  líquido y un volumen de gas  $V_{\text{gas}}$ , y tienen un volumen expandible  $V_r$ . En ciertos aspectos, el volumen expandible  $V_r$  proporciona y acomoda la expansión del gas  $\Delta V_{\text{gas}}$  debido a los cambios en la presión mientras que no da como resultado un aumento en la presión dentro del recipiente. Por lo tanto, mientras está en tránsito, por ejemplo, una expansión de  $\Delta V_{\text{gas}}$  no causa fugas en el recipiente. Del mismo modo, la expansión de un fluido acuoso tras la congelación puede ser acomodada de manera similar.

50 Se han divulgado muchas implementaciones de la invención. Esta divulgación contempla combinar cualquiera de las características de una implementación con las características de una o más de las otras implementaciones. Por ejemplo, cualquiera de los mecanismos de eyección o placas capilares se puede utilizar en combinación con el recipiente, así como con cualquiera de las carcasa o características de carcasa, por ejemplo, cubiertas, soportes, apoyos, luces, sellos y empaques, mecanismos de llenado o mecanismos de alineación. Se contemplan otras variaciones en cualquiera de los elementos de cualquiera de las realizaciones dentro del alcance de los expertos en esta divulgación. Tales variaciones incluyen la selección de materiales, revestimientos o métodos de fabricación. Otros métodos de fabricación conocidos en la técnica y no enumerados explícitamente en la presente memoria se pueden utilizar para fabricar, probar, reparar o mantener el dispositivo.

##### 55 **Ejemplo 1: Medida de valores de fuga de presión diferencial**

La figura 9 muestra un montaje que permite probar un montaje de recipiente, placa de carga de fluido y dispositivo eyector para detectar fugas a medida que disminuye la presión. El recipiente lleno de fluido se monta en un aparato de prueba de presión de fuga que consiste en un soporte (1) de retención de ampollas, placa (2) de carga de fluido, que suministra fluido detrás de la placa (3) de eyección. El aparato de prueba de presión de fuga se coloca dentro de una cámara de vacío que se bombea mediante una bomba mecánica adecuada para alcanzar 2.75 psi (18.96 kPa). A esta presión (2.75 psi/18.96 kPa) el diferencial de presión medido entre STP (13.23 psi/91.22 kPa) y la presión de fuga más baja medible (2.75 psi/18.96 kPa) es 10.5 psi, o 72.3 kPa. La fuga a esta presión es equivalente a un diferencial de presión que se encuentra al viajar desde el nivel del mar a 31,000 pies (9448.8 metros). La figura 9 también ilustra un aspecto del recipiente que tiene un  $V_r$  mayor que cero. Por lo tanto, el recipiente proporciona la expansión del gas a medida que disminuye la presión ambiental dentro de la cámara de vacío. La variación de  $V_r$  puede afectar la presión de fuga.

La Tabla 3 proporciona los resultados de la prueba de presión de fuga a través de agujeros de 40  $\mu\text{m}$  en un recipiente flexible de 12 mm de profundidad (por ejemplo, profundidad 607 de la Figura 6).

Tabla 3: Prueba de presión de fuga a través de agujeros de 40  $\mu\text{m}$  con un recipiente flexible de 12 mm de profundidad.

Experimento #:	% Lleno (%)	% Vol de Aire	Delta P (psi)	Delta P (kPa)
1	97.20	3.43	1.66	11.43
2	93.20	8.34	2.45	16.91
3	77.38	22.70	0.99	6.80
4	81.89	18.18	1.16	8.00
5	87.72	12.32	3.51	24.18
6	85.28	14.77	1.80	12.41
7	81.17	18.90	1.89	13.05
8	73.31	26.79	1.00	6.89

La Tabla 4 proporciona los resultados de la prueba de presión de fuga a través de agujeros 20  $\mu\text{m}$  en un recipiente flexible de 20 mm de profundidad.

Tabla 4: Prueba de presión de fuga a través de agujeros de 20  $\mu\text{m}$  en un recipiente flexible de 20 mm de profundidad

Experimento #:	% Vol de Aire	Presión de Inicio (psi)	Presión de Inicio (kPa)	Presión de Fuga (psi)	Presión de Fuga (kPa)	Delta P (psi)	Delta P (kPa)
1	3.13	13.23	91.22	2.75	18.96	10.48	72.26
2	3.13	13.26	91.42	2.95	20.34	10.31	71.09
3	15.63	13.26	91.42	6.40	44.13	6.86	47.30
4	9.38	13.26	91.42	5.95	41.02	7.31	50.40
5	6.25	13.25	91.36	3.75	25.86	9.50	65.50
6	12.50	13.25	91.36	5.95	41.02	7.30	50.33
7	9.38	13.25	91.36	5.25	36.20	8.00	55.16

La Tabla 5 proporciona los resultados de la prueba de presión de fuga a través de agujeros de 40  $\mu\text{m}$  en un recipiente flexible de 20 mm de profundidad.

Tabla 5: Prueba de presión de fuga a través de agujeros de 40  $\mu\text{m}$  en un recipiente flexible de 20 mm de profundidad

Experimento #:	% Vol de Aire	Presión de Inicio (psi)	Presión de Inicio (kPa)	Presión de Fuga (psi)	Presión de Fuga (kPa)	Delta P (psi)	Delta P (kPa)
1	2.3	13.28	91.56	2.75	18.96	10.53	72.6
2	6.3	13.28	91.56	3.18	21.93	10.1	69.6
3	9.4	13.28	91.56	5.2	35.85	8.08	55.7
4	12.5	13.28	91.56	5.5	37.92	7.78	53.6
5	15.6	13.28	91.56	5.9	40.68	7.38	50.9
6	18.8	13.27	91.49	6.15	42.40	7.12	49.1
7	21.9	13.27	91.49	6.35	43.78	6.92	47.7

- 5 La Tabla 6 proporciona los resultados de la prueba de presión de fuga a través de agujeros de 40  $\mu\text{m}$  en un recipiente duro de 20 mm de profundidad.

Tabla 6: Prueba de presión de fuga en un recipiente duro con agujeros de 40  $\mu\text{m}$

Experimento #:	% Vol de Aire	Presión de Inicio (psi)	Presión de Inicio (kPa)	Presión de Fuga (psi)	Presión de Fuga (kPa)	Delta P (psi)	Delta P (kPa)
1	12.5	13.25	91.36	12.85	88.60	0.4	2.8
2	4.2	13.25	91.36	12.75	87.91	0.5	3.4
4	29.2	13.25	91.36	12.75	87.91	0.5	3.4
5	37.5	13.25	91.36	12.7	87.56	0.55	3.8
8	20.8	13.25	91.36	12.72	87.70	0.53	3.7

- 10 La figura 10 ilustra los resultados de la expansión del recipiente como un mecanismo de igualación de presión. Como se probó en el Ejemplo 1 y se presenta en la Tabla 4, a medida que disminuye la presión, el gas se expande, provocando una expansión del volumen plegado  $V_r$ . A medida que el  $V_{\text{gas}}$  se acerca al volumen  $V_{\Delta T}$  total, aumenta la tendencia del aparato a fugas. Volumenes más pequeños de aire generalmente están asociados con presiones de punto de fuga más bajas. Delta P representa la presión a la cual la combinación comienza a filtrarse.
- 15 La figura 11 presenta gráficamente los resultados de las pruebas de presión de fuga de diferentes realizaciones de la presente descripción. Como se muestra, un depósito duro gotea a bajas presiones diferenciales que es independiente del % de volumen de aire (por ejemplo,  $V_{\text{air}}/V_t$ ). El recipiente de 12 mm de profundidad (ampolla) requiere mayores presiones diferenciales para inducir fugas y se observa una presión máxima de aproximadamente 25 para aproximadamente un 12% de volumen de aire. Un recipiente de 20 mm de profundidad que tiene agujeros de 40 x 160  $\mu\text{m}$  o de 20 x 40  $\mu\text{m}$  requiere que las presiones diferenciales más altas provoquen fugas. En estas realizaciones, el número y el tamaño del agujero no son distinguibles.
- 20

**Ejemplo 2: Medida de la pérdida de masa a lo largo del tiempo:**

La figura 12 muestra la pérdida de masa de una ampolla (depósito) a lo largo del tiempo para determinar la capacidad de almacenamiento de ampollas (depósitos) de la presente divulgación. Una serie de depósitos se almacenan durante 72 días y se determina la cantidad de masa. De un volumen total de 3.5 ml, se escapa un volumen total de 50  $\mu$ l durante el período de tiempo.

5 Experimento 3. Medición del volumen de eyeción en diferentes ángulos de actitud:

La figura 13 muestra el volumen de eyeción a diferentes ángulos de actitud en un intervalo de frecuencias de un dispositivo eyector piezoelectrónico que tiene un depósito duro o un depósito flexible. El diseño flexible de la ampolla proporciona una eyeción más consistente del volumen de fluido en un rango de frecuencia y nivel de llenado más amplios.

10 Aunque lo anterior describe diversas realizaciones de depósito a modo de ilustración y ejemplo, el experto en la técnica apreciará que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones dentro del espíritu y alcance de la presente solicitud. Tal como se utiliza en el presente documento, un depósito puede ser cualquier objeto adecuado para contener un fluido. A modo de ejemplo, el depósito puede estar hecho de cualquier material adecuado capaz de contener un fluido. Los depósitos de la presente divulgación pueden ser rígidos o flexibles y los depósitos de la 15 presente descripción pueden además plegarse. Como se utiliza en este documento, plegables se refiere a una disminución del volumen obtenible en un depósito logrado apretando, doblando, triturando, comprimiendo, aspirando u otra manipulación, de manera que el volumen total encerrado después del colapso es menor que un volumen que podría estar encerrado en un recipiente no plegado. Un depósito puede estar hecho de cualquier material adecuado que pueda formarse en un volumen capaz de contener un volumen de fluido. Los materiales adecuados, por ejemplo, 20 pueden ser flexibles o rígidos y se pueden formar o preformarse. Como se utiliza en este documento, un depósito, a modo de ejemplo, se puede formar a partir de una película.

En otros aspectos, una placa de carga de fluido de la divulgación puede integrarse en un dispositivo eyector entre un depósito y un mecanismo de expulsión. En ciertas realizaciones, el dispositivo eyector puede ser para suministrar un fluido a un ojo de un sujeto, y puede comprender una carcasa, un depósito dispuesto dentro de la carcasa para recibir 25 un volumen de fluido, estando el depósito en comunicación de fluido con una placa de carga de fluido, la placa de carga de fluido está en comunicación fluida con un mecanismo eyector de manera que la placa de carga de fluido proporciona fluido a una superficie de eyeción trasera de un mecanismo eyector, en donde el mecanismo eyector está configurado para eyectar una corriente de gotas de un fluido. El mecanismo eyector puede configurarse para 30 eyectar una corriente de gotas que tiene un diámetro de gota eyectado promedio mayor de 15 micras ( $\mu$ m), con la corriente de gotas que tiene un flujo de aire bajo arrastrado de manera que la corriente de gotas se deposita en el ojo del sujeto durante el uso.

En ciertas realizaciones, el mecanismo eyector puede comprender una placa eyectora y un accionador piezoelectrónico; la placa eyectora incluye una pluralidad de aberturas formadas a través de su espesor; y el accionador piezoelectrónico es operable para oscilar la placa eyectora a una frecuencia, y generar una corriente dirigida de gotas. En ciertos 35 aspectos, la placa eyectora se puede formar a partir de un material polimérico de alto módulo.

En ciertas realizaciones, el accionador piezoelectrónico está acoplado a una región periférica de la placa eyectora a fin de no obstruir la pluralidad de aberturas de la placa eyectora. La pluralidad de aberturas de la placa eyectora puede estar dispuesta en una región central de la placa que está destapada por el accionador piezoelectrónico. En ciertas 40 realizaciones, la geometría tridimensional y la forma de las aberturas, que incluyen el diámetro del orificio y la longitud capilar, y la disposición espacial en la placa eyectora pueden controlarse para optimizar la generación de la corriente dirigida de gotas.

A modo de ejemplo, la placa de carga de fluido puede integrarse en un dispositivo eyector o montaje eyector, o configurarse para interconectarse con un mecanismo eyector como se divulga, por ejemplo, en las solicitudes: Solicitud 45 de Estados Unidos No. 61/591,786, presentada el 27 de enero. 2012, titulado "Mecanismo eyector polimérico de alto módulo, dispositivo eyector y métodos de uso"; Solicitud de Estados Unidos No. 61/569,739, presentada el 12 de diciembre de 2011, titulada "Eyector Mecanismo, Dispositivo eyector y Métodos de Uso"; y la Solicitud de Estados Unidos No. 13/184,484, presentada el 15 de julio de 2011, titulada "Dispositivo Generador de Gota".

Con referencia a las Figs. 14A-14C, en una realización, la placa de carga de fluido puede comprender una placa 1400 capilar que incluye una interfaz 1402 de depósito de fluido, una interfaz 1404 de mecanismo expulsor y una o más 50 aberturas 1406 de fluido. Si se desea, la placa 1400 capilar puede incluir opcionalmente un anillo 1410 de acoplamiento de la carcasa del depósito para facilitar la conexión con diversas configuraciones de alojamiento del depósito (no mostradas), como se describe en la Solicitud de Estados Unidos Nº 13/184,484, presentada el 15 de julio de 2011, titulada " Dispositivo Generador de Gota ".

Además, la placa 1400 capilar puede incluir opcionalmente clips 1412 de fijación en el anillo 1410 de acoplamiento de 55 la carcasa para fijar la placa 1400 capilar a una carcasa del depósito (no mostrado). Aunque se muestran

5 configuraciones y posiciones de clips ejemplares, se prevén diferentes formas de realización y posiciones dentro del alcance de la divulgación. La placa 1400 capilar también puede incluir proyecciones 1414 de perforación en la interfaz 1402 del depósito de fluido para facilitar la apertura de varias configuraciones de la carcasa del depósito (no mostradas). De nuevo, aunque se muestran ejemplos de proyecciones y posiciones de perforación, se prevén diferentes formas de realización y posiciones dentro del alcance de la divulgación. Por ejemplo, las proyecciones de perforación pueden dimensionarse y conformarse para no obstaculizar el flujo de fluido a través de la una o más aberturas 1406 de fluido.

10 Con referencia a las figuras 15A-15C, en ciertas realizaciones, la interfaz del mecanismo 1502 eyector de la placa 1500 capilar se coloca en disposición paralela con una superficie 1506 de eyección posterior del mecanismo 1504 eyector para formar una separación 1508 entre la placa capilar y el mecanismo eyector, y generar flujo 1510 de fluido entre la placa 1500 capilar y el mecanismo 1504 eyector en el área 1512 de carga de fluido capilar en la superficie de eyección trasera del mecanismo eyector. Este flujo 1510 de fluido permite que la placa 1500 capilar proporcione fluido a la superficie 1506 de inyección trasera de la placa 1514 eyectora del mecanismo eyector. La configuración de la placa capilar proporciona un suministro y suministro constante de fluido en el área de carga de fluido capilar en la superficie 1506 de eyección posterior de la placa 1514 eyectora. Como resultado, el mecanismo eyector genera un volumen consistente de gotas, independientemente del nivel de fluido y la orientación del dispositivo (es decir, la actitud).

15 Con referencia a las figuras 16A y 16B, la carga de fluido entre las superficies paralelas de la placa capilar y la placa eyectora depende de la distancia  $d$  de la separación de la placa capilar. Como se muestra en la figura 16A, la separación de placas de hasta 1 mm proporciona una carga de fluido adecuada (altura del líquido) en el área de carga del fluido capilar. En ciertas realizaciones, se puede utilizar una distancia de separación entre la placa capilar y el mecanismo eyector de entre aproximadamente 0.2 mm y aproximadamente 0.5 mm, más particularmente entre aproximadamente 0.2 y aproximadamente 0.4 mm, o más particularmente de 0.3 mm.

20 Sin pretender estar limitado por la teoría, las expresiones generales para la elevación capilar entre dos superficies paralelas se establecen a continuación:

$$(h) = \frac{\gamma_{lv}(\cos(\theta_1) + \cos(\theta_2))}{\rho gd} \quad ; \quad h = \frac{2\gamma_{lv}\cos(\theta)}{\rho gd}$$

en el que:

$h$  es la altura del líquido;

$\gamma_{lv}$  es la tensión superficial del vapor líquido en contacto con una superficie;

30  $\theta$  es el ángulo de contacto entre el fluido y la superficie;

$\rho$  es la diferencia de densidad entre fluido y vapor;

$g$  es la aceleración de la gravedad; y

$d$  es la distancia de separación entre las superficies.

35 La placa de carga de fluido se puede formar a partir de cualquier material adecuado para utilizar en la aplicación prevista. A modo de ejemplo, en aplicaciones oftálmicas, puede utilizarse cualquier material adecuado para su uso en aplicaciones oftálmicas farmacéuticas, tales como materiales poliméricos que no reaccionan químicamente ni adsorben fluidos que se van a administrar. En ciertas realizaciones, las superficies de la placa de carga de fluido que están expuestas al fluido que se va a administrar se pueden formar a partir de materiales que proporcionan las propiedades superficiales deseadas, que incluye propiedades hidrófilas/hidrófobas, energía superficial, etc., para facilitar la captación y la acción capilar entre las superficies paralelas. Por ejemplo, ver la Patente de Estados Unidos No. 5,200,248 de Thompson et al.

40 En ciertas realizaciones, la placa de carga de fluido se puede formar a partir de un único material, por ejemplo, en una realización de placa capilar. En otros aspectos, la placa de carga de fluido puede ser un compuesto formado a partir de más de un material en el que las superficies que están expuestas al fluido que se va a administrar se seleccionan de manera que tengan las propiedades superficiales deseadas. A modo de ejemplo, una placa capilar puede moldearse por inyección o termoformarse como una pieza unitaria o como piezas separadas. Si se desea, una o más superficies de acoplamiento del depósito se pueden formar por separado, o formarse como una pieza unitaria con

otros componentes de la placa capilar. Sin pretender ser limitativos, y a modo de ejemplo, los materiales incluyen: poliamidas que incluyen nylons tales como nylon-6, HDPE, poliésteres, copoliésteres, polipropileno y otros polímeros hidrófilos adecuados de calidad farmacéutica o estructuras poliméricas.

La placa de carga de fluido se puede dimensionar y conformar de cualquier manera adecuada para interactuar con el mecanismo eyector deseado de manera que se proporcione fluido y se forme una zona de carga de fluido capilar adecuada en la interfaz del mecanismo eyector entre la placa capilar y la superficie posterior eyectora del mecanismo eyector. Con referencia a la figura 17A y 17B, se ilustra una realización de una placa 1700 capilar. Sin embargo, los tamaños dados en las figuras 17A y 17B son solo para fines ilustrativos, y la divulgación no es tan limitada. A modo de ejemplo, la placa 1700 capilar puede ser generalmente de forma cuadrada y tener una longitud de borde de aproximadamente 25 mm. Sin embargo, se prevén otras formas, incluidas configuraciones generalmente circulares, etc. Se muestran cuatro aberturas de fluido separadas 1706 alrededor de un radio anular de aproximadamente 4,70 mm, que tiene un ancho de abertura general de aproximadamente 2.50 mm y una separación de aproximadamente 2 mm. El espesor de la porción de flujo de fluido de la placa 1700 capilar (es decir, la porción de placa 1700 capilar que incluye la abertura de fluido 1706) puede ser de aproximadamente 0.30 mm, y el grosor del anillo 1710 de acoplamiento de carcasa de la placa 1700 capilar puede ser de aproximadamente 2 mm. Las proyecciones 1714 de perforación pueden ser, por ejemplo, de aproximadamente 1.62 mm de ancho y aproximadamente 1.35 mm de longitud para proporcionar las propiedades de protuberancia deseadas mientras se permite el flujo de fluido.

Para ayudar a comprender la presente invención, las figuras 18-22 ilustran diversos efectos del uso de una placa de carga de fluido descrita en este documento sobre el rendimiento de un dispositivo eyector. Los experimentos descritos en este documento no deben interpretarse como limitativos específicos de la invención y tales variaciones de la invención, ahora conocidas o desarrolladas posteriormente, que estarían dentro del alcance de un experto en la técnica se consideran dentro del alcance de la invención como se describe en el presente documento y se reivindica en lo sucesivo.

Más específicamente, la figura 18 ilustra los efectos de una placa capilar sobre la frecuencia de resonancia y la deposición masiva de agua utilizando una placa eyectora de NiCo de 160 micras ( $\mu\text{m}$ ) de espesor con agujeros de 25 y 40 micras ( $\mu\text{m}$ ), que muestra un cambio hacia abajo en la frecuencia. La figura 19 ilustra que a medida que aumenta la densidad (y por lo tanto la masa) de un fluido en un sistema resonante (tal como la región capilar detrás de la placa eyectora), entonces hay un desplazamiento hacia abajo en la frecuencia resonante. La figura 20 ilustra el desplazamiento hacia abajo en la frecuencia asociada con una placa capilar utilizada con la administración de diversos fluidos utilizando una placa eyectora de NiCO de 160 micrómetros de espesor con agujeros de 25 y 40 micras ( $\mu\text{m}$ ). La figura 21 ilustra tanto una reducción en la frecuencia resonante como la amplitud de la estructura resonante a medida que aumentan la densidad ( $\rho$ ) y la viscosidad ( $\eta$ ) del fluido en el sistema resonante. A modo de ejemplo, y no necesariamente relacionado con los valores particulares en el gráfico de la figura 21, las densidades y viscosidades de agua, etanol y propilenglicol se dan en la tabla debajo del gráfico. Como se muestra en las figuras 18-21, la presencia de una placa capilar conduce a un cambio general en la frecuencia de resonancia, a frecuencias más bajas. El cambio en el volumen pulmado de líquidos es una consecuencia del aumento de la densidad y la viscosidad (agua, etanol y propilenglicol).

La figura 22 ilustra la dureza de actitud de un dispositivo eyector que incluye una placa capilar. Como se muestra, el volumen (masa) entregado es relativamente insensible a la orientación del dispositivo eyector. Esto asegura una entrega constante y suministro de líquido detrás de la placa de eyección. Como resultado, se forma y pulveriza un volumen constante de gotas por el mecanismo eyector, independientemente del nivel de fluido y la orientación del dispositivo.

En otras realizaciones, la placa de carga de fluido puede comprender un sistema de suministro de fluido de placa de punción, también denominado sistema de suministro de fluido de placa capilar/de punción, que está configurado para suministrar fluido desde el depósito hasta un área de retención de fluido en la parte posterior del mecanismo eyector para la administración como una corriente dirigida de gotas a través de la eyección piezoelectrica. Sin pretender estar limitado por la teoría, el sistema de placas de punción puede utilizar una o más de presión hidrostática, presión capilar, gradientes de presión geométrica (efecto Venturi) y agotamiento del aire.

Una realización de un sistema de suministro de fluido de placa de punción y su funcionamiento se muestra en las figuras 23-27. Las figuras 23A y B muestran una vista frontal y una vista posterior, respectivamente, de un mecanismo 2300 eyector con 5 agujeros 2302 de subida. Como se muestra en la vista frontal en la figura 23C y en la vista trasera en la figura 23D, el sistema de suministro de fluido de placa de punción puede incluir una porción de placa capilar que comprende un área de retención de fluido entre el sistema de suministro de fluido de placa capilar/punción y una superficie posterior de un mecanismo eyector para canalizar fluido al mecanismo eyector por uno o más mecanismos, incluida la acción capilar, y al menos una aguja de punción hueca para transferir fluido desde un depósito al área de retención de fluido. En esta realización, 6 agujas 2306 de punción huecas se extienden desde la superficie posterior de la placa capilar/perforadora, los canales a través de las agujas se extienden a través de la cara frontal de la placa 2304 capilar como se muestra por los agujeros 2308. Las agujas 2306 están rodeadas por una pared 2310 que define

un receptáculo para un accesorio 2312 (mostrado en la figura 23E junto con un elemento 2314 de sellado de silicona autosellante que está alojado en el accesorio 2312).

Inicialmente, el depósito o ampolla 2316 que contiene fluido (estos términos se usan indistintamente en este documento) está conectado al accesorio y está en comunicación de fluido con un depósito secundario definido por el accesorio y el elemento 2314 de sellado de silicona. La placa 2304 capilar está, a su vez, unida y en comunicación fluida con el mecanismo 2300 eyector. Sin embargo, antes del uso, la placa de punción y el mecanismo 2300 eyector pueden proporcionarse en un estado desconectado del accesorio 2312 y el depósito 2316 para evitar el intercambio de fluido. Durante la etapa inicial de conexión, las agujas 2302 de punción huecas se muestran en la parte posterior de la imagen de la placa de punción en la figura 23D están parcialmente insertadas en la junta de punción de silicona auto empaque u aislador 2314 que descansa dentro del accesorio 2312. El depósito secundario formado en el accesorio 2312 está abierto constantemente al fluido en la ampolla/depósito primario 2316. En esta etapa, el fluido del depósito primario que se ha movido al depósito secundario del accesorio 2312 no entra en las agujas 2306 de punción huecas, sin embargo, debido a la barrera creada por el material de empaque 2314 de silicona autosellante.

La punción se logra presionando las agujas de la placa de punción completamente a través de la junta 2314 en el accesorio lleno de fluido forzando las agujas a través del empaque de silicona. Esto puede ocurrir, por ejemplo, cuando el accesorio encaja a presión (indicado por un sonido de clic) en el receptáculo 2310 de la placa 2304 de punción. Después de la perforación se mantiene un sello porque el empaque de silicona 2314 es un material que cumple con los requisitos de autosellado. La transferencia inicial de fluido desde el reservorio/recipiente a través de las agujas huecas inmediatamente después de la punción resulta de una combinación de presión hidrostática, retención de accesorio/volumen del depósito y la fuerza de reacción del fluido desde la punción inicial que impulsa el fluido a través de los tubos capilares definidos por las agujas y canales huecos en la placa capilar/de punción.

Una vez que el fluido pasa a través de los tubos capilares, los efectos de la tensión superficial dominan el ascenso del fluido contra la gravedad. A medida que el fluido se eleva, elimina el aire del sistema empujándolo hacia afuera de las aberturas u agujeros del eyector. Los agujeros 2301 de subida capilar están situados en la placa 2320 eyectora del mecanismo eyector por encima del elemento 2322 piezoelectrónico que sirve como alivio de presión para el aire en el sistema. En ausencia de estos agujeros 2302 de subida capilar, el sistema se cerraría en la región por encima de las aberturas del eyector y el fluido dejaría de aumentar debido a la acumulación creciente en la presión de aire que finalmente se igualaría con la presión capilar. Para lograr un ascenso completo, todo el aire debe ser eyectado del sistema. Los agujeros 2302 de subida capilar (mostrados desde la parte posterior en la figura 25A y desde el frente en la figura 25B) actúan como agujeros de compensación de presión y se colocan y dimensionan correctamente (para evitar fugas de fluido) y permiten que el fluido se eleve por completo, garantizando así que no quede (o muy poco) aire en el sistema. El montaje del eyector ensamblado se muestra desde el frente en la figura 24A y desde la parte posterior en la figura 24B.

La figura 26 ilustra un flujo de fluido esquemático a través del sistema de placa de punción después de la perforación completa a través del empaque de silicona. El líquido fluye a través del sistema de punción y hacia arriba de la cámara 2600 de placa capilar, empujando el aire fuera de las aberturas u agujeros 2602 de eyeción y los agujeros 2302 de elevación capilar. Con referencia a la figura 23C y D, la placa 2304 de punción/capilar ilustra un diseño con 6 agujas con un diámetro interno (ID) de 650 micras( $\mu$ m) y un diámetro externo (DO) de 1 mm. El número de agujas puede ser tan pequeño como 1 aguja, pero también puede incluir más agujas, por ejemplo, 8 agujas con dimensiones de ID que varían de 500 micras ( $\mu$ m) - 3 mm y dimensiones de OD que varían de 600 micras ( $\mu$ m) - 4 mm. Los agujeros de subida que se muestran en la figura 25 también pueden variar de lo que se muestra en esta figura. Esta figura muestra 5 agujeros de elevación de 520 micras ( $\mu$ m) de diámetro, sin embargo, el número de agujeros puede ser tan bajo como 1 orificio, pero también puede incluir más agujeros, por ejemplo, 8 agujeros con un diámetro de agujeros de 10 micras ( $\mu$ m) - 50 micras ( $\mu$ m).

Alternativamente, con referencia a las figuras 44-46, la placa de punción puede diseñarse con un sistema de punción de aguja alargado. Dichos diseños pueden, por ejemplo, utilizarse en relación con ciertas configuraciones de diseños de depósitos tales como depósitos rectangulares de tensión de baja tensión (LTS) rectangulares (es decir, diseños de bolsas IV).

La placa de punción puede construirse a partir de cualquier material adecuado, tal como se describe e ilustra en el presente documento. A modo de ejemplo no limitativo, la placa de punción puede construirse a partir de: polímero de cristal líquido "LCP" (vidrio lleno 0-30%); Nylon 6; Nylon 6,6; Policarbonato; Polieterimida (Ultem); Polieter-éter-cetona (PEEK); Kapton; Poliimida (Kapton); Acero Inoxidable 316L; Acero inoxidable con revestimiento de carbono tipo diamante (DLC) (serie 300); Aluminio con recubrimiento de carbono tipo diamante (DLC); Cobre revestido de carbono tipo diamante (DLC); Fosfato de cobalto nanocrystalino recubierto de carbono tipo diamante (DLC); Fosfato de cobalto nanocrystalino (nCoP); Acero inoxidable recubierto de oro (serie 300); Acero inoxidable recubierto de polímero (polímeros enumerados anteriormente) (serie 300); Cobre recubierto con polímeros (polímeros enumerados anteriormente) (serie 300); aluminio recubierto con Polímero (polímeros mencionados anteriormente) (serie 300), etc.

Aunque lo anterior describe diversas realizaciones a modo de ilustración y ejemplo, el experto en la materia apreciará que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones dentro del espíritu y alcance de la presente solicitud. Aunque el término "placa capilar" y "placa de punción" se utiliza para describir diversas realizaciones, se apreciará que la descripción es aplicable a cualquier placa de carga de fluido, no necesita tomar la forma de una placa y puede tener cualquier configuración adecuada para canalizar el líquido desde el depósito al mecanismo eyector.

Tal como se utiliza en el presente documento, un depósito puede ser cualquier objeto adecuado para contener un fluido. A modo de ejemplo, el depósito puede estar hecho de cualquier material adecuado capaz de contener un fluido. Los depósitos de la presente descripción pueden ser rígidos o flexibles y los depósitos de la presente divulgación pueden además plegarse. Como se utiliza en este documento, plegables se refiere a una disminución del volumen obtenible en un depósito logrado apretando, plegando, aplastando, comprimiendo, aspirando u otra manipulación, de manera que el volumen total encerrado después del plegado es menor que un volumen que podría estar encerrado en un recipiente plegado. Un depósito puede estar hecho de cualquier material adecuado que pueda formarse en un volumen capaz de contener un volumen de fluido. Materiales adecuados, por ejemplo, pueden ser flexibles o rígidos y se pueden formar o preformarse. Como se utiliza en este documento, un depósito, a modo de ejemplo, se puede formar a partir de una película.

Adicionalmente, el depósito puede estar en comunicación fluida con una placa de carga de fluido para formar una interfaz de depósito de fluido, y en ciertas realizaciones la placa de carga de fluido puede incluir opcionalmente una superficie o anillo de acoplamiento de depósito para facilitar la conexión con diversas configuraciones de depósito de fluido.

En algunos aspectos, el depósito del sistema de la divulgación se puede configurar como un depósito de tensión de baja tensión o "LTS". Un depósito LTS de la divulgación generalmente está diseñado para minimizar o eliminar los gradientes de presión positivos impuestos al sistema por el depósito creado a partir de efectos de memoria, formación de pliegues y colapso no sesgado. Dichos gradientes pueden dar como resultado una restauración del depósito (expansión en volumen) que ejerce un diferencial de presión neta en el sistema, lo que da como resultado una falla potencial al introducir aire al sistema a través de las aberturas del eyector. En ciertos aspectos, para corregir el diferencial de presión, el depósito LTS está configurado de forma que se desvíe para colapsar en su posición de reposo bajo, lo que reduce o elimina la posibilidad de formación de pliegues.

El depósito LTS también está construido con materiales delgados y flexibles (baja tensión de tracción) que resisten los efectos de expansión, rebote y memoria del volumen sin comprometer la inercia y la resistencia a la evaporación (véase la Tabla 7). Los depósitos LTS, como se explicó anteriormente y con más detalle a continuación, se pueden construir de cualquier manera adecuada, por ejemplo, incluyendo soldadura por RF, procesos de sellado de llenado por soplado, procesamiento de sellado de relleno de forma, etc.

Sin pretender estar limitado por la teoría, para ayudar en el transporte de fluido desde la retención/depósito de fluido y a través de los tubos capilares durante la operación, el depósito LTS también puede diseñarse geométricamente para acelerar el fluido incorporando el principio de continuidad y el efecto Venturi como se muestra en la figura 27 y como se describe a continuación en la ecuación de Bernoulli para flujos incompresibles, y se muestra en la figura 28.

De nuevo, sin pretender estar limitado por la teoría, la figura 28 describe cómo la alteración de la geometría del yacimiento a un perfil de forma convergente (área más grande a área más pequeña) da como resultado la aceleración del fluido a medida que se mueve hacia abajo del depósito debido al aumento de la velocidad resultante del principio de continuidad. De acuerdo con la ecuación de Bernoulli, un aumento en la velocidad del principio de continuidad dará como resultado una disminución de la presión en la región de mayor velocidad (para mantener la continuidad). Este cambio en la presión crea un gradiente que ayuda a transportar el fluido hacia el accesorio y a través de las agujas de punción/tubos capilares. Este aumento en la velocidad resultante de un cambio de área convergente se conoce como el efecto Venturi.

La figura 29 ilustra cómo la presión hidrostática impulsa el fluido desde la ampolla LTS al interior del accesorio y a través de las agujas de punción al depósito de fluido. Para maximizar la presión hidrostática, la ampolla debe orientarse en posición vertical ya que la presión hidrostática es una función de la altura.

Tabla 7

Tipo de ampolla	Material de Ampolla	Espesor
Sodado por RF	Poliuretano (PU), PU/cloruro de Polivinilideno (PVDC)/PU, Acetato de Vinil Etileno (EVA)  Poliuretano Plástico Térmico (TPU)  PU/ Alcohol Vinil Etileno (EVOH)/PU  Isoplast® ETPU	2 - 12 mils  (50.8 - 304.8 µm)
Sello de llenado por soplado	Polietileno de baja densidad (LDPE) LDPE con EVA (10%-50%)  EVA (100%)	2 - 15 mils  (50.8 - 381 µm)
Sello de relleno de forma	Victrex (LDPE con capa de barrera al oxígeno)  TPU	2 - 12 mils  (50.8 - 304.8 µm)

La figura 30 muestra representaciones esquemáticas de geometrías de depósito LTS que no aceleran el fluido, que se plegan en sí mismas. El rectángulo en pie representa un depósito (similar a una bolsa IV) que está diseñado para plegarse a lo largo de su dimensión mínima (no se muestra). El diseño del depósito rectangular en posición está orientado en posición vertical para maximizar la altura de manera que se maximice el efecto de la presión hidrostática. La segunda imagen mostrada es el rectángulo acostado que funciona de manera similar al rectángulo en pie, pero sin maximizar el efecto de la presión hidrostática. La tercera imagen muestra una configuración de depósito cuadrado. La figura 31 muestra representaciones esquemáticas de depósito LTS que aceleran el fluido.

- 5 5 La figura 30 muestra representaciones esquemáticas de geometrías de depósito LTS que no aceleran el fluido, que se plegan en sí mismas. El rectángulo en pie representa un depósito (similar a una bolsa IV) que está diseñado para plegarse a lo largo de su dimensión mínima (no se muestra). El diseño del depósito rectangular en posición está orientado en posición vertical para maximizar la altura de manera que se maximice el efecto de la presión hidrostática. La segunda imagen mostrada es el rectángulo acostado que funciona de manera similar al rectángulo en pie, pero sin maximizar el efecto de la presión hidrostática. La tercera imagen muestra una configuración de depósito cuadrado. La figura 31 muestra representaciones esquemáticas de depósito LTS que aceleran el fluido.
- 10 10 Con referencia a la figura 32, se ilustran dos ejemplos de un depósito circular de LTS que acelera el fluido, uno construido mediante procesos de soplado-llenado-sellado (Fig. 32A) y el otro por soldadura RF (Fig. 32B). Como se muestra, la cantidad de colapso se puede mejorar cuando el depósito se desvía para colapsar a lo largo de la dimensión mínima, que en la figura 32 es el espesor. Este tipo de colapso evita en gran medida la formación de arrugas en el depósito durante la operación. Para diseños de depósitos verticales, se puede crear una protección adicional contra la formación de pliegues durante el funcionamiento de un dispositivo eyector al encerrar el depósito en una carcasa que evita que se doble sobre sí mismo cuando se está vaciando. Los datos de soporte del rendimiento de estos depósitos se proporcionan en este documento.

- 15 15 La figura 33 muestra una configuración de una placa de perforación 3300 y un depósito de soplado llenado sellado sin el accesorio. En ciertas realizaciones, donde se usan materiales de depósito autoobturables, la perforación puede ocurrir directamente a través de la región inferior del depósito. El compartimento de llenado que se muestra en la parte inferior de la figura 33 está diseñado para permitir el máximo llenado de fluido del depósito secundario. Los mecanismos de punción alternativos para el conjunto de la placa de punción del sello de llenado por soplado se muestran en la figura 34.

- 20 20 La figura 34A muestra un perfil lateral de otra realización del montaje de placa de punción de depósito de sellado de llenado por soplado. La figura 34A muestra un mecanismo de rigidización en forma de una carcasa de plástico 3400 utilizada para ayudar en la punción de la aguja a través del depósito de soplado cuando está construido de un material autosellante. La figura a la derecha (Fig. 34B) muestra la configuración cuando el depósito del sello de llenado por soplado no se sella automáticamente al pincharse y debe conectarse al accesorio de la misma manera que en las figuras 22 y 23. Como se muestra en la figura 34B, las agujas deben pasar a través del empaque de silicona hacia la región que se muestra como "Las agujas perforan aquí".

25 25 En otras formas de realización más de la divulgación, la figura 35 ilustra las geometrías de los depósitos que están predispuestos a colapsar de cierta manera para evitar la formación de pliegues. Los procedimientos y resultados de pulverización hacia abajo y hacia abajo para estas ampollas se divultan en el siguiente ejemplo.

#### Ejemplo 3: Medición de pulverización hacia abajo y extracción

Se realizaron pruebas de extracción estática para determinar la cantidad de presión negativa que las diferentes configuraciones de depósito, por ejemplo, como se muestra en las figuras 30-35, ejercen sobre el sistema ya que están eliminando fluido. La configuración experimental para esta prueba se muestra en las figuras 36-37. El procedimiento experimental es el siguiente: un depósito está conectado a un tubo de columna de agua que está conectado a un regulador de vacío conectado a una bomba mecánica utilizada para extraer líquido del depósito o ampolla.

Se realizaron pruebas de deposición masiva para determinar la masa de una pulverización desde un dispositivo a una frecuencia dada o múltiples frecuencias (barrido de deposición masiva). Dado que algunas frecuencias tienen una masa muy baja por pulverización, que puede estar en la tolerancia más baja de la báscula utilizada para medir la masa, el número de pulverizaciones se varió por muestra en cada frecuencia, luego se promedió para determinar un volumen por pulverización en cada frecuencia. Esto también ayudó a eliminar algunos errores en la medición. (La báscula utilizada podría leer hasta la décima parte de un miligramo). Estas configuraciones fueron ejecutadas por una ordenadora portátil, que se comunicó con la báscula, un generador de funciones y un osciloscopio. La masa de las pulverizaciones se registró, así como las características eléctricas (fase y magnitud del voltaje y la corriente, y la impedancia) durante la pulverización. La configuración fue controlada por un programa labview que se compiló en un programa ejecutable labview y se ejecutó desde la ordenadora portátil. Este programa permitió al usuario seleccionar el equipo de laboratorio en la configuración, el puerto de conexión para la báscula y la identificación del bus serie universal (USB) para el osciloscopio y el generador de funciones. El usuario también definió los parámetros de prueba: voltaje, forma de onda, frecuencia de inicio, frecuencia final, tamaño de paso, número de pulverizaciones, tiempo entre pulverizaciones y duración de pulverización. El programa se comunicó con el generador de funciones, estableciendo la frecuencia para la pulverización y el número de ciclos para lograr la duración de pulverización apropiada, y configuró el osciloscopio para la adquisición individual desde un disparador (Voltage Probe). Luego, el programa instruyó al generador de funciones para que active la forma de onda. La señal se envió a un amplificador operacional para impulsar la señal al voltaje apropiado, que luego se aplicó al dispositivo (0 a  $\pm$  90 V). En el dispositivo, se conectaron sondas de voltaje y corriente para verificar el voltaje y leer la corriente. Se escribió en el programa para dar tiempo a que la balanza se equilibrara ( $\approx$  8 segundos) antes de leer la masa de la báscula y determinar la masa por pulverización. La báscula se puso a cero al comienzo de la prueba y cada medio gramo. En cada medio gramo al poner a cero la báscula, se limpió la báscula y se recargó el depósito adjunto al dispositivo. Esto asegura que el dispositivo no se queda sin fluido, y reduce el error de la evaporación del fluido en la báscula al limitar la cantidad de fluido en la báscula que podría evaporarse a 0.5 g. La báscula fue leída después de cada conjunto de pulverizaciones según lo definido por el usuario (normalmente 5). La masa de las pulverizaciones se determina restando el valor anterior de la lectura de la báscula actual, eliminando así el tiempo requerido para poner a cero la báscula entre los conjuntos de pulverizaciones.

La figura 38 muestra el rendimiento de pulverización (24% del fluido) de un depósito de control que es bastante rígido y se colapsa para formar muchos pliegues que dan como resultado una acumulación de presión negativa. La figura 39 muestra los resultados para un depósito representativo de LTS de la divulgación, como se ilustra en la figura 35. Esto muestra una mejora en el rendimiento de pulverización hacia abajo al crear una geometría parcial para colapsar en una dirección controlada, así como elegir materiales flexibles y el grosor adecuado del material. El gráfico muestra que la mayoría de las muestras (pruebas múltiples del mismo tipo de ampolla con los mismos espesores) permitieron eliminar el 80 por ciento o más del fluido, con algunos valores atípicos, que se eliminaron mucho menos pero mejor que el control arrugado. depósito de la figura 38.

La figura 40 muestra el rendimiento de pulverización hacia abajo de dos series separadas con una realización de un depósito redondo LTS. Este depósito mostró una mejora notable, con más del 90 por ciento del fluido eliminado. La figura 41 muestra los tiradores para diseños de ampolla LTS redondos seleccionados de La figura 35. Estos gráficos muestran una gran mejora en la presión negativa generada por el sistema cuando se utiliza el depósito redondo LTS. Sin pretender estar limitado por la teoría, La figura 42 muestra el mecanismo implicado en la pulverización invertida utilizando un depósito LTS redondo, mientras que La figura 43 muestra los resultados reales de rendimiento de pulverización de un depósito LTS pulverizado hacia abajo en un sistema de punción completo al revés.

De acuerdo con otros aspectos de la divulgación, la placa de carga de fluido puede diseñarse con diferentes sistemas de punción de aguja, como se ilustra en las figuras 44-46. Dichos diseños se pueden utilizar en relación con diseños de depósito, por ejemplo, depósitos LTS rectangulares verticales (es decir, diseños de estilo de bolsa IV).

Como se discutió anteriormente, una placa eyectora del sistema puede incluir agujeros de elevación capilar para proporcionar alivio de presión de aire adicional por encima del área activa (aberturas de eyector). Este alivio de la presión de aire adicional puede permitir de ese modo la elevación capilar completa del fluido, lo que permite que la retención/depósito se llene completamente con fluido. De acuerdo con determinados aspectos de la invención, se descubrió inesperadamente que, si estos agujeros no se colocan encima de las aberturas del eyector, el dispositivo puede no funcionar eficientemente una vez que el fluido cae por debajo del nivel de las aberturas del eyector (permitiendo así que el aire exterior se mueva en el sistema durante la operación).

Cuando se construyen agujeros de elevación capilar, la optimización del tamaño del orificio es importante. Los agujeros son preferiblemente lo suficientemente grandes para permitir una velocidad de ventilación razonable, de modo que la elevación del capilar no es demasiado lenta, y son preferiblemente lo suficientemente pequeños para que el fluido no se filtre fácilmente cuando el orificio está alineado en la dirección de la gravedad. La fuga del fluido fuera del orificio de subida es una función del tamaño del orificio, así como de la tensión superficial del fluido. Los fluidos con mayores tensiones superficiales tienen una mayor resistencia a fugas debido a la fuerza del menisco fluido (que es una función de la tensión superficial del fluido) que el líquido forma en el orificio de subida, lo que crea una barrera por la fuga de líquido y el aire mudándose. La barrera se rompe cuando la presión hidrostática del depósito (ampolla) supera la tensión superficial dentro de la cavidad del orificio de subida (véase Fig. 47).

- 5 de subida es una función del tamaño del orificio, así como de la tensión superficial del fluido. Los fluidos con mayores tensiones superficiales tienen una mayor resistencia a fugas debido a la fuerza del menisco fluido (que es una función de la tensión superficial del fluido) que el líquido forma en el orificio de subida, lo que crea una barrera por la fuga de líquido y el aire mudándose. La barrera se rompe cuando la presión hidrostática del depósito (ampolla) supera la tensión superficial dentro de la cavidad del orificio de subida (véase Fig. 47).
- 10 La placa de carga de fluido de la descripción utiliza una acción capilar para transportar fluido a una ubicación detrás del área activa de la malla piezoeléctrica para la eyección, por ejemplo, como se discutió anteriormente con respecto a la figura 27. El aumento capilar es una función de la tensión superficial del fluido, la energía superficial de las superficies en contacto con el fluido (ángulo de contacto) y la distancia de separación de las superficies en contacto con el fluido. Para lograr un rendimiento óptimo para el sistema de placa de punción, se utiliza preferiblemente un material hidrófilo (ángulo de contacto entre el fluido y la superficie menor a 90 grados) para los canales capilares. Además, el material es preferiblemente biocompatible y químicamente inerte. La distancia de separación de las superficies que contienen el aumento de fluido se sintoniza preferiblemente para asegurar que el ancho del capilar sea considerablemente menor que la longitud capilar del fluido, asegurando así que las fuerzas de la superficie sean más significativas que las de la gravedad. Como se muestra en la figura 27, la elevación capilar en el sistema se produce entre la placa de punción (placa capilar + agujas) y la placa de eyección (que incluye el área activa o las aberturas (tamiz de malla piezoeléctrica).
- 15
- 20

#### Ejemplo 4: Medida del aumento capilar

Figs. 48-49 ilustran la presión capilar para medias gotas de diferentes tamaños y una medicación ocular ejemplar, latanoprost. Por lo tanto, la distancia de separación de la placa de carga de fluido desde la placa eyectora es un parámetro importante para la optimización del ascenso capilar hasta una cierta altura por encima de las aberturas de expulsión. Esta distancia de separación de placa (junto con la viscosidad y la tensión superficial del fluido) también afecta el tiempo para que el fluido suba a la altura final. Como se muestra en la figura 50, un dispositivo diseñado para pulverizar agua y solución salina puede funcionar con una distancia capilar menor o igual a 2.7 mm. Sin embargo, los sistemas de la divulgación no son tan limitados, y se puede utilizar una distancia capilar (separación entre la placa capilar y la placa eyectora) de 2.7 mm–1.7 mm, y por debajo de 1.7 mm para lograr una mayor elevación capilar. En ciertas realizaciones, una distancia para el sistema de placa de punción puede estar entre 50-200 micrómetros.

A este respecto, la figura 51 muestra el aumento capilar de solución salina en canales capilares hechos de diferentes materiales. La figura 52 muestra el aumento capilar entre la placa capilar y la placa de punción sin un orificio de subida capilar 2302. Esto se contrasta con el aumento capilar mucho mejor que se muestra en la figura 53, que muestra el aumento cuando se incluye un agujero de ascenso capilar.

Además, las Tablas 8-10 a continuación muestran datos de elevación capilar en el canal capilar entre la placa de carga de fluido y la superficie posterior del mecanismo eyector como resultado del uso de diferentes números y tamaños de agujeros de elevación capilar 2302. La Tabla 8 muestra los datos del tiempo de subida para el agua, la Tabla 9 muestra el tiempo de subida para Latanaprost a temperatura ambiente, y la Tabla 10 muestra el tiempo de subida para Latanaprost refrigerado a 38°F (3.33°C). Algunos resultados tuvieron que descartarse como en operación (In-Op, No llenar área activa pasada, entrada en blanco) debido a defectos en los agujeros de ascenso capilar, o mostraron relleno asimétrico (marcado con un asterisco), pero los resultados indicaron los beneficios en aumentar el tiempo cuando utiliza 5 agujeros capilares, y muestra tiempos de aumento más rápidos con el aumento del tamaño del orificio capilar.

		1 Agujero	3 Agujeros	5 Agujeros
5 µm	Prueba 1	395s	200s	In-Op
	Prueba 2	370s	155s*	In-Op
10 µm	Prueba 1	Área Activa Pasada Sin Llenado	70s	23s
	Prueba 2	Área Activa Pasada Sin Llenado	54s	25s

20 µm	Prueba 1	22s	8s	6s
	Prueba 2	22s	10s	5.5s
50 µm	Prueba 1	3s	2s	In-Op
	Prueba 2	3.5s	1.6s	In-Op

Tabla 9

		1 Agujero	3 Agujeros	5 Agujeros
10 µm	Prueba 1	Área Activa Pasada Sin Llenado	60s	26s
	Prueba 2		68s*	32s
20 µm	Prueba 1	11s	8s	6s
	Prueba 2	8s	11s	5s

Tabla 10

		1 Agujero	3 Agujeros	5 Agujeros
10 µm	Prueba 1		25s	28s*
	Prueba 2		42s	44s*
20 µm	Prueba 1	7s	10s	3.5s
	Prueba 2	10s	7s	4.5s

5

**Ejemplo 5: Prueba de fuga de fluido para determinados fármacos oculares y tamaños de agujero de elevación**

Para comprobar la fuga de fluido desde los agujeros de elevación capilar o los agujeros de ventilación de una realización del dispositivo, se construyó un montaje de prueba de presión hidrostática como se muestra en la figura 54. La placa eyectora con los agujeros de elevación y el montaje eyector se colocó debajo de la columna de fluido definida por el tubo. El fluido de prueba se cargó en el tubo orientado directamente por encima de la placa eyectora con la altura de la columna de fluido cuidadosamente monitoreada. Cuando el fluido alcanzó alturas de prueba (presión hidrostática) a las que el fluido sobre las aberturas del eyector causó fugas a través de los agujeros de subida y las aberturas del eyector, las alturas (correspondientes a los valores de presión) se registraron y se utilizaron como parámetro de diseño para optimizar dimensiones de agujero de subida. Los resultados se muestran en las tablas 5-7 anteriores.

Tabla 11

		Columna de agua para lado de malla				Columna de agua directamente por encima de la malla			
		Agujeros de ventilación (pulgadas de agua)		Agujeros de malla (pulgadas de agua)		Agujeros de ventilación (pulgadas de agua)		Agujeros de malla (pulgadas de agua)	
Agujero de ventilación anular	Condición de montaje	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
1 x 5 µm	1	32 pulg. (812.8 mm)		31 pulg. (787.4 mm)	2 pulg. (50.8 mm)	22 pulg. (558.8 mm)	3 pulg. (76.2 mm)	29 pulg. (736.6 mm)	4in (101.6 mm)
	2	28 pulg. (712.2 mm)	3 pulg. (76.2 mm)	31 pulg. (787.4 mm)		23 pulg. (584.2 mm)	3 pulg. (76.2 mm)	31 pulg. (787.4 mm)	
3 x 5 µm	1	28 pulg. (712.2 mm)		27 pulg. (685.8 mm)	2 pulg. (50.8 mm)				
	2	26 pulg. (660.4 mm)	3 pulg. (76.2 mm)	29 pulg. (736.6 mm)	3 pulg. (76.2 mm)				
5 x 5 µm	1					Sin fuga		27 pulg. (685.8 mm)	6 pulg. (152.4 mm)
	2					Sin fuga		28 pulg. (712.2 mm)	6 pulg. (152.4 mm)
1 x 10 µm	1	23 pulg. (584.2 mm)	10 pulg. (254 mm)	27 pulg. (685.8 mm)	3 pulg. (76.2 mm)	15 pulg. (381 mm)	1 pulg. (25.4 mm)	25 pulg. (635 mm)	4in (101.6 mm)
	2	22 pulg. (558.8 mm)	4 pulg. (101.6 mm)	27 pulg. (685.8 mm)	2 pulg. (50.8 mm)	18 pulg. (457.2 mm)	2 pulg. (50.8 mm)	23 pulg. (584.2 mm)	5in (127 mm)

# ES 2 663 879 T3

3 x 10 μm	1	15 pulg. (381 mm)	1 pulg. (25.4 mm)	25 pulg. (635 mm)	4 pulg. (101.6 mm)				
	2	14 pulg. (355.6 mm)	2 pulg. (50.8 mm)	26 pulg. (660.4 mm)	5 pulg. (127 mm)	13 pulg. (330.2 mm)	3 pulg. (76.2 mm)	23 pulg. (584.2 mm)	5in (127 mm)
3 x 20 μm	1								
	2	22 pulg. (558.8 mm)	2 pulg. (50.8 mm)	23 pulg. (584.2 mm)	5 pulg. (127 mm)				
1 x 50 μm	1								
	2					12 pulg. (304.8 mm)	4 pulg. (101.6 mm)	Sin fuga	
3 x 50 μm	1								
	2					14 pulg. (355.6 mm)	3 pulg. (76.2 mm)	Sin fuga	
5 x 50 μm	1								
	2					13 pulg. (330.2 mm)	4 pulg. (101.6 mm)	Sin fuga	

Tabla 12

		Columna de tropicamida para lado de malla				Columna de tropicamida directamente por encima de la malla			
		Agujeros de ventilación (pulgadas de tropicamida)		Agujeros de malla (pulgadas de tropicamida)		Agujeros de ventilación (pulgadas de tropicamida)		Agujeros de malla (pulgadas de tropicamida)	
Agujero de ventilación anular	Condición de montaje	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
1 x 5 µm	1								
	2	7 pulg. (177.8 mm)	1.5 pulg. (38.1 mm)	6.8 pulg. (172.72 mm)	1 pulg. (25.4 mm)				
1 x 10 µm	1								
	2	4.8 pulg. (121.92 mm)	0.9 pulg. (22.86 mm)	6 pulg. (152.4 mm)	0.7 pulg. (17.78 mm)	7 pulg. (177.8 mm)		5.6 pulg. (142.24 mm)	1.2 pulg. (30.48 mm)
3 x 10 µm	1								
	2	n/a		6.3 pulg. (160.02 mm)	1.3 pulg. (33.02 mm)	n/a		4.8 pulg. (121.92 mm)	0.5 pulg. (12.7 mm)
3 x 20 µm	1								
	2	n/a		8.1 pulg. (205.74 mm)	1.6 pulg. (40.64 mm)			3.8 pulg. (96.52 mm)	0.8 pulg. (20.32 mm)
1 x 50 µm	1								
	2	4 pulg. (101.6 mm)	0.9 pulg. (22.86 mm)	6 pulg. (152.4 mm)	1.3 pulg. (33.02 mm)				

3 x 50 $\mu\text{m}$	1								
	2	4.8 pulg. (121.92 mm)	0.7 pulg. (17.78 mm)	6.4 pulg. (162.56 mm)	0.8 pulg. (20.32 mm)				

Tabla 13

		Columna de Latanoprost al lado de la malla			
		Agujeros de ventilación (pulgadas de Latanoprost)		Agujeros de Malla (pulgadas de Latanoprost)	
Agujero de Ventilación Anular	Condición de Montaje	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
1 x 5 $\mu\text{m}$	1				
	2	n/a		3.7 pulg. (93.98 mm)	0.6 pulg. (15.24 mm)
1 x 10 $\mu\text{m}$	1				
	2	n/a		3.5 pulg. (88.9 mm)	0.6 pulg. (15.24 mm)
1 x 50 $\mu\text{m}$	1				
	2	3.3 pulg. (83.82 mm)	0.7 pulg. (17.78 mm)	3.7 pulg. (93.98 mm)	0.6 pulg. (15.24 mm)

- 5 Aunque lo anterior describe diversas realizaciones a modo de ilustración y ejemplo, el experto en la materia apreciará que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones dentro del espíritu y alcance de la presente solicitud.
- 10 Como se mencionó anteriormente, las gotas se pueden formar mediante un mecanismo eyector del fluido contenido en un depósito que está acoplado al mecanismo eyector. El mecanismo eyector y el depósito, que juntos forman un montaje eyector, pueden configurarse para que sean desmontables para permitir que el conjunto sea desecharo o reutilizado. Por lo tanto, los componentes pueden estar empaquetados en una carcasa, por ejemplo, la sección 200 superior de la carcasa 202 mostrada en la figura 2, de una manera extraíble. Por lo tanto, la propia carcasa puede ser desecharable o reutilizable configurada para recibir un mecanismo eyector extraíble. La carcasa puede ser portátil, miniaturizada o formada para acoplarse a una base, y puede adaptarse para la comunicación con otros dispositivos. Las carcasa pueden estar codificadas por color o configuradas para una fácil identificación.
- 15 Aunque las formas de realización específicas del mecanismo eyector se describen a continuación, esto no limita la configuración o el uso del mecanismo eyector ni las características que pueden añadirse al dispositivo eyector. Los dispositivos de eyección, en algunas implementaciones, pueden incluir medios de iluminación, medios de alineación, medios de control de temperatura, medios de diagnóstico u otras características. Otras implementaciones pueden ser parte de una red más grande de dispositivos interconectados e interactivos utilizados para la atención y el tratamiento del sujeto. El mecanismo eyector puede ser, por ejemplo, un accionador piezoelectrónico como se describe en este documento.

Con referencia a las figuras 55 A-C, que no hacen parte de la presente invención, un montaje 5500 de expulsión puede incluir un mecanismo 5501 eyector y un depósito 5520. El mecanismo 5501 eyector puede incluir una placa 5502 eyectora acoplada a una placa 5532 de generador que incluye una o más aberturas u agujeros 5526. La placa 5502 eyectora y la placa 5532 de generador que pueden activarse por un accionador 5504 piezoelectrico que vibra para suministrar un fluido 5510, contenido en el depósito 5520, en forma de gotas 5512 eyectadas a lo largo de una dirección 5514. De nuevo, el fluido puede ser un fluido oftálmico que se expulsa hacia un ojo 5516 de un humano adulto, niño o animal. Además, el fluido puede contener un producto farmacéutico activo para tratar una incomodidad, afección o enfermedad de un ser humano o un animal. En algunas implementaciones, la placa generadora es una placa generadora de polímeros de alto módulo, por ejemplo, formada a partir de un material seleccionado del grupo que 10 consiste en: polietileno de peso molecular ultraalto (UHMWPE), poliimida, poliéster éter cetona (PEEK), fluoruro de polivinilideno (PVDF) y polieterimida. comprende una placa generadora polimérica de alto módulo.

Como se muestra en la figura 55A, la placa 5502 eyectora está dispuesta sobre la parte frontal del depósito 5520 que contiene el fluido 5510. La superficie 5525 posterior de la placa 5502 eyectora está dispuesta para ser adyacente al fluido 5510. El depósito 5520 tiene, por lo tanto, un extremo 5538 abierto que está unido adyacente a la superficie 15 5525 y a las aberturas 5526. La superficie 5525 encierra el fluido 5510 en el depósito 5520. El depósito 5520 se puede acoplar a la placa 5502 eyectora en una región 5546 periférica de la superficie 5525 de la placa 5502 eyectora utilizando un sello o acoplamiento adecuado. A modo de ejemplo, el depósito 5520 se puede acoplar a través de una junta 5548a tórica. Aunque no se muestra, se puede utilizar más de una junta tórica. Como se conoce en la técnica, las juntas tóricas pueden tener cualquier forma de sección transversal adecuada. Además, se pueden utilizar otros 20 acopladores tales como sellos poliméricos, cerámicos o metálicos. Alternativamente, el acoplamiento puede eliminarse por completo y el depósito 5520 puede estar conectado integralmente a la placa 5502 eyectora, por ejemplo, mediante soldadura o sobremoldeo. En tal implementación, se puede proporcionar una abertura a través de la cual se suministra fluido al depósito 5520 (no mostrado). En realizaciones en las que se usan acoplamientos, los acoplamientos pueden hacerse extraíbles, por ejemplo, proporcionando una conexión articulada entre el depósito 5520 y la placa 5502 eyectora, o proporcionando un conector flexible o no rígido, por ejemplo, conector polimérico.

El depósito 5520 puede definir un labio periférico o pared 5550 que cubre partes de la placa 5502 eyectora. En la implementación de la figura 55A, la pared 5550 no contacta directamente con la placa 5502 eyectora, sino que está acoplada a las juntas 5548a tóricas. Alternativamente, la pared 5550 se puede unir directamente a la placa 5502 eyectora. En cambio, el depósito se puede unir directamente a la placa 5502 eyectora y la pared 5550 se puede omitir por completo.

La configuración del depósito, que incluye la forma y dimensión, se puede seleccionar basándose en la cantidad de fluido 5510 que se va a almacenar, así como la geometría de la placa 5502 eyectora. Las formas alternativas de depósitos incluyen vejigas alimentadas por gravedad, absorbentes o plegables (como se discutió anteriormente y que acomodan los diferenciales de presión). Estos depósitos pueden llenarse previamente, llenarse utilizando una 35 microbomba o configurarse para recibir un cartucho reemplazable. La microbomba puede llenar el depósito bombeando líquido dentro o fuera de un recipiente plegable o no plegable. El cartucho puede incluir un recipiente que se carga en el depósito. Alternativamente, el propio cartucho puede estar acoplado a un montaje eyector desecharable que luego se reemplaza después de un número especificado de descargas. Ejemplos de depósitos se ilustran en la Solicitud de Patente de Estados Unidos No. 13/184.484, presentada el 15 de julio de 2011.

40 En algunas implementaciones, el depósito 5520 incluye agujeros 5542 pasantes (solo uno mostrado en la figura 55A) para permitir que el aire escape o ingrese al depósito 5520 y mantenga el fluido 5510 en el depósito a la presión ambiental apropiada. Los agujeros 5542 pasantes tienen un diámetro pequeño para que el fluido 5510 no se escape de los agujeros. Alternativamente, no se pueden formar aberturas en el depósito 5520, y al menos una porción, por ejemplo, la porción 5544, o todo el depósito 5520 puede ser plegable, por ejemplo, en forma de vejiga, como se discutió 45 con mayor detalle anteriormente. Por lo tanto, el depósito completo puede, en algunas realizaciones, hacerse en forma de una vejiga flexible o plegable. De acuerdo con lo anterior, cuando el fluido 5510 es eyectado a través de las aberturas 5526, el depósito 5520 cambia su forma y volumen para seguir los cambios en la cantidad de fluido 5510 en el depósito 5520.

50 En la realización de la figura 55A, el mecanismo 5501 eyector se activa vibrando mediante un accionador 5504 piezoelectrico, que tiene una forma anular. Dos electrodos 5506a y 5506b están formados en dos superficies 5536 y 5534 opuestas del accionador 5504 piezoelectrico que son paralelas a la superficie 5522 de la placa 5502 eyectora y activan el accionador 5504 piezoelectrico para hacer vibrar la placa 5502 eyectora y una placa 5532 de generador. Para facilitar la representación, la placa 5502 eyectora y la placa 5532 de generador se muestran en un plano común. Sin embargo, como se analiza con mayor detalle a continuación con respecto a las figuras 1B-1D, la placa 5532 de 55 generador está unida a una superficie de la placa 5502 eyectora. Los electrodos 5506a y 5506b se pueden unir a la placa eyectora o al accionador piezoelectrico de cualquier manera conocida, incluida la fijación mediante adhesivo o unión de otro modo. También pueden estar sobremoldeados en su lugar en la placa 5502 eyectora. Se pueden utilizar cables u otros conectores conductores para afectar el contacto eléctrico necesario entre la placa 5502 eyectora y los electrodos 5506a y 5506b. Alternativamente, los electrodos se pueden formar en la placa 5502 eyectora chapeando o depositando de otro modo. A modo de ejemplo, los electrodos se unen por medio de un adhesivo 5528 eléctricamente 60

conductor que se aplica entre el electrodo 5506a y la placa 5502 eyectora para colocar el electrodo 5506a en contacto eléctrico con la placa 5502 eyectora. Cuando se aplica un voltaje a través de los electrodos 5506a y 5506b, el accionador 5504 piezoelectrónico desvía la placa 5502 eyectora y también la placa 5532 de generador para cambiar la forma a una forma más cóncava o convexa.

5 De acuerdo con lo anterior, cuando se aplica un voltaje a través de los electrodos 5506a y 5506b, el accionador 5504 piezoelectrónico desvía la placa 5502 eyectora y también la placa 5532 de generador para cambiar la forma alternativamente más cóncava o convexa a la frecuencia de resonancia de la placa 5502 eyectora acoplada y placa 5532 de generador. La placa 5502 eyectora acoplada y la placa 5532 de generador desviadas por el accionador 5504 piezoelectrónico a la frecuencia de resonancia pueden amplificar el desplazamiento de la placa 5502 eyectora acoplada y la placa 5532 de generador, disminuyendo así los requisitos de potencia de la entrada del accionador piezoelectrónico.  
 10 En un aspecto adicional, el factor de amortiguación del sistema de resonancia de la placa 5502 eyectora acoplada y la placa 5532 de generador debido a la resistencia interna inherente del anillo/malla limita el movimiento para evitar una condición de descontrol e impedir una falla catastrófica.

15 En la técnica se conoce un amplio intervalo de voltajes correspondientes a diferentes materiales piezoelectrómicos, pero a modo de ejemplo, un diferencial de tensión de entre 5 y 60 V, o 30 y 60 V, por ejemplo, Se pueden aplicar 40 o 60 V a los electrodos. Cuando la dirección del diferencial de voltaje se invierte, por ejemplo, a -40 o -60, la placa se desviará en la dirección opuesta. De esta forma, el accionador 5504 piezoelectrónico provoca la oscilación de la placa 5502 eyectora y la placa 5532 de generador que constituye la vibración que da como resultado la formación de las gotas 5512 a partir del fluido 5510. A medida que se aplica voltaje alterno a los electrodos 5506a y 5506b, la placa 20 5502 eyectora y la placa 5532 de generador oscilan, provocando que las gotas de fluido 5512 se acumulen en las aberturas 5526 y eventualmente sean eyectadas de las aberturas 5526 a lo largo de la dirección 5514 fuera del alcance depósito 5520. La frecuencia y la longitud de onda de oscilación pueden depender de muchos factores, que incluyen, pero no se limitan a, el espesor, composición y morfología y propiedades mecánicas de la placa 5502 eyectora, incluida su rigidez, las propiedades de la placa 5532 de generador, el volumen de las aberturas 5526, el número de aberturas 25 5526, la composición y la estructura del accionador 5504 piezoelectrónico, el voltaje de activación de la actuación piezoelectrónica, la frecuencia y la forma de onda, la viscosidad del fluido, la temperatura y otros factores. Estos parámetros se pueden ajustar o seleccionar para crear el flujo de gota deseado. La frecuencia de eyeción de gotas también depende de muchos factores. En algunas implementaciones, las gotas 5512 son eyectadas a una frecuencia inferior a la frecuencia de impulsos aplicada al accionador 5504 piezoelectrónico. Por ejemplo, las gotas 5512 son 30 eyectadas cada 1-1000 ciclos, y más específicamente 8-12 ciclos, de la vibración de la placa de eyeción/placa de generador (que vibra a la misma frecuencia que el accionador 5504). En algunas implementaciones, la placa del generador comprende una placa generadora polimérica de alto módulo. Como se ilustra en la figura 55C, la placa 5502 eyectora puede estar centralmente simétrica montada mediante estructuras de montaje simétricas 5555 a través de agujeros de montaje opcionales 5551. Las estructuras de montaje simétricas pueden maximizar el área superficial 35 de velocidad constante de la placa 5502 eyectora, suprimir modos antisimétricos y unir mecánicamente el material piezoelectrónico a los modos Bessel de orden inferior. En esta realización, hay cuatro lengüetas 5555 de montaje como se muestra en la figura 1C. Puede haber ocho lengüetas 5555 de montaje. Puede haber 16 pestañas 5555 de montaje.

40 En ciertos aspectos, el montaje centro-simétrico proporciona el uso de materiales piezoelectrómicos que no contienen plomo, por ejemplo, BaTiO<sub>3</sub>. En una realización de la descripción, el acoplamiento de resonancia de la placa 5502 eyectora a una placa 5532 de generador y al accionador 5504 piezoelectrónico proporciona el uso de materiales piezoelectrómicos que tienen desplazamientos menores que los materiales piezoelectrómicos estándar de la industria. Con referencia a la figura 55A, una placa 5502 eyectora puede ser una placa 5502 eyectora simple que tiene una placa 5532 de generador integrada que tiene una región 5530 central y aberturas 5526. En las figuras 55B-D la placa 1602 eyectora puede ser una placa 1602 eyectora híbrida que tiene una placa 5532 de generador acoplada que tiene una región 5530 central y aberturas 5526. La primera superficie 5522 de la placa 5502 eyectora se puede acoplar a la placa 5532 de generador. La placa 5502 eyectora puede comprender generalmente una región 5552 central abierta configurada para alinearse con la placa 5532 de generador. La placa 5532 de generador puede entonces acoplarse con la placa 5502 eyectora de manera que una región 5530 central de la placa 5532 de generador se alinee con la región 5552 central abierta de la placa 5502 eyectora. La región 5530 central de la placa 5532 de generador puede 45 incluir generalmente una o más aberturas u agujeros 5526, y alineación de la región 5552 central abierta de la placa 5502 eyectora con la región 5530 central de la placa 5532 de generador con sus una o más aberturas 5526 permite la comunicación a través de la una o más aberturas 5526. La placa de generador comprende una placa de generador polimérico de alto módulo. La región 5552 central abierta de la placa 5502 eyectora puede ser más pequeña que la placa 5532 de generador para proporcionar suficiente sobreposición de material para permitir el acoplamiento de la placa 5502 eyectora y la placa 5532 de generador. Sin embargo, la región 5552 central abierta de la placa 5502 eyectora debería, en dichas realizaciones, dimensionarse y formarse para no interferir u obstruir la región 5530 central 50 (y por lo tanto una o más aberturas 5526) de la placa del generador 5532. A modo de ejemplo no limitativo, la región 5552 central abierta de la placa eyectora se puede conformar de manera similar a la placa 5532 de generador, y se puede dimensionar para que tenga, por ejemplo, aproximadamente 0.5 mm a aproximadamente 4 mm, por ejemplo, de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 4 mm, o de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 2 mm, etc., de material de sobreposición disponible para el acoplamiento de la placa 5532 de generador a la placa 5502 eyectora (por ejemplo, se sobreponen por todos lados). Por ejemplo, la región 5552 central abierta de la placa eyectora puede 55 60

conformarse como un cuadrado, un rectángulo, un círculo, un óvalo, etc., de manera que generalmente coincide con la forma de la placa 5532 de generador, y dimensionada de tal manera que la la región 5552 central abierta es, por ejemplo, de aproximadamente 0.5 mm a aproximadamente 4 mm más pequeña en dimensiones totales (es decir, el diámetro de un círculo es aproximadamente de 0.5 a aproximadamente 4 mm más pequeño, los ejes mayor y menor de un óvalo son de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 4 mm más pequeño, la longitud de los lados de un cuadrado o rectángulo es de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 4 mm más pequeña, etc.). En algunas

5 realizaciones, la placa de generador comprende una placa de generador polimérico de alto módulo.

Salvo que se describa aquí de otra manera, los mecanismos eyectores ejemplares se divultan en las solicitudes de 10 los Estados Unidos números: 13/712,784, presentada el 12 de diciembre de 2012, titulada "Mecanismos de eyección, dispositivos y métodos de uso", y 13/712,857, presentada el 12 de diciembre de 2012, titulado "Mecanismo eyector polimérico de alto módulo, dispositivo eyector y métodos de uso".

15 La placa 5532 de generador se puede acoplar a la placa 5502 eyectora utilizando cualquier manera adecuada conocida en la técnica, dependiendo de los materiales en uso. Los ejemplos de métodos de acoplamiento incluyen el uso de adhesivos y materiales de unión, por ejemplo, pegamentos, resinas epoxi, agentes de unión y adhesivos tales como loctite 409 u otro super pegamento adecuado, soldadura y procesamiento de unión, por ejemplo, unión ultrasónica o 20 termosónica, unión térmica, unión por difusión o ajuste a presión, etc.

25 La superficie 5522 de la placa 5502 eyectora también se puede acoplar a un accionador 5504 piezoelectrónico, que activa la placa 5532 de generador para formar las gotas después de la activación. La manera y la ubicación de la unión del accionador 5504 piezoelectrónico a la placa 5502 eyectora afecta el funcionamiento del montaje eyector 5500 y la creación de la corriente de gotas. Como se muestra en las figuras 55B-C, el accionador 5504 piezoelectrónico se puede acoplar a una región periférica de la superficie 5522 de la placa 5502, mientras que la placa del generador 5532 está acoplada a la superficie 5522 para alinearse con la región 5552 central abierta de la placa 5502 eyectora, como se describió anteriormente. El accionador 5504 piezoelectrónico está generalmente acoplado a la placa 5502 eyectora para no cubrir u obstruir la región 5530 central (y por lo tanto una o más aberturas 5526) de la placa del generador 5532. De esta manera, el fluido 5510 puede pasar a través de las aberturas 5526 para formar gotas 5512 (como se muestra en la figura 55A).

30 La estructura definida por la placa 5502 eyectora y la placa 5532 generadora opcionalmente acoplada posee un gran número de modos propios que definen, para cada modo propio, la forma que adoptará la estructura cuando se excite dicha estructura. Ejemplos de modos propios se presentan en la figura 3. Para una máxima eyección en cualquiera de estos modos propios, el accionador 5504 piezoelectrónico debe conformarse adecuadamente y colocarse en una 35 posición que proporcione la menor cantidad de resistencia a la deformación de la placa 5502 eyectora y opcionalmente la placa 5532 de generador acoplada en el modo propio deseado. Si el accionador 5504 piezoelectrónico proporciona una restricción en la forma de un modo propio dado, la rigidez del accionador 5504 piezoelectrónico y la capa de unión puede amortiguar el modo (proporcionar resistencia hacia el movimiento continuo), y puede forzar el movimiento de la estructura para que sea extremadamente dependiente de las propiedades del material actuador 5504 piezoelectrónico. Esto puede limitar la eyección de masa en aproximadamente la relación de las propiedades del actuador 5504 piezoelectrónico.

40 En algunas implementaciones, la placa 5502 eyectora y los modos propios de la placa 5532 de generador opcionalmente acoplados pueden excitarse con poca o ninguna resistencia (aparte de la placa 5502 eyectora interna y la resistencia opcional de la placa 5532 de generador) al movimiento continuo (placa 5502 eyectora y opcionalmente acoplada). placa 5532 de generador de resonancia) simplemente montando el accionador 5504 piezoelectrónico en el borde de la placa 5502 eyectora y opcionalmente la placa 5532 generadora acoplada. Al unir el accionador 5504 piezoelectrónico al borde de la placa 5502 eyectora y, opcionalmente, la placa 5532 generadora acoplada, se puede proporcionar la menor resistencia posible a la placa 5502 eyectora y el movimiento de la placa 5532 de generador 45 opcionalmente acoplado. En una realización unida por borde, o cerca de borde, se minimizan las limitaciones de las propiedades 5504 del actuador piezoelectrónico, ya que la resistencia mecánica ofrecida por la rigidez de la cerámica (por ejemplo, el actuador 5504 piezoelectrónico) y la unión a las formas de modo propio es menor que de la placa 5502 eyectora y opcionalmente acoplada la placa 5532 de generador misma.

50 En determinados aspectos de la presente divulgación, los modos propios de la placa 5502 eyectora y la placa 5532 generadora opcionalmente acoplada se pueden optimizar variando las dimensiones del accionador 5504 piezoelectrónico. En un aspecto, un modo propio dado puede excitarse montando la fuerza impulsora (por ejemplo, accionador 5504 piezoelectrónico) en el lugar correcto, con relación a la onda estacionaria en la placa 5502 eyectora y opcionalmente la placa 5532 generadora acoplada, y restringiendo las dimensiones del Actuador 5504 piezoelectrónico dentro del nodo o antinodo de onda estacionaria (dependiendo del modo de conducción radial o longitudinal dominante). Los modos propios de una placa 5502 eyectora y opcionalmente la placa 5532 de generador acoplada y su forma se pueden encontrar analizando la solución del problema Sturm-Liouville.

Aunque se pueden encontrar modos propios idealizados de una membrana (por ejemplo, un tambor) por solución del problema de Sturm-Liouville, en determinados aspectos de la presente divulgación se vuelve matemáticamente difícil

o incluso intratable para resolver analíticamente para las formas de modos propios, frecuencias y coeficientes de amplitud correspondientes de la vibración de una placa 5502 eyectora y opcionalmente acoplado a la placa 5532 generadora. Las limitaciones analíticas para obtener una solución al problema de Sturm-Liouville surgen cuando se carga una membrana idealizada, incluye un elemento de accionamiento, tiene una condición límite no ideal o comprende múltiples materiales.

En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, la placa 5502 eyectora y la placa 5532 generadora opcionalmente acoplada pueden incluir cargas tales como el fluido 5510. En otros aspectos, la placa 5502 eyectora y la placa 5532 de generador acoplada opcionalmente pueden incluir un elemento de accionamiento de actuador 5504 piezoelectrónico.

En otro aspecto, la placa 5502 eyectora puede incluir la placa 5532 de generador acoplada que comprende uno o más materiales. En un aspecto adicional, la placa 5502 eyectora puede ser de un grosor no uniforme. Del mismo modo, en un aspecto, la placa de generador acoplada 5532 puede ser de espesor no uniforme. En otro aspecto más, la placa 5532 de generador puede tener aberturas 5526 que no son uniformes y pueden conducir a soluciones analíticas no triviales.

Las limitaciones analíticas que surgen de una membrana no idealizada pueden superarse. En determinados aspectos de acuerdo con la presente divulgación, se puede utilizar un software computacional que divide una estructura completa en elementos discretos más pequeños utilizando Métodos de Elementos Finitos (FEM). En un aspecto, el software computacional discretiza la estructura en elementos que pueden ser la mitad o menos del tamaño de la longitud de onda mínima (frecuencia máxima) de interés vibratorio. En otros aspectos, los elementos discretos pueden ser un quinto o menos del tamaño de la longitud de onda mínima (frecuencia máxima) de interés vibratorio.

En otros aspectos, los elementos discretos pueden ser un décimo o menos del tamaño de la longitud de onda mínima (frecuencia máxima) de interés vibratorio. En otro aspecto de la presente divulgación, los elementos discretos pueden ser un quinceavo o un vigésimo o menos del tamaño de la longitud de onda mínima (frecuencia máxima) de interés vibratorio. En un aspecto, el problema analítico que comprende una ecuación diferencial parcial puede ser representado por las diferencias centrales en cada punto de los elementos discretos. En otro aspecto, la ecuación diferencial parcial se puede resolver encontrando una suma de funciones básicas que minimicen la energía del sistema.

En un aspecto, utilizando técnicas FEM, las frecuencias y formas de modo propio se pueden determinar a través del análisis modal para un conjunto dado de condiciones de contorno, tales como libre, simplemente soportado, fijado, fijado o algún híbrido de estas condiciones de contorno. En un aspecto, la forma del accionador 5504 piezoelectrónico puede determinarse mediante la forma de modo propio que se pretende que impulse. En ciertos aspectos, la forma del accionador 5504 piezoelectrónico está determinada en gran medida por el contrapeso de la fuerza aplicada por unidad de área, que está directamente relacionado con el área del accionador 5504 piezoelectrónico en contacto con la placa 5502 eyectora y opcionalmente con la placa 5532 de generador, y la resistencia o amortiguación aplicada a la forma de modo por la rigidez del accionador 5504 piezoelectrónico unido.

En ciertas variantes, una vez que se determina la ubicación y el tamaño inicial del accionador 5504 piezoelectrónico, se modela en la placa 5502 eyectora y se simula con un voltaje aplicado a la parte superior del accionador 5504 piezoelectrónico y conectado a tierra en la placa 5502 eyectora y terminal de la placa 5532 del generador opcionalmente acoplada. La placa 5502 eyectora y la placa 5532 de generador opcionalmente acoplada pueden ser una simple placa 5502 eyectora, una placa 5502 eyectora híbrida que tiene una placa 5532 generadora acoplada, una placa 5502 eyectora simple o híbrida que tiene una estructura de 4 postes, una estructura apantallada de campo eléctrico o cualquier otra combinación de estructuras. La frecuencia de excitación del accionador 5504 piezoelectrónico se barre en la simulación desde una frecuencia cercana a cero hasta varios cientos de kilohercios (kHz), o más generalmente cualquier frecuencia. La forma de modo, la amplitud del desplazamiento y la velocidad de la placa 5502 eyectora simple o híbrida se calculan las experiencias para cada frecuencia en el barrido. Aplicando técnicas FEM, se pueden evaluar la amplitud y la velocidad de un diseño.

Si el sistema de placa 5502 eyectora/actuador 5504 piezoelectrónico se mueve con una amplitud y velocidad adecuadas a la frecuencia deseada, el diseño está completo. De lo contrario, el diseño se sintoniza adelgazando o espesando la altura del accionador 5504 piezoelectrónico con el fin de alterar la amortiguación de la placa 5502 eyectora aplicada por el accionador 5504 piezoelectrónico. En ciertos aspectos, el accionador 5504 piezoelectrónico también se puede sintonizar en grosor lateral/radial con el fin de reducir la amortiguación de modos específicos o para desplazar frecuencias de resonancia tanto más altas como más bajas. Las simulaciones se repiten dada la tendencia del dimensionador 5504 del actuador piezoelectrónico hasta que se completa la optimización del diseño.

Como el montaje eyector 5500 se utiliza para administrar agentes terapéuticos u otros fluidos al objetivo deseado, por ejemplo, el ojo, el montaje eyector 5500 puede diseñarse para evitar que el fluido 5510 contenido en el depósito 5520 y las gotas 5512 eyectadas se contaminen. En algunas implementaciones, por ejemplo, se puede formar un revestimiento (no mostrado) sobre al menos una parte de la(s) superficie(s) expuesta(s) del accionador 5504 piezoelectrónico, la placa 5502 eyectora, la placa 5532 de generador, etc., que están expuestas a los fluidos. El revestimiento se puede utilizar para evitar el contacto directo del accionador 5504 piezoelectrónico y los electrodos 5506a y 5506b con el fluido 5510. El revestimiento se puede utilizar para evitar la interacción de la placa 5502 eyectora o la

placa 5532 de generador con el fluido. El recubrimiento o un revestimiento separado también se pueden utilizar para proteger el accionador 5504 piezoelectrónico y los electrodos 5506a y 5506b del entorno. Por ejemplo, el revestimiento puede ser un recubrimiento conformacional que incluye un material no reactivo, por ejemplo, polímeros que incluyen polipropileno, nylon o polietileno de alta densidad (HDPE), oro, platino o paladio, o revestimientos tales como Teflon®.

5 Los recubrimientos se describen con más detalle en el presente documento.

La placa 5532 de generador puede ser una placa perforada que contiene al menos una abertura 5526. La una o más aberturas 5526 permiten que se formen las gotas a medida que el fluido 5510 pasa a las aberturas y se eyecta desde la placa del generador 5532. La placa 5532 de generador puede incluir cualquier configuración adecuada de aberturas. Ejemplos de placas generadoras 5532 que comprenden polímeros de alto módulo se ilustran en la Solicitud de Estados 10 Unidos No. 13/712.857, presentada el 12 de diciembre de 2012, titulada "Mecanismo de eyector polimérico de alto módulo, dispositivo eyector y métodos de uso".

En algunas implementaciones, la placa 5502 eyectora se puede formar de un metal, por ejemplo, acero inoxidable, 15 níquel, cobalto, titanio, iridio, platino o paladio o aleaciones de los mismos. Alternativamente, la placa se puede formar de otro material adecuado, que incluye otros metales o polímeros, y se puede revestir como se describe aquí. La placa puede ser un compuesto de uno o más materiales o capas. La placa puede fabricarse, por ejemplo, al cortar lámina metálica, preformar, laminado, fundir o conformar de otro modo. Los revestimientos también se pueden depositar mediante técnicas de deposición adecuadas tales como pulverización catódica, deposición de vapor que incluye 20 deposición física en fase de vapor (PAD), deposición química en fase de vapor (COD) o deposición de polvo electrostático. El revestimiento protector puede tener un grosor de aproximadamente menos de 0.1 µm a aproximadamente 500 µm. Es deseable que el recubrimiento se adhiera a la placa 5502 eyectora suficientemente para evitar la deslaminação cuando se vibra a una alta frecuencia.

Con referencia a las figuras 55B y 55D, en una implementación, la placa 5502 eyectora y la placa 5532 de generador 25 pueden tener formas circulares concéntricas. En ciertas realizaciones, la placa eyectora puede ser más grande que la placa del generador, para acomodar el acoplamiento de la placa del generador y otros componentes (por ejemplo, actuador piezoelectrónico, etc.) descritos aquí. En ciertas realizaciones, el tamaño o diámetro total de la placa del generador 5532 puede estar, al menos en parte, determinado por el tamaño de la región 5530 central y por la disposición de las aberturas 5526. La placa de generador comprende una placa de generador polimérico de alto módulo.

Sin embargo, ambas placas pueden tener independientemente otras formas, por ejemplo, una forma ovalada, 30 cuadrada, rectangular o generalmente poligonal, y pueden ser iguales o diferentes. El tamaño y la forma generales pueden ser de cualquier tamaño y forma adecuados, y se pueden seleccionar en función de los parámetros de diseño del dispositivo eyector, por ejemplo, tamaño y forma de una carcasa del dispositivo externo, etc. Además, las placas no necesitan ser planas, y pueden incluir una curvatura superficial que la haga cóncava o convexa. El accionador 5504 piezoelectrónico puede ser de cualquier forma o material adecuado. Por ejemplo, el actuador puede tener una forma 35 circular, ovalada, cuadrada, rectangular o generalmente poligonal. El accionador 5504 puede ajustarse a la forma de la placa 5502 eyectora, la placa 5532 de generador o las regiones 5530 o 5552. Alternativamente, el accionador 5504 puede tener una forma diferente. Además, el accionador 5504 se puede acoplar a la placa 5502 eyectora o a la superficie 5522 de la placa 5502 eyectora en una o más secciones. En el ejemplo que se muestra en las figuras 55B-D, el accionador 5504 piezoelectrónico tiene la forma de un anillo que es concéntrico con la placa 5502 eyectora, la placa 40 5532 de generador y las regiones 5530/5552.

En algunas implementaciones, la placa 5502 eyectora y/o la placa 5532 de generador pueden estar recubiertas con 45 un revestimiento protector que tiene propiedades anticontaminación y/o antimicrobianas. El revestimiento protector puede ser conforme sobre todas las superficies de la placa eyectora y/o placa de generador, incluidas las superficies que definen las aberturas 5526. En otras implementaciones, el revestimiento protector se puede aplicar sobre superficies seleccionadas, por ejemplo, las superficies 5522, 5525, o regiones superficiales, por ejemplo, partes de 50 dichas superficies. El recubrimiento protector se puede formar de un metal biocompatible, por ejemplo, oro, iridio, rodio, platino, paladio o aleaciones de los mismos, o un polímero biocompatible, por ejemplo, polipropileno, HDPE o Teflon®. Los materiales antimicrobianos incluyen metales tales como plata, óxido de plata, selenio o polímeros tales como policetonas. El recubrimiento protector puede estar en contacto directo con el fluido 5510 o las gotas 5512. El recubrimiento puede proporcionar una barrera inerte alrededor del fluido o puede inhibir el crecimiento microbiano y desinfectar el fluido 5510 y/o las gotas 5512.

Adicionalmente, una o ambas de la superficie 5522 de la placa 5502 eyectora y la superficie humedecida de la placa 5532 de generador que se orienta hacia el depósito 5520 pueden estar recubiertas con un recubrimiento hidrófilo o hidrófobo. Además, el revestimiento puede estar recubierto con una capa protectora. Las superficies también pueden estar recubiertas con una capa reflectante. Una capa de recubrimiento puede ser tanto protectora como reflectante. Alternativamente, una o más de las superficies pueden haberse formado para ser reflectantes. Por ejemplo, las superficies pueden estar hechas de acero inoxidable, níquel-cobalto u otro material reflectante. Una superficie puede haberse formado o pulido para que sea reflectante. Además de hacer que la superficie sea reflectante, la superficie

también puede estar retroiluminada en su superficie o alrededor de su perímetro. En aplicaciones oftálmicas, una superficie reflectante ayuda al usuario a alinear el montaje del eyector con el ojo.

Si se desea, las superficies del montaje eyector pueden incluir revestimientos que pueden ser preformados por inmersión, chapeado, que incluyen galvanoplastia, o encapsulamiento de otro modo, tal como mediante moldeo o colado. Los revestimientos también se pueden depositar mediante técnicas de deposición adecuadas tales como pulverización catódica, deposición de vapor, incluida la deposición de vapor físico (PAD) y la deposición de vapor químico (COD), o la deposición de polvo electrostático. La capa protectora puede tener un grosor de menos de 0.1  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 500  $\mu\text{m}$ . Es deseable que el revestimiento se adhiera a la placa lo suficiente como para evitar la deslaminación cuando vibra a una frecuencia alta.

10 El accionador 5504 piezoelectrónico se puede formar a partir de cualquier material adecuado conocido en la técnica. A modo de ejemplo, en algunas implementaciones, el accionador piezoelectrónico se puede formar a partir de PZT, titanato de bario o materiales piezoelectrónicos basados en polímeros, tales como fluoruro de polivinilidina. Los electrodos 5506a y 5506b pueden estar formados por conductores adecuados que incluyen oro, platino o plata. Los materiales adecuados para utilizar como el adhesivo 5528 pueden incluir, pero no se limitan a, adhesivos tales como adhesivos de silicona, resinas epoxi o pasta de plata. Un ejemplo de un adhesivo conductor incluye adhesivo tixotrópico tal como Dow Corning DA6524 y DA6533. El depósito 5520 puede estar formado de un material polimérico, algunos ejemplos de los cuales incluyen Teflon®, caucho, polipropileno, polietileno o silicona.

20 Los materiales cerámicos piezoelectrónicos son isotrópicos en estado no desviado, pero se vuelven anisotrópicos en el estado desviado. En materiales anisotrópicos, tanto el campo eléctrico como el desplazamiento eléctrico deben representarse como vectores con tres dimensiones de forma similar al vector de fuerza mecánica. Esto es un resultado directo de la dependencia de la relación de desplazamiento dieléctrico,  $D$ , al campo eléctrico,  $E$ , sobre la orientación de la placa del condensador a los ejes de cristal (o cerámica polarizada). Esto significa que la ecuación general para el desplazamiento eléctrico se puede escribir como una ecuación de variable de estado:

$$D_i = \epsilon_{ij} E_j$$

25 El desplazamiento eléctrico es siempre paralelo al campo eléctrico, por lo que cada vector de desplazamiento eléctrico,  $D_i$ , es igual a la suma de los vectores de campo,  $E_j$ , multiplicados por su constante dieléctrica correspondiente,  $\epsilon_{ij}$ :

$$D_1 = \epsilon_{11} E_1 + \epsilon_{12} E_2 + \epsilon_{13} E_3$$

$$D_2 = \epsilon_{21} E_1 + \epsilon_{22} E_2 + \epsilon_{23} E_3$$

$$D_3 = \epsilon_{31} E_1 + \epsilon_{32} E_2 + \epsilon_{33} E_3$$

30 La mayoría de las constantes dieléctricas para cerámica piezoelectrónica (a diferencia de los materiales piezoelectrónicos monocrystalinos) son cero. Los únicos términos que no son cero son:

$$\epsilon_{11} = \epsilon_{22}, \epsilon_{33}$$

35 El efecto piezoelectrónico relaciona los efectos mecánicos con los efectos eléctricos. Estos efectos dependen en gran medida de su orientación hacia el eje polar. El esquema de numeración del eje se muestra en la figura 56. Por ejemplo, para la constante electromecánica  $d_{ab}$ , a = dirección eléctrica; b = dirección mecánica y para la constante electromecánica  $D_{33} = \epsilon_{33} E_3$  con desplazamiento mecánico en la dirección polarizada, Z en este caso. Con referencia a la figura 55A, la dirección Z es la dirección de las gotas eyectadas 5512, dirección 5514.

40 De acuerdo con lo anterior,  $D_{33}$  es la polarización inducida en la dirección Z (dirección de los polos, correspondiente a la dirección 5514 en la figura 55A) que es paralelo a la dirección en la que el material cerámico se polariza. Los materiales piezoelectrónicos pueden describirse por desplazamiento mecánico en la dirección polarizada Z (por ejemplo, dirección 5514 de la figura 55A). El material piezoelectrónico puede ser un titanato de zirconio de plomo (PZT) que tiene un  $D_{33} = 330 \text{ pC/N}$ . El material piezoelectrónico puede ser un tipo de un sistema multicomponente basado en  $\text{PbTiO}_3$ - $\text{PbZrO}_3$  (PZT) que se utiliza ampliamente. Las cerámicas piezoelectrónicas PZT comercialmente disponibles incluyen PZT-4 que tiene un  $D_{33}$  de 225 pC/N, PZT-5A que tiene un  $D_{33}$  de 350 pC/N, y PZT-5H que tiene un  $D_{33}$  de 585 pC/N.

45 El actuador piezoelectrónico basado en (PZT) se puede formar a partir de un material que tiene un  $D_{33}$  superior a 300 pC/N. La cerámica piezoelectrónica puede tener un  $D_{33}$  de 200 pC/N a 300 pC/N. La cerámica piezoelectrónica puede tener un  $D_{33}$  de 250 pC/N a 300 pC/N.

50 En algunas implementaciones, puede ser deseable eliminar el plomo del material piezoelectrónico por razones de seguridad y conformidad FDA/EU. En una implementación, se puede utilizar una cerámica piezoelectrónica libre de plomo que tiene un  $D_{33}$  de menos de 300 pC/N. Una cerámica piezoelectrónica libre de plomo puede tener un  $D_{33}$  de menos de 200. Una cerámica piezoelectrónica sin plomo puede tener un  $D_{33}$  de entre 150 pC/N y 200 pC/N. El  $D_{33}$  de la cerámica

sin plomo puede ser menor que 150 pC/N. Una cerámica piezoelectrica sin plomo puede tener un D<sub>33</sub> de entre 100 y 150 pC/N. El D<sub>33</sub> de una cerámica sin plomo adecuada para un actuador piezoelectrico puede ser inferior a 100 pC/N. El dispositivo piezoelectrico puede prepararse a partir de materiales disponibles comercialmente. Para un ejemplo no limitativo, los materiales disponibles de Sunnytec Powder Materials presentados en la Tabla 14 pueden ser adecuados para dispositivos piezoelectricos de la divulgación.

5

Tabla 14

Materiales físicos y propiedades		S-42	S-44	S-44-2	S-81	S-51	S-52	S-53	S-54	S-55	S101-D	S101-F
		P-42	FM-2-1	SP-12-4	P-8	P-5A	FT-3	FT-4	P-5H	TK-4800	S101-D	S101-F
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	p	7.6	7.7	7.7	7.6	7.6	7.56	7.56	7.6	7.7	7.55	7.6
Temperatura Curie (°C)	Tc	305	300	280	320	260	280	250	180	170	185	165
Constantes dieléctricas	33 T/0	145 0	155 0	160 0	103 0	230 0	220 0	320 0	380 0	460 0	3200	4200
Factor de disipación (%)	tgo	0.4	0.4	0.5	0.3	1.5	1.8	1.8	1.7	2	1.6	1.6
Coeficientes de acoplamiento (%)	Kp	65	68	66	58	71	80	81	77	81	72	68
	Kt	48	48	47	46	51	51	52	52	51	50	46
	K31	33	34	35	30	38	43	44	42	45	38	36
Constantes de frecuencia (MHz)	Np	223 0	225 0	222 0	230 0	208 0	196 0	195 0	198 0	195 0	2030	2100
	Nt	205 0	205 0	208 0	205 0	204 0	203 0	204 5	204 0	202 0	2040	2100
	NL	165 0	163 0	163 0	165 5	154 5	142 0	142 0	150 0	146 5	1510	1545
Factor de calidad mecánica	Qm	600	140 0	120 0	100 0	80	70	65	65	55	100	70
Constantes de carga piezoelectrica(X10-12M/V)	d33	320	330	330	250	450	550	640	650	750	620	650
	d31	-155	-135	-140	-110	-200	-260	-300	-290	-300	-250	-265
Constantes de voltaje piezoelectrico (X10-3Vm/N)	g33	25.8	23.4	23.2	27.4	22.1	28.2	22.6	19.3	18.4	21.8	17.4
	g31	-12.5	10.5	10.2	-9.8	-11.1	-11.5	-10.8	-8.6	-7.5	-8.5	-7.1
Constantes elásticas (X10-12m <sup>2</sup> /N)	SE11	11.5	12.5	12.1	12.1	13.8	16.2	16.5	14.1	15.2	14.5	13.7
	SD11	10.2	11.2	11.1	10.9	11.8	13.3	13.2	11.6	12.9	12.3	11.8

El material piezoelectrónico puede ser una cerámica basada en  $\text{BiFeO}_3$ . En algunas realizaciones, la cerámica se puede seleccionar del grupo que consiste de  $(\text{Bi},\text{Ba})(\text{Fe},\text{Ti})\text{O}_3$ ,  $(\text{K},\text{Na},\text{Li})\text{NbO}_3$ ,  $(\text{K},\text{Na},\text{Li})\text{NbO}_3$ ,  $(\text{K},\text{Na},\text{Li})\text{NbO}_3$ ,  $\text{Bi}(\text{Fe},\text{Mn})\text{O}_3+\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{Bi}(\text{Fe},\text{Mn})\text{O}_3+\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{BiFeO}_3\text{-NdMnO}_3\text{-BiAlO}_3$ ,  $(\text{Bi},\text{La})(\text{Fe},\text{Mn})\text{O}_3$ ,  $(\text{Bi},\text{La})(\text{Fe},\text{Mn})\text{O}_3$ ,  $\text{BiFeMnO}_3$ - $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{Bi}(\text{Fe},\text{Mn})\text{O}_3\text{-BaZrTiO}_3$ ,  $(\text{Bi},\text{La})(\text{Fe},\text{Mn})\text{O}_3$ ,  $(\text{Bi},\text{La})(\text{Fe},\text{Mn})\text{O}_3$ ,  $(\text{Bi},\text{Ba})(\text{Fe},\text{Ti})\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}(\text{Zn},\text{Ti})\text{O}_3\text{-La}(\text{Zn},\text{Ti})\text{O}_3$ .

5  $\text{Ba}(\text{Sc},\text{Nb})\text{O}_3$  ( $d_{33}=250$ ),  $\text{BiFeO}_3$ ,  $(\text{Ba}, \text{M})(\text{Ti},\text{Ni})\text{O}_3$ ,  $\text{BiFeO}_3$ ,  $\text{Bi}(\text{Al},\text{Ga})\text{O}_3$ ,  $\text{BT-BiFeO}_3$ ,  $\text{Bi}(\text{Fe},\text{Al})\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}(\text{Fe},\text{Co},\text{Mn})\text{O}_3$ ,  $\text{BiFeO}_3\text{-BaTiO}_3$ ,  $\text{BiFeO}_3\text{-BaTiO}_3$ ,  $\text{Bi}(\text{Al},\text{Ga})\text{O}_3$  ( $d_{33}=150$ ),  $\text{Bi}(\text{Al},\text{Ga})\text{O}_3$ ,  $\text{BiFeO}_3\text{+AD}$ ,  $\text{BiFeO}_3+\text{BaTiO}_3$ , basado en  $\text{BiFeO}_3$ ,  $\text{BaTiO}_3\text{-BiFeO}_3$ ,  $(\text{Bi}, \text{x})(\text{Fe},\text{Mn})\text{O}_3$ , y  $(\text{Bi}, \text{x})(\text{Fe}, \text{Ti},\text{Mn})\text{O}_3$ .

10 En algunas realizaciones, el material piezoelectrónico puede ser un material de titanato de bismuto y sodio (BNT) o un material de titanato de potasio de bismuto (BKT). El material BNT o BKT se puede seleccionar del grupo que consiste de  $(1-\text{x})\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-xLaFeO}_3$ ,  $(1-\text{x})\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-xNaSbO}_3$ ,  $(1-\text{x})\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-xBiCrO}_3$ ,  $(1-\text{x})\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-xBiFeO}_3$ ,  $\text{Bi}_{0.5}(\text{Na}_{1-\text{x}}\text{K}_{\text{x}})_{0.5}\text{TiO}_3$  (BNKT),  $\text{Bi}_{0.5}(\text{Na}_{1-\text{x}}\text{K}_{\text{x}})_{0.5}\text{TiO}_3$  (BNKT),  $\text{Bi}_{0.5}(\text{Na}_{1-\text{x}})_{0.5}\text{TiO}_3$  (BNKT),  $\text{Bi}_{0.5}(\text{Na}_{1-\text{x}}\text{K}_{\text{x}})_{0.5}\text{TiO}_3$  (BNKT),  $((1-\text{x})\text{Bi}_{1-\text{a}}\text{Na}_{\text{a}})\text{TiO}_3$ -  $(1-\text{x})\text{LiNbO}_3$ ,  $\text{Bi}_{0.5}(\text{Na}_{1-\text{x}}\text{Li}_{\text{x}})_{0.5}\text{TiO}_3$ ,  $\text{Bi}_{0.5}(\text{Na},\text{K})_{0.5}[\text{Ti},(\text{Mg}, \text{Ta})]\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_{0.5}(\text{Na},\text{K})_{0.5}[\text{Ti},(\text{Al}, \text{Mo})]\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_{0.5}(\text{Na},\text{K})_{0.5}[\text{Ti},(\text{Mg}, \text{Nb})]\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_{0.5}(\text{Na},\text{K})_{0.5}[\text{Ti},(\text{M},\text{V})]\text{O}_3$ ,  $\text{B}_{0.5}(\text{Na},\text{K})_{0.5}[\text{Ti},(\text{M},\text{V})]\text{O}_3$ ,  $\text{BNT-BT-KNN}$ ,  $(1-\text{x})\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-xBaTiO}_3$  (BNBT) ( $d_{33}=100\text{x}10^{-12}\text{C/N}$  o más),  $\text{BNT-BKT-BT}$  ( $d_{33}=158\text{pC/N}$ ),  $\text{BNT-BKT-BT+PT}$  ( $d_{33}=127$ ),  $\text{BNT-KN}$ ,  $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-BaTiO}_3$  (BNBT) ( $d_{33}=253\text{pC/N}$ ),  $\text{NGK2}$ ,  $\text{BNT-BKT-BT}$ ,  $\text{NGK}$ ,  $\text{BNT-BKT-BT}$ ,  $\text{NGK4}$ ,  $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-BaTiO}_3\text{-CaTiO}_3$  -  $\text{Ba}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  +  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $(1-\text{v})[(\text{Li}_{1-\text{y}}\text{Na}_{\text{y}})\text{zNbO}_3]\text{-v}[\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3$ ,  $(1-\text{vx})[(\text{Li}_{1-\text{y}}\text{Na}_{\text{y}})\text{zNbO}_3]\text{-xLMnO}_3\text{-v}[\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3]$ ,  $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3$ ,  $\text{BNT-BT}$ ,  $\text{BNT-BT}$ ,  $\text{xBi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-y(MNbO}_3\text{-Z/2)}(\text{Bi}_{2}\text{O}_3\text{-Sc}_2\text{O}_3)(\text{M}=\text{K}, \text{Na})$ ,  $\text{BNT-BKT-Bi}(\text{Mg}2/3\text{TaI/3})\text{O}_3$ ,  $[(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{xMy}]\text{z}(\text{TiuNv})\text{O}_3$  ( $\text{M}=\text{Ba}, \text{Mg}, \text{Ca}, \text{Sr}, (\text{Bi}_{0.5}\text{K}_{0.5})$ ) ( $\text{N}=\text{Zr}, \text{Hf}$ ),  $[(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{My}]\text{z}(\text{TiuNv})\text{O}_3$  ( $\text{M}=\text{Ba}, \text{Mg}, \text{Ca}, \text{Sr}, (\text{Bi}_{0.5}\text{K}_{0.5})$ , otros) ( $\text{N}=\text{Zr}, \text{Hf}$ , otros),  $\text{BNT-BKT-BT-CT-NaNbO}_3$ ,  $\text{BNT-BKT-Bi}(\text{Ni},\text{Ti})\text{O}_3$ ,  $\text{BNT-BKT-Bi}(\text{Ni},\text{Ti})\text{O}_3$ ,  $\text{BNT-BKT-BT}$ ,  $\text{BNT-BT-ST}$ ,  $\text{BNTBKT-BT}$ ,  $\text{BNT-BKT-AgNbO}_3$ ,  $\text{BNT-BKT-BT}$ ,  $\text{BT-BKT}$ ,  $\text{BNT-BT-Bi}(\text{Fe}0.5\text{Ti}0.5)3$ ,  $\text{BNT-BKT-Bi}(\text{Zn}0.5\text{Zr}0.5)\text{O}_3$ ,  $\text{BNT-BKTBi}(\text{Fe}0.5\text{Ta}0.5)\text{O}_3$ ,  $\text{BNT-BKT-Bi}(\text{M}1,\text{M}2)\text{O}_3$ ,  $\text{BNT-BKT}$ ,  $\text{BNT-BT}$ ,  $\text{BNT-BKT}$ ,  $\text{Bi}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{TiO}_3$  (BKT) y  $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-(1-x)ABO}_3$ .

20 25 En algunas implementaciones, el material piezoelectrónico puede ser un modo dual compuesto de capas bimetalicas magnetoestrictivo/piezoelectrónico, material de bronce de tungsteno, un material de niobato de sodio, un material de titanato de bario y un material de fluoruro de polivinilidina. Los ejemplos de materiales adecuados para el accionador piezoelectrónico de la divulgación incluyen

30 35  $\text{A}2\text{Bi}4\text{Ti}5\text{O}18$  ( $\text{A}=\text{Sr},\text{Ca},(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5})$ ,  $(\text{Bi}_{0.5}\text{Li}_{0.5})$ ,  $(\text{Bi}_{0.5}\text{Li}_{0.5})$ ,  $(\text{Al}-\text{xBi})2\text{Bi}4\text{Ti}5\text{O}18$  ( $\text{A}=\text{Sr},\text{Ca},(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}),(\text{Bi}_{0.5}\text{Li}_{0.5}),(\text{Bi}_{0.5}\text{Li}_{0.5})$ ,  $\text{Bi}4\text{Ti}3\text{O}12\text{-x}(\text{Sr}1\text{-aAa})\text{TiO}_3$  ( $\text{A}=\text{Ba}, \text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}, \text{Bi}_{0.5}\text{K}_{0.5}, \text{Bi}_{0.5}\text{Li}_{0.5}$ ),  $\text{Bi}4\text{Ti}3\text{O}12\text{-}(Ba, A)\text{TiO}_3$ ,  $\text{Bi}4\text{Ti}3\text{O}12\text{-x}(\{\text{Sr}1\text{aA}'\text{a}\})\text{TiO}_3\text{-ABO}_3$  ( $\text{A}'=\text{Ba}, \text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}, \text{Bi}_{0.5}\text{K}_{0.5}, \text{Bi}_{0.5}\text{Li}_{0.5}, \text{A}=\text{Bi},\text{Na},\text{K},\text{Li}, \text{B}=\text{Fe},\text{Nb}$ ),  $(\text{A}1-\text{xBi})\text{Bi}4\text{Ti}4\text{O}15$  ( $\text{A}=\text{Sr},\text{Ba}$ ),  $\text{BaBi}4\text{Ti}4\text{O}15$ ,  $(\text{Sr}2\text{-aAa})\text{x}(\text{Na}1\text{-bKb})\text{y}(\text{Nb}5\text{-cVc})\text{O}15$  ( $\text{A}=\text{Mg}, \text{Ca}, \text{Ba}$ )  $d_{33}=80\text{pC / N}$  o más,  $T_c=150^\circ\text{C}$  o más,  $(\text{Sr}2\text{aAa})\text{x}(\text{Na}1\text{-bKb})\text{y}(\text{Nb}5\text{-cVc})\text{O}15$ ,  $(\text{Na}0.5\text{Bi}_{0.5})1\text{-xMx}\text{Bi}4\text{Ti}4\text{O}15$ ,  $\text{Bi}4\text{Ti}3\text{O}12$ ,  $\text{SrBi}2(\text{Nb},\text{W})\text{O}_9$ ,  $(\text{Sr}1\text{-xM}1)\text{Bi}2(\text{Nb}1\text{zW}y)209$ ,  $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{NdBi}2\text{Ta}209+\text{Mn}$ ,  $(\text{Sr}1\text{-xMx})(\text{Bi}, \text{Nd})(\text{Nb}, \text{Ta})2\text{O}9$ ,  $\text{Bi}2(\text{Sr}1\text{-xMx})\text{Nb}2\text{O}9$  ( $\text{M}=\text{Y}, \text{La}$ ),  $(\text{Sr}2\text{CaK})\text{Nb}5\text{O}15$  ( $d_{33}=120$ ).

40 45 En implementaciones de acuerdo con la divulgación, el material de niobato se puede seleccionar de  $(\text{Sn},\text{K})(\text{Ti},\text{Nb})\text{O}_3$ ,  $\text{KNbO}_3\text{-NaNbO}_3\text{-LiNbO}_3\text{-SrTiO}_3\text{-BiFeO}_3$ ,  $\text{KNbO}_3\text{-NaNbO}_3\text{-LiNbO}_3$ ,  $\text{KNbO}_3\text{-NaNbO}_3\text{-LiNbO}_3$ ,  $\text{xLiNbO}_3\text{-yNaNbO}_3\text{zBaNbO}_2\text{O}_6$ ,  $\text{dNaNbO}_3\text{-AyBO}_6$  ( $\text{A}=\text{K},\text{Na},\text{Li},\text{Bi}$   $\text{B}=\text{Li},\text{Ti},\text{Nb},\text{Ta},\text{Sb}$ ),  $(1-\text{x})(\text{Na}1\text{-aMn})\text{b}(\text{Nb}1\text{-aTi})\text{O}_3\text{-xMbTiO}_3$  ( $\text{M}=(\text{Bi}1/2\text{K}1/2),\text{Bi}1/2\text{Na}1/2),(\text{Bi}1/2\text{Li}1/2)$ ,  $\text{Ba}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $(\text{K},\text{Na},\text{Li})\text{NbO}_3\text{-Bi}(\text{Mg},\text{Nb})\text{O}$ - $\text{Ba}(\text{Mg},\text{Nb})\text{O}_3$ ,  $(1-\text{x})[(\text{Li}1\text{-yNa})\text{zRO}_3]\text{xLMnO}_3$  ( $\text{R}=\text{Nb},\text{Ta},\text{Sb}$ ,  $\text{L}=\text{Y},\text{Er},\text{Ho},\text{Tm}, \text{Lu}, \text{Yb}$ ),  $(\text{Li}(\text{Na}1\text{-x-yK})\text{z-2wMa}2\text{wNb}1\text{-wMbwO}_3$  ( $\text{Ma}^{=2+}$  metal A,  $\text{Mb}^{=3+}$  metal B),  $\text{NN-BT}$   $d_{33}=164$ ,  $\text{K}1\text{-xNaxNbO}_3\text{+Sc}2\text{O}_3$ ,  $[(\text{K}1\text{-xNax})\text{1-yAg}]\text{Nb}03\text{-z}[\text{Ma}^{+}][\text{O}2^{-}]$  = aditivo),  $\text{Li}(\text{K},\text{Na})(\text{Nb},\text{Sb})03$ ,  $\text{KNbO}_3\text{-NaNbO}_3$  ( $d_{33}=200$ ),  $(\text{Li},\text{Na},\text{K})(\text{Nb},\text{Ta},\text{Sb})03$ ,  $(\text{K},\text{Na},\text{Li})\text{NbO}_3$ ,  $\text{KNbO}_3\text{+MeO}_3$  ( $\text{MnWO}_3$ .etc.) ( $d_{33}=130$ ).

45 El material de titanato de bario es un compuesto inorgánico con la fórmula química  $\text{BaTiO}_3$ . Los materiales de titanato de bario incluyen materiales  $\text{BaTiO}_3$  que comprenden además cantidades subestequiométricas de otros elementos. Los ejemplos de otros elementos que se incluyen en los materiales  $\text{BaTiO}_3$  incluyen elementos de tierras raras y metales alcalinotérreos. las cantidades subestequiométricas de otros elementos modifican las propiedades piezoelectrísticas de los materiales  $\text{BaTiO}_3$ . El dopaje de materiales  $\text{BaTiO}_3$  se refiere a la inclusión de cantidades subestequiométricas de otros elementos.

50 Los ejemplos de materiales adecuados de titanato de bario monocristal incluyen además  $\{(\text{Bi}1/2,\text{Na}1/2)1\text{-xAlx}\}\text{TiO}_3$  ( $\text{A}1=\text{Ba}, \text{Ca}, \text{Sr}$ ),  $\{(\text{Bi}1/2,\text{Na}1/2)1\text{-x}(\text{Bi}1/2, \text{A}21/2)\}\text{TiO}_3$  ( $\text{A}1=\text{Ba}, \text{Ca}, \text{Sr}, \text{A}2=\text{Li}, \text{K}, \text{Rb}$ ) (monocristal),  $(\text{Sr},\text{Ba})3\text{TaGa}3\text{Si}2\text{O}14$ ,  $\text{La}3\text{-xSrxTayGa}6\text{-y-zSizO}14$ ,  $(\text{Ba},\text{Ca})\text{TiO}_3$ ,  $\text{LiNbO}_3$ ,  $\text{LiTaO}_3$ ,  $(\text{K}3\text{Li}2)1\text{-xNaxNb}5\text{O}15$ ,  $\text{La}3\text{Ga}5\text{SiO}14$ ,  $\text{MgBa}(\text{CO}3)2$ ,  $\text{NdCa}4\text{O}(\text{BO}3)3$  ( $\text{M}1$  = elementos de tierras raras,  $\text{M}2$  = metales alcalinotérreos),  $\text{LaTiO}2\text{N}$ .

En algunas implementaciones, la placa 5502 eyectora se puede formar de un material adecuado donde el material adecuado se selecciona basándose en el desplazamiento fuera del plano, dirección 5514. El desplazamiento Z de la placa 5502 eyectora, (por ejemplo, movimiento en la dirección 5514), depende del diámetro de la placa 5502 eyectora y del grosor de la placa 5502 eyectora. El material adecuado también se puede seleccionar a la vista de la relación de 5 Poison y de Módulo de Young de la placa 5502 eyectora. La relación de Poison y de Módulo de Young son propiedades intrínsecas del material y los materiales conformes se pueden seleccionar para determinar un desplazamiento deseado. Para un material adecuado para la placa 5502 eyectora, el desplazamiento Z puede aumentarse al disminuir el grosor de la placa 5502 eyectora.

Los materiales adecuados para la placa 5502 eyectora, que tienen un desplazamiento en la dirección 5514, se pueden 10 acoplar a la frecuencia del accionador 5504 piezoelectrónico de modo que la frecuencia de resonancia de la placa 5502 eyectora coincida. Al acoplar el desplazamiento de la placa 5502 eyectora con el accionador 5504 piezoelectrónico en un sistema de resonancia, la eyección de líquido a través de los agujeros de la placa 5532 de generador se puede lograr con un accionador piezoelectrónico que no está limitado por valores de  $D_{33}$ .

15 Con referencia a la figura 55C, la manera y la ubicación de la unión del accionador 5504 piezoelectrónico a la placa 5502 eyectora pueden afectar el funcionamiento del montaje eyector 5500 y la creación de la corriente de gotas.

Como se discutió anteriormente, la placa 5502 eyectora, ya sea como una simple placa 5502 eyectora o como una 20 placa 5502 eyectora híbrida acoplada a una placa 5502 generadora, puede poseer un gran número de modos propios que definen, para cada modo propio, la forma que tomará la estructura cuando dicho modo está excitado. Como se proporcionó anteriormente, usando, por ejemplo, técnicas de FEM, se pueden calcular los modos propios de una placa 5502 eyectora y opcionalmente la placa de generador acoplada 5532 y se determina la amplitud y velocidad deseadas de los modos propios. El accionador 5504 piezoelectrónico está montado sobre el borde en la placa 5504, 5502 eyectora donde la distancia 5554 es cero. Un diseño de montaje de borde es un caso especial que tiene una resistencia inherente cercana a cero para los modos que está diseñado para excitar. Cuando un accionador 5504 piezoelectrónico circular está unido al borde de una placa 5502 eyectora circular (por ejemplo, la distancia 5554 está en o cerca de 25 cero) la placa 5502 eyectora se rigidiza considerablemente donde se coloca un accionador piezoelectrónico rígido 5504, pero la parte del placa 5502 eyectora en el interior del accionador 5504 piezoelectrónico diámetro 5557 interior se deja mover libremente, restringido solo por sus propios límites de elasticidad en lugar del accionador 5504 piezoelectrónico. Del mismo modo, las placas 5502 de expulsión híbridas que tienen una placa de generador acoplada 5532 también 30 se dejarán para moverse libremente, restringidas solo por los límites combinados de elasticidad en lugar del accionador 5504 piezoelectrónico. Si los bordes del accionador 5504 piezoelectrónico están fijados o sujetados, la placa 5502 eyectora se comporta virtualmente como si fuera el diámetro del diámetro 5557 interior del accionador 5504 piezoelectrónico con una excitación radial y longitudinal ideal (accionada por el borde). Otros modos relevantes para todo 35 el tamaño de la placa 5502 eyectora se suprime debido a la rigidez del accionador 5504 piezoelectrónico. La rigidez del accionador 5504 piezoelectrónico puede modularse aumentando o disminuyendo el grosor de un accionador 5504 piezoelectrónico. La ilustración de la modulación del accionador 5504 piezoelectrónico se presentan en el Ejemplo 5 a continuación. La configuración de montaje del accionador 5504 piezoelectrónico a la placa 5502 eyectora afecta el desplazamiento y la velocidad de la placa 5502 eyectora y la placa 5532 de generador. En general, la amplitud de desplazamiento y la velocidad de la placa 5502 eyectora en un modo dado es un equilibrio entre la fuerza, determinada 40 en gran medida por el movimiento por unidad de voltaje ( $D_{33}$ ) del material piezoelectrónico, y la amortiguación/resistencia que un piezoelectrónico presenta al movimiento de la placa 5502 eyectora. El aumento de la rigidez del material piezoelectrónico aumenta la amortiguación y la resistencia. Para variantes de la presente divulgación que tienen materiales piezoelectrónicos que tienen un  $D_{33}$  grande, por ejemplo, materiales como PZT, la amortiguación/resistencia del material piezoelectrónico cumple una función menos significativa en la amplitud del desplazamiento. En otras 45 realizaciones con un  $D_{33}$  inferior, por ejemplo, BaTiO<sub>3</sub>, el rendimiento de un sistema de eyector de gotas puede reducirse significativamente por la amortiguación/resistencia. El rendimiento de un montaje eyector 5500 se reduce en proporción directa con el  $D_{33}$  del material utilizado para preparar un activador 5504 piezoelectrónico.

Las propiedades de una variante montada en el borde de un actuador piezoelectrónico 5504/La placa 5502 eyectora 50 puede utilizarse para eludir los efectos del menor movimiento del material. Específicamente, cuando la placa 5502 eyectora se excita en un modo mecánico donde solo su propia resistencia limita su movimiento debido a una fuerza dada por unidad de área aplicada por el actuador 5504 piezoelectrónico, la  $D_{33}$  piezoelectrónica puede reducirse sin impacto en el rendimiento para la misma entrada eléctrica hasta que se alcance un valor mínimo de fuerza por unidad de área. Esta propiedad se ilustra en la figura 8, donde si la fuerza por unidad de área está por encima de un cierto umbral, el aumento en el movimiento de la placa 5502 eyectora es muy pequeño. Por debajo de este umbral, el movimiento de la placa 5502 eyectora disminuye linealmente con la fuerza por unidad de área.

55 Para las placas 5502 eyectoras de la presente divulgación, los modos de bajo orden generalmente se excitan a las frecuencias más bajas en una estructura donde la longitud de onda de la onda estacionaria es un múltiplo entero de media longitud de onda. La frecuencia y la longitud de onda de este modo está determinada por las propiedades del material de las placas 5502 eyectoras y su dimensión radial. Como la forma de modo propio siempre posee un nodo en los bordes de las placas 5502 eyectoras para estos modos y un máximo en el centro de la membrana, solo dos 60 ubicaciones piezoelectrísticas son relevantes para excitar estos modos en un sistema de eyección de fluido. Un

accionador 5504 piezoelectrónico puede colocarse en el centro de la placa 5502 eyectora para excitar el movimiento máximo. Sin embargo, debido a que debe haber un área directamente en el centro de la placa 5502 eyectora para que tenga lugar la eyeción de fluido, esta posición de montaje no es óptima para esta aplicación. El rendimiento debe sacrificarse para permitir la expulsión de fluido.

- 5 Un accionador 5504 piezoelectrónico puede colocarse asimismo en el borde de la placa 5502 eyectora para excitar el movimiento máximo en el centro de la placa 5502 eyectora a bajas frecuencias. En esta configuración, se produce una resistencia mínima al movimiento natural del modo, permitiendo grandes desplazamientos a bajas frecuencias y deposiciones de masa mejoradas en estos modos. En general, estos modos son favorables para la inyección continua de fluido debido a su distribución casi constante de forma y velocidad sobre el área de eyeción. Además, cargar el centro de la placa 5502 eyectora con una masa, tal como en una placa 5502 eyectora híbrida que tiene una placa 5532 generadora acoplada, mejora el desplazamiento en modo de orden bajo debido a la inercia de la masa central (por ejemplo, la placa 5532 de generador).

10 En algunas realizaciones, el accionador 5504 piezoelectrónico montado en el borde hace oscilar la placa 5502 eyectora acoplada a la placa 5532 de generador a la frecuencia de resonancia de la placa eyectora acoplada a dicha placa de generador. En una variante, igualar la frecuencia de resonancia disminuye el requerimiento de desplazamiento del material piezoelectrónico. En una variante, la concordancia de frecuencia resonante proporciona la generación de una corriente dirigida de gotas utilizando un material piezoelectrónico que tiene un  $D_{33}$  de menos de 200. En otra variante, la concordancia de frecuencia resonante proporciona la generación de una corriente dirigida de gotas utilizando un material piezoelectrónico que tiene un  $D_{33}$  menor que 150 o menor que 125. En otra variante más, la concordancia de frecuencia resonante proporciona la generación de una corriente dirigida de gotas utilizando un material piezoelectrónico que tiene un  $D_{33}$  de menos de 100 o menos de 75.

15 En otra variante, el accionador 5504 piezoelectrónico es ligeramente menor que el borde montado (por ejemplo, montado en el interior) en la placa 5502 eyectora donde la distancia 5554 es mayor que cero. En una variante, la distancia 5554 puede ser de 0.05 mm. En otra variante, la distancia 5554 puede ser de 0.01 mm. En otra variante más, la distancia 5554 puede ser de 0.25 mm. En otra variante más, la distancia 5554 puede ser de 0.5 mm. En variantes adicionales, la distancia 5554 puede ser de 0.75 mm, o 1.0 mm, o puede ser mayor de 1.0 mm.

20 En otras variantes de acuerdo con la presente divulgación, el accionador 5504 piezoelectrónico está montado en el interior en la placa 5502 eyectora donde la distancia 5554 es mayor que cero y el diámetro exterior del accionador 5504 piezoelectrónico es más pequeño que la placa 5502 eyectora. En una variante, el accionador 5504 piezoelectrónico está montado en su interior en la placa 5502 eyectora y es un 1% más pequeño que el diámetro de la placa 5502 eyectora. En una variante, el accionador 5504 piezoelectrónico está montado en su interior en la placa 5502 eyectora y es 1.5% más pequeño que el diámetro de la placa 5502 eyectora. En una variante, el accionador 5504 piezoelectrónico está montado en su interior en la placa 5502 eyectora y es un 2% más pequeño que el diámetro de la placa 5502 eyectora. En una variante, el accionador 5504 piezoelectrónico está montado en su interior en la placa 5502 eyectora y es un 3% más pequeño que el diámetro de la placa 5502 eyectora. En una variante, el accionador 5504 piezoelectrónico está montado en su interior en la placa 5502 eyectora y es un 4% más pequeño que el diámetro de la placa 5502 eyectora. En una variante, el accionador 5504 piezoelectrónico está montado en su interior en la placa 5502 eyectora y es 5% más pequeño que el diámetro de la placa 5502 eyectora. En una variante, el accionador 5504 piezoelectrónico está montado en su interior en la placa 5502 eyectora y es un 7.5% más pequeño que el diámetro de la placa 5502 eyectora.

25 En algunas realizaciones de acuerdo con la presente divulgación, el accionador 5504 piezoelectrónico está montado dentro de la placa 5502 eyectora donde la distancia 5554 es mayor que cero y el diámetro interno del accionador piezoelectrónico anular se selecciona de modo que el modo de borde de baja frecuencia de la placa 5502 eyectora está amortiguada o eliminada.

30 40 En ciertas variantes de la divulgación, el mecanismo eyector puede configurarse para facilitar el accionamiento de la placa 5502 eyectora, y por lo tanto la placa 5532 de generador, por el accionador piezoelectrónico. Como se describió anteriormente, la placa del generador 5532 se puede configurar para optimizar la eyeción de un fluido de interés. Por ejemplo, la relación de aspecto de las aberturas de la placa del generador se puede seleccionar basándose, en parte, en las propiedades del fluido, de manera que el grosor general de la placa del generador 5532 varía de aproximadamente 50  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 200  $\mu\text{m}$ , como se describió anteriormente. Sin estar limitado por la teoría, en ciertas implementaciones, la actuación directa de una placa generadora relativamente gruesa, aunque posible, puede ser menos óptima. En algunas implementaciones, la placa del generador comprende una placa generadora polimérica de alto módulo.

35 45 Como tal, en ciertas implementaciones, el accionamiento del mecanismo eyector puede optimizarse utilizando configuraciones que incluyen una placa de generador acoplada a una placa eyectora, como se describe aquí. Además, reducir el área superficial de la placa del generador 5532 (es decir, la región central que tiene una o más aberturas) reduce asimismo los costes de fabricación, reduce los posibles defectos de fabricación y aumenta las eficiencias y la producción de fabricación. En ciertas variantes, la placa eyectora puede estar dimensionada y conformada de manera

que facilite el accionamiento del mecanismo eyector (es decir, el accionamiento de la placa eyectora y, por lo tanto, la placa del generador). A modo de ejemplo, las configuraciones de la placa eyectora pueden efectuar el accionamiento del mecanismo eyector mediante la selección de propiedades (por ejemplo, tamaño, forma, material, etc.) que facilitan la flexión de la placa eyectora y, por lo tanto, la vibración de la placa generadora. Por ejemplo, la placa 5532 eyectora puede tener un espesor que varía generalmente de aproximadamente 10  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 400  $\mu\text{m}$ , de aproximadamente 20  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 100  $\mu\text{m}$ , de aproximadamente 20  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 50  $\mu\text{m}$ , o de aproximadamente 30  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 50  $\mu\text{m}$ , etc. De nuevo, sin estar limitado por la teoría, en ciertas implementaciones, el accionamiento directo de una placa 5502 eyectora relativamente más delgada (en comparación con la placa 5532 de generador) puede ser más óptima. En algunas implementaciones, la placa del generador 5532 comprende una placa generadora polimérica de alto módulo.

De acuerdo con ciertas implementaciones de la descripción, la configuración de la placa 5502 eyectora y la placa 5532 de generador se puede seleccionar de manera que la región central de la placa 5532 de generador que incluye aberturas (la “región activa” de la placa generadora) produzca una oscilación simétrica con un modo normal de oscilación. Sin estar limitado por la teoría, en ciertas implementaciones, las configuraciones de la placa 5502 eyectora y la placa 5532 de generador pueden seleccionarse de modo que se observe el modo normal 0.2 y el modo normal 0.3 de oscilación de la región activa de la placa generadora. El modo está asociado con una amplitud máxima y un desplazamiento de la región activa, en donde el modo se designa como (d, c) donde d es el número de diámetros nodales y c es el número de círculos nodales.

La magnitud y frecuencia de la vibración de la placa 5502 eyectora también se puede controlar controlando los impulsos de voltaje aplicados a los electrodos 5506a, 5506b, por ejemplo, se puede aplicar un diferencial de voltaje de 40 o 60 V a los electrodos. Como se discutió anteriormente, los impulsos se crean mediante diferenciales de voltaje que desvían la placa 5502 eyectora, y por lo tanto la placa 5532 de generador. En algunas implementaciones, uno de los electrodos 5506a o 5506b está conectado a tierra y los pulsos de voltaje, por ejemplo, pulsos bipolares, se aplican al otro de los electrodos 5506a o 5506b, por ejemplo, para hacer vibrar la placa 5502 eyectora. A modo de ejemplo, en una implementación, el accionador 5504 piezoelectrónico puede tener una frecuencia resonante de aproximadamente 5 kHz a aproximadamente 1 MHz, por ejemplo, aproximadamente 10 kHz a aproximadamente 160 kHz, por ejemplo, aproximadamente 50-120 kHz o aproximadamente 50-140 kHz., o alrededor de 108-130 kHz, etc. Los impulsos de voltaje aplicados pueden tener una frecuencia más baja, más alta o igual que la frecuencia de resonancia del accionador 5504 piezoelectrónico.

En ciertas implementaciones, el tiempo de administración de las gotas es de aproximadamente 0.1 ms a aproximadamente varios segundos. Sin pretender imponer ninguna teoría, se cree que los ojos humanos tardan de 300 ms a 400 ms para un parpadeo. Por lo tanto, para las implementaciones en las que se desea que la administración esté dentro de la duración de un parpadeo, el tiempo de entrega puede ser de aproximadamente 50 ms a aproximadamente 300 ms y más particularmente de 25 ms a 200 ms. En una implementación, el tiempo de entrega es de 50 ms a 100 ms. De esta forma, las gotas eyectadas se pueden administrar de manera efectiva y depositarse en el ojo durante un ciclo parpadeante del ojo. En algunas implementaciones, por ejemplo, suministradores de solución salina sin receta, el tiempo de entrega puede ser de varios segundos, por ejemplo, 3-4 segundos, abarcando varios ciclos de parpadeo. Alternativamente, se puede administrar una dosificación única durante varias ráfagas o pulsos de eyeción de gotas. Además, y sin pretender estar limitado por la teoría, se puede utilizar la pulsación para reducir la amplitud máxima de la corriente de aire de la gota dispersando el impulso a lo largo del tiempo. Por lo tanto, la presión de la eyeción sobre el objetivo puede mitigarse. Además, la pulsación también puede reducir la aglomeración de gotas y dar como resultado una menor generación de aire arrastrado. A modo de ejemplo, se pueden administrar pulsos de 25 ms con tiempos de detención de 25 ms separando los pulsos. En una implementación, los pulsos pueden repetirse durante un total de 150 ms.

Como se describe en este documento, el dispositivo eyector y el mecanismo eyector de la divulgación pueden configurarse para eyectar un fluido de viscosidad generalmente baja a relativamente alta como una corriente de gotas. A modo de ejemplo, los fluidos adecuados para su uso por el dispositivo eyector pueden tener viscosidades muy bajas, por ejemplo, como con agua a 1 cP (0.001 Pas), o menos, por ejemplo, 0.3 cP (0.0003 Pas). El fluido puede tener viscosidades en rangos de hasta 600 cP (0.6 Pas). Más particularmente, el fluido puede tener un intervalo de viscosidad de aproximadamente 0.3 a 100 cP (0.0003 Pas a 0.1 Pas), de 0.3 a 50 cP (0.0003 Pas a 0.5 Pas), de 0.3 a 30 cP (0.0003 Pas a 0.3 Pas), de 1 cP a 53 cP (0.001 Pas a 0.53 Pas), etc. En algunas implementaciones, el dispositivo eyector se puede utilizar para eyectar un fluido que tiene una viscosidad relativamente alta como una corriente de gotas, por ejemplo, un fluido que tiene una viscosidad superior a 1 cP (0.001 Pas), que oscila entre aproximadamente 1 cP (0.0001 Pas) a aproximadamente 600 cP (0.6 Pas), aproximadamente 1 cP (0.0001 Pas) a

aproximadamente 200 cP (0.2 Pas), aproximadamente 1 cP (0.0001 Pas) a aproximadamente 100 cP (0.1 Pas), aproximadamente 10 cP (0.001 Pas) a aproximadamente 100 cP (0.1 Pas), etc. En algunas implementaciones, las soluciones o medicamentos que tienen las viscosidades y tensiones superficiales adecuadas se pueden utilizar directamente en el depósito sin modificación. En otras implementaciones, se pueden agregar materiales adicionales para ajustar el parámetro de fluido. A modo de ejemplo, ciertos fluidos se enumeran a continuación en la Tabla 15:

Tabla 15. Viscosidad medida a 20°C.

Fármacos/fluidos	viscosidad dinámica (cP)	viscosidad cinemática (cP),	densidad
agua	1.017 cP / 0.00017 Pas	1.019 cP / 0.001019 Pas	0.99821
Xalatan™	1.051 cP / 0.001051 Pas	1.043 cP / 0.001043 Pas	1.00804
Tropicamida	1.058 cP / 0.001058 Pas	1.052 cP / 0.001052 Pas	1.00551
Restasis™	18.08 cP / 0.1808 Pas	17.98 cP / 0.01798 Pas	1.00535

5 A partir de la discusión anterior, se apreciará que diferentes configuraciones y materiales darán lugar a diferentes atributos. Con el fin de ayudar a comprender algunos de estos atributos en unas pocas realizaciones seleccionadas del mecanismo eyector, se llevaron a cabo experimentos para comparar ciertas realizaciones. Por supuesto, los experimentos descritos en este documento no deberían interpretarse como que limitan específicamente la invención y tales variaciones de la invención, ahora conocidas o desarrolladas posteriormente, que estarían dentro del alcance de un experto en la técnica se consideran dentro del alcance de la invención como se describe en este documento y como se reivindica en lo sucesivo.

10 **Ejemplo 6: Medición de la deposición en masa**

15 Para medir la deposición masiva de un dispositivo eyector, el dispositivo eyector se sujetó horizontalmente para eyectar material hacia el suelo donde la dirección Z polarizada, tal como se muestra en la figura 56, está hacia el suelo (por ejemplo, paralela a la gravedad). Con referencia a la figura 55A, la dirección 5514 de las gotas 5512 eyectadas está hacia el suelo. Un cable de tierra y un cable positivo del dispositivo eyector están conectados a un amplificador operacional y una sonda de corriente y una sonda de voltaje están conectadas a un osciloscopio.

20 La región de frecuencia que proporciona la pulverización del dispositivo está determinada inicialmente por un barrido de frecuencia en el rango de 2 kHz a 500 kHz. Los datos eléctricos, incluidos el voltaje y la corriente, se graban y almacenan. Tras el análisis, se seleccionan los intervalos de pulverización para la determinación de la deposición en masa. Los resultados se trazan para proporcionar un perfil de eyeción de masa como se muestra en la figura 58, por ejemplo.

25 Para determinar la deposición de masa, la frecuencia y el voltaje se establecen, por ejemplo, en una onda sinusoidal de 90 V pico a pico (90 Vpp) a una frecuencia de 50 kilohercios (kHz) y la pulverización del dispositivo eyector se mide 5 veces en un cubreobjetos de vidrio No. 1 de 24 mm x 60 mm con una balanza de sensibilidad de 1 miligramo (mg) y calibrado con un peso de 1 mg clase 1 con certificado rastreable. Para cada medición, el cubreobjetos se coloca en la balanza y la balanza se pone a cero. El cubreobjetos se coloca debajo del dispositivo eyector y la tensión aplicada durante un período de tiempo definido. El cubreobjetos se devuelve a la balanza y se determina y registra la masa. El cubreobjetos se limpia y la balanza se pone en cero antes de cada medición. Se registran un total de 5 mediciones para cada frecuencia. El proceso se repite con la frecuencia cambiada de forma gradual en función de un tamaño de paso predeterminado (normalmente 1 kHz).

30 **Ejemplo 7: Comparación de PZT con BaTiO<sub>3</sub> utilizando un montaje de eyector de montaje interno.**

35 El perfil de deposición en masa de los dispositivos eyectores que tienen un montaje eyector montado en el interior se determina utilizando el método descrito en el Experimento 6 anterior para determinar la región de frecuencia para la pulverización del dispositivo. Para los materiales piezoelectrinos PZT y BaTiO<sub>3</sub>, el accionador 5504 piezoelectrino tiene un diámetro exterior de 16 mm por un diámetro interno de 8 mm, con una altura de 550 µm, montado en una placa 5502 eyectora circular de 20 mm de diámetro y 50 µm de diámetro. En esta realización, se comparan varias muestras de PZT directamente con BaTiO<sub>3</sub> con PZT eyectando más fluido que BaTiO<sub>3</sub> en una relación aproximada de los coeficientes D<sub>33</sub> de los materiales. El único modo de expulsión significativo se muestra en la figura 59.

40 Donde la distancia 5554 es mayor que cero (aquí, 2 mm), el material PZT proporciona un rango más amplio de frecuencias efectivas en comparación con BaTiO<sub>3</sub>. La eyeción de masa máxima del eyector basado en PZT es más del doble de la salida del eyector BaTiO<sub>3</sub>. Si bien es menos eficiente, el BaTiO<sub>3</sub> proporciona una eyeción de masa máxima entre 115 y 102 kHz de aproximadamente 6 mg.

7a: Comparación de PZT y BaTiO<sub>3</sub> utilizando montajes de eyector montados en el borde.

Utilizando el método del Experimento 6, la eyeción de masa en diferentes frecuencias se determina utilizando un tamaño de paso de frecuencia de 1 kHz, comenzando en 10 kHz a 500 kHz. La masa depositada en miligramos se

traza frente a la frecuencia y se muestra en la figura 58 para actuadores piezoelectrómicos PZT y BaTiO<sub>3</sub> montados en el borde que tienen un diámetro externo de 20 mm por 14 mm de diámetro interno de 550  $\mu\text{m}$  de altura piezoelectrómica en una placa 5502 de eyector circular de 50 mm de grueso. En este caso, se comparan varias muestras de PZT directamente con BaTiO<sub>3</sub> con PZT y BaTiO<sub>3</sub> eyectando de forma casi equivalente (ajustada para la variación de la muestra) incluso con coeficientes de material D<sub>33</sub> muy diferentes. Como también es evidente a partir de la figura 58, muchos modos se excitan con un rendimiento equivalente entre los materiales.

Cuando los actuadores piezoelectrómicos PZT y BaTiO<sub>3</sub> están montados en el borde (es decir, la distancia 5554 está en o cerca de cero), la eyeción de masa ocurre en rangos discretos de frecuencias correspondientes al acoplamiento de resonancia entre el actuador piezoelectrónico y la placa 5502 eyectora acoplada y la placa de generación. Mientras que el dispositivo basado en PZT tiene un D<sub>33</sub> = 330 pC/N y el BaTiO<sub>3</sub> tiene un D<sub>33</sub> = 160 pC/N, los perfiles de eyeción y las eficiencias son muy similares. El diseño centro simétrico y el montaje de borde del actuador piezoelectrónico supera las diferencias en el desplazamiento permitiendo que se incorpore una amplia variedad de materiales piezoelectrómicos en el dispositivo de eyeción.

7b: Efecto de la reducción del diámetro del actuador 5504 piezoelectrónico en relación con la placa 5502 eyectora

15 A medida que el accionador 5504 piezoelectrónico se desplaza desde el borde de la placa 5502 eyectora (por ejemplo, la distancia 5554 se incrementa desde cero), se pierde el rendimiento ya que los modos de eyeción se amortiguan cada vez más por la rigidez piezoelectrónica. En una realización, el piezoelectrónico tenía 20 mm de diámetro exterior por 14 mm de diámetro interno con un espesor optimizado de 250  $\mu\text{m}$  y un diámetro de placa de eyeción de 20 mm. Mostró una eyeción superior a todos los demás casos en un 20-33%. En otra realización, el diámetro exterior del piezoelectrónico se modificó a 19 mm y el diámetro de la placa de eyeción se cambió a 21 mm con un espesor optimizado de 200  $\mu\text{m}$ . Las frecuencias de eyeción permanecen prácticamente iguales, pero opuestas a la carcasa montada en el borde, la eyeción se reduce en todos los modos, aunque el grosor piezoelectrónico está optimizado (se probaron en laboratorio los espesores de 150  $\mu\text{m}$  a 550  $\mu\text{m}$  en incrementos de 25  $\mu\text{m}$ ). En la tercera realización, el piezoelectrónico permaneció a 19 mm de diámetro exterior y 14 mm de diámetro interno, pero la placa eyectora se cambió a 23  $\mu\text{m}$ . Una vez más, el grosor se optimizó a 175  $\mu\text{m}$  para reducir la rigidez, pero todos los modos se suprimieron severamente y el rendimiento se degradó en más del 80%.

#### Ejemplo 8: Comparación de materiales piezoelectrómicos BaTiO<sub>3</sub>

Los materiales BaTiO<sub>3</sub> que tienen diferentes propiedades se distinguieron utilizando Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). Se obtuvieron imágenes SEM de dos materiales BaTiO<sub>3</sub> ejemplares y mostraron un tamaño de partícula uniforme de aproximadamente 2 a 5 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) de diámetro en la primera muestra y una estructura fusionada con partículas de decenas de micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) de diámetro en la segunda muestra. Si bien ambas muestras tenían valores similares de D<sub>33</sub>, el tamaño de grano más pequeño mejora el rendimiento al disminuir las frecuencias de resonancia.

#### Ejemplo 9: Modulación de modos propios

35 Para una placa 5502 eyectora circular excitada por un accionador 5504 piezoelectrónico, el aumento de la rigidez del accionador 5504 piezoelectrónico dio como resultado la supresión de los modos propios de alta frecuencia. Para probar los efectos de aumentar la rigidez del accionador 5504 piezoelectrónico, un primer accionador 5504 piezoelectrónico de 200  $\mu\text{m}$  de espesor que tiene un diámetro exterior de 20 mm y un diámetro interno de 14 (20 mm x 14 mm) y un segundo accionador 5504 piezoelectrónico de 400  $\mu\text{m}$  de espesor (20 mm x 14 mm) se unieron a una placa 5502 eyectora con un diámetro externo de 20 mm (por ejemplo, montado en un borde). El desplazamiento normalizado de los dos mecanismos de eyeción se [modeló o midió] en un rango de frecuencia de 1 Hz a 3 x 10<sup>5</sup> Hz. La mayor flexibilidad del accionador piezoelectrónico más delgado 5504 permite modos propios complejos de alta frecuencia. Por el contrario, el accionador 5504 piezoelectrónico más grueso, más rígido limita los modos propios a modos de baja frecuencia limitados a la región de la placa 5502 eyectora dentro del diámetro interior del accionador 5504 piezoelectrónico (por ejemplo, dentro de 14 mm).

Se entenderá que el montaje eyector descrito en este documento puede incorporarse en un dispositivo y sistema eyector. Los dispositivos y sistemas eyectores ejemplares se ilustran en 13/712,784, presentada el 12 de diciembre de 2012, titulada "Mecanismos de eyeción, dispositivos y métodos de uso", 13/712,857, presentada el 12 de diciembre de 2012, titulada "Mecanismos eyectores poliméricos de alto módulo, Dispositivos eyectores, and Métodos de uso", y 13/184,484, presentada el 15 de julio de 2011, titulada "Dispositivo generador de gotas", cuyo contenido se incorpora aquí como referencia en su totalidad. Cuando el fluido se expone a una interfaz de aire, se evaporará en el aire, provocando una pérdida de volumen de fluido en el tiempo. Si el fluido tiene elementos minerales que se dejan atrás, el contenido de la mezcla cambia con el tiempo, lo que da como resultado la cristalización en la interfaz aire-fluido. Sin embargo, si se sella un pequeño volumen de aire alrededor de la interfaz fluido-aire, la tasa de evaporación y la velocidad de cristalización caen a la tasa de fuga del sellado, reduciendo o eliminando así la evaporación y la cristalización. La contaminación también es posible siempre que un dispositivo esté abierto al medio ambiente.

En parte para abordar estos problemas, la presente divulgación proporciona un sistema de cierre automático para su uso con un dispositivo de eyección de gotas, que evita que el dispositivo permanezca abierto al medio ambiente por más tiempo que el período de eyección de gotas real, lo que reduce enormemente el riesgo de contaminación. En ciertas realizaciones, el sistema de cierre automático es dimensionalmente compacto a lo largo de la trayectoria de la eyección del fluido, utiliza un mínimo de componentes y proporciona un sellado consistente en presencia de varianza dimensional del componente. El sistema proporciona una posición cerrada y sellada y una posición activa abierta utilizada para la eyección de fluido. El cambio entre las posiciones cerrada y abierta se puede configurar para la actuación manual por parte de un usuario, o se puede configurar para la activación de potencia. En ciertas realizaciones, el sistema puede proporcionar una configuración manual con poca fuerza de actuación. Además, el movimiento entre las posiciones sellada y abierta se puede configurar para un accionamiento lineal o para un accionamiento giratorio. Por ejemplo, ciertas realizaciones proporcionan una configuración de actuación lineal utilizada junto con un botón de activación articulado accionado por el usuario.

Las figuras 60-65 muestran una realización de un sistema de cierre automático de la divulgación. La figura 60 muestra una realización compacta, accionada linealmente de un sistema de cierre automático de la divulgación, y la figura 61 muestra una vista en despiece ordenado de los componentes principales de esta realización.

Como se muestra en las figuras 60 y 61, un elemento 6000 deslizante con una abertura 6002 se retiene entre el sistema de eyección 6004 que se va a sellar y una placa de retención 6006. El sistema de eyección se muestra esquemáticamente sin referencia a las características internas. La cara del sistema de eyección tiene una abertura redonda 6010 rodeada por un sello de contacto de superficie elastomérica redonda 6012. El sello de contacto de superficie de silicona reside en una glándula o ranura 6014 en la cara del eyector. En una realización, el elemento de deslizamiento se aprieta contra el cierre de cara mediante elementos 6020 de flexión integrales al elemento deslizante. Los elementos de flexión podrían estar ubicadas alternativamente en la placa de retención o podrían incorporarse como un componente separado. En una posición del elemento de deslizamiento (la posición abierta), la abertura de deslizamiento 6002 está alineada con la abertura de expulsión 6010 para el suministro de fluido. En la posición cerrada, la abertura del elemento de deslizamiento 6002 y la abertura del sistema 6010 de eyección están completamente no alineadas y el sistema de eyección está sellado. Un botón de activación articulado 6030 (figura 60) pivota alrededor de un fulcro 6031 conectado a una carcasa (no mostrado). El botón 6030 es accionado manualmente por el usuario y acciona el elemento deslizante hacia abajo para abrir el sello. Tras la eliminación de la presión del dedo del usuario, un resorte de compresión 6032 devuelve el elemento 6000 deslizante a la posición cerrada y sellada.

La figura 62 muestra una vista en sección transversal esquemática del sistema de cierre automático y demuestra el principio de sellado básico. Una fuerza axial,  $F$ , presiona el elemento de deslizamiento contra el sello de contacto de superficie de silicona elastomérica ubicado dentro de la glándula en la cara del sistema de eyección. La superficie del sellado de contacto de superficie sobresale de la superficie del sistema de eyección en aproximadamente un 20% de la sección transversal del sello. La presión interna anticipada máxima en el sistema de eyección se contrarresta con la fuerza de compresión axial  $F$ , de modo que la fuerza de compresión excede la fuerza de presión interna dada por el producto de la presión interna  $P$  y el área de sellado  $A$ . Para esta realización, la fuerza axial fue elegida para ser aproximadamente 2 veces la fuerza de presión interna anticipada. En la realización preferida, la fuerza de compresión axial se proporciona mediante elementos 6020 de flexión compactos como se muestra en las figuras 63 y 64. Los elementos 6020 de flexión proporcionan una fuerza consistente en el sello que no es sensible a la variación de fabricación en las dimensiones de los componentes. Tener los elementos de flexión integrales al elemento deslizante proporciona una altura de apilamiento mínima desde el sistema de eyección a la abertura de la placa de retención, permitiendo que la cara del sistema de eyección esté más cerca del punto de administración final. Para minimizar la fuerza de actuación, el sello de contacto de superficie 6012 está formada a partir de una silicona prelubricada. Para evitar la abrasión, el elemento 6000 deslizante siempre está en contacto con el sello. Ningún borde del elemento 6000 deslizante se desplaza hacia fuera y hacia atrás sobre el sello 6012; solo los bordes de la abertura deslizante atraviesan el sello de la cara. Para evitar aún más la abrasión y reducir la fuerza de actuación, el borde 6040 de abertura de deslizamiento está redondeado y los bordes superiores del sello de contacto de superficie están redondeados. Para mantener el elemento de deslizamiento paralelo al sello de la cara, se proporcionan pequeñas protuberancias 6042 de deslizamiento sobre el elemento de deslizamiento como se muestra en las figuras 63 y 64.

El elemento deslizante en la realización preferida se moldea por inyección a partir de un termoplástico antimicrobiano. Sin embargo, la divulgación no es tan limitada, y se puede utilizar cualquier material adecuado. Como se discutió, los elementos 6020 de flexión integrales a la corredera 6000 proporcionan la fuerza de precarga sobre el sello de contacto de superficie. La geometría de flexión se elige para proporcionar la fuerza axial deseada sin sobre tensar el termoplástico. En particular, la tensión máxima en la flexión cuando se desvía completamente se elige para que esté por debajo del límite de fluencia a largo plazo del termoplástico elegido. Esto garantiza que la precarga del sello facial deseado se consiga a largo plazo, después de que el dispositivo se haya ensamblado, sin relajación del esfuerzo en los elementos de flexión. Por compactación, el resorte de compresión 6032 para el cierre automático del dispositivo está ubicado en una ranura 6044 dentro de los límites del elemento 6000 deslizante. Como se mencionó anteriormente, dos protuberancias 6042 de deslizamiento están situadas en el elemento 6000 de deslizamiento para mantener el elemento 6000 de deslizamiento paralelo al sello de cara, a medida que la superficie de sellado de contacto de

superficie expuesta sobresale por encima de la superficie de guía en el sistema de eyección que restringe el reverso del elemento 6000 deslizante.

Como se describió anteriormente, la fuerza axial en el sello de contacto de superficie de silicona se elige para exceder la fuerza de presión interna anticipada por algún margen de seguridad. En el caso de que la fuerza axial requerida exceda la fuerza que pueden proporcionar los pequeños elementos de flexión plásticas, un enfoque alternativo es utilizar un componente de resorte separado, que podría estar formado de acero. Los problemas de fluencia a largo plazo no están presentes con un resorte de lámina de acero y la fuerza ejercida se puede aumentar para proporcionar ventajas significativas, pero con un aumento en el costo y el espacio requerido debido a la parte separada. Un enfoque para abordar este problema es utilizar el resorte de compresión 6032 también para un propósito secundario. El propósito principal del resorte de compresión sería proporcionar la característica de cierre automático del dispositivo. Cuando la presión del dedo del usuario se elimina del botón de activación, el resorte de compresión regresa el dispositivo a la posición cerrada y sellada, pasivamente, sin interacción del usuario. Para mantener un dispositivo completamente cerrado, la geometría del dispositivo se establece de manera que el resorte de compresión esté en un estado precargado cuando el elemento deslizante esté en su posición totalmente cerrada. Esta precarga se puede utilizar para el propósito secundario de aumentar la fuerza axial sobre el sello de la cara, una característica empleada en la presente realización.

Como se muestra en la figura 66, en la posición cerrada, el botón de activación 6030 interactúa con el elemento deslizante sobre una superficie 6050 inclinada, en ángulo. Este ángulo da como resultado una componente de fuerza horizontal hacia afuera que actúa sobre la parte superior del elemento 6000 deslizante. Una pequeña característica de punto de apoyo (no mostrado) está integrada en la parte superior de la placa de retención. El fulcro es una pequeña porción elevada que interactúa con la cara frontal del elemento deslizante. En presencia del vector de fuerza horizontal, el elemento 6000 deslizante pivota alrededor del fulcro haciendo que la parte inferior del elemento 6000 deslizante pivote hacia el sello de contacto de superficie para aumentar así la fuerza axial sobre el sello de contacto de superficie. Esto aumenta la integridad del sello sin la adición de partes agregadas o un mayor requerimiento de espacio. Adicionalmente, la fuerza axial en el sello de contacto de superficie ya no depende únicamente de las flexiones, lo que permite una selección más amplia de termoplásticos con valores de módulo más bajos (rigidez).

Las figuras 65-68 muestran una representación esquemática completa de una realización en ambas posiciones cerrada (izquierda) (Figuras 65 y 66) y abierta (derecha) (Figuras 67 y 68), con implementación de todas las características descritas anteriormente. En ciertas realizaciones, el sistema de cierre automático incluye válvulas de paraguas u otros medios de alivio de presión adecuados utilizados en relación con la placa de retención (también denominada aquí placa de compresión) con el fin de abordar la acumulación de presión de vapor. A modo de ejemplo no limitativo, los sistemas de alivio de presión alternativos pueden incluir: válvulas de pico de pato; válvulas de 2 vías para paraguas/pico de pato; otras válvulas de liberación de presión adecuadas; válvula de aguja en una lámina de silicona; válvula de hendidura en lámina de silicona; orificio único/orificio de ventilación en un material rígido (por ejemplo, orificio de 50 micras ( $\mu\text{m}$ ) de diámetro en acero inoxidable de 50 micras ( $\mu\text{m}$ ) de espesor); una serie de agujeros de ventilación; o cualquier otro medio de alivio de presión adecuado que pueda restablecer el equilibrio de presión con la suficiente rapidez, al tiempo que previene el exceso de evaporación debido a la presión de vapor. Los aspectos de las válvulas de paraguas o los medios de alivio de presión se discuten con más detalle en el presente documento.

#### 40 Ejemplo 10: Medida de cristalización, evaporación y sellado

La cristalización ocurre, especialmente en pequeños agujeros donde la tasa de evaporación es alta, a velocidades que pueden ser prohibitivas para el funcionamiento de un dispositivo eyector de gotas. Si ocurre la cristalización, evita la expulsión de gotas de las aberturas del eyector al bloquear el flujo.

De acuerdo con una realización, para una placa de generador con agujeros de 20  $\mu\text{m}$  de ancho, con una profundidad de 50 micras ( $\mu\text{m}$ ) sin placa de punción/capilar y abiertamente expuesta al medio ambiente, las figuras 69(a)-(c) muestra el crecimiento de cristales a lo largo del tiempo para la solución salina isotónica. En la figura 69(a), las aberturas del eyector se muestran en el tiempo cero (el fluido acaba de insertarse en un depósito duro que está sellado a la malla del eyector (que define múltiples aberturas del eyector) y no muestra cristalización. Una placa de compresión de apilamiento se acopla de forma estanca al tamiz de malla por medio de una junta tórica y la superficie opuesta de la pantalla de malla se une a través de una junta tórica a un depósito, manteniéndose el conjunto junto con tornillos y tuercas. A los 50 segundos después de insertar el fluido, que se muestra en la figura 69(b), comienza a formarse una cristalización notable en las boquillas (agujeros) del eyector. A los 3 minutos, que se muestran en la figura 69(c), varias aberturas u agujeros del eyector están completamente ocluidas y varias boquillas de eyectores (agujeros) muestran crecimiento de cristales. Las imágenes se adquirieron mediante microscopía de luz de transmisión, en donde los cristales ocluían la luz transmitida a través de las aberturas.

Para demostrar el efecto de una placa de carga de fluido, se instaló un sistema similar, compuesto por una malla de una placa de generador con agujeros de 20  $\mu\text{m}$  de ancho y 50 micrones  $\mu\text{m}$  de profundidad, pero en este caso se agregó una placa capilar y se expuso abiertamente al ambiente. Las figuras 70(a)-(c) muestran el crecimiento del

- 5 cristal a lo largo del tiempo para la solución salina isotónica. En la figura 70(a), las aberturas del eyector se muestran en el tiempo cero (el fluido acaba de insertarse en un depósito duro que está sellado a la malla del eyector por medio de lo siguiente: una placa de compresión de apilamiento, junta tórica, tamiz de malla, junta tórica, placa de punción/capilar, junta tórica, depósito retenido junto con tornillos y tuercas) y no se ha producido ninguna cristalización.
- 10 A los 5 minutos, que se muestran en la figura 70(b), aún no se ha formado cristalización. A las 6 horas, que se muestran en la figura 70(c), varias aberturas de eyector están completamente ocluidas y varias aberturas de eyección exhiben crecimiento de cristales. Aunque la placa de punción/capilar no puede reducir la evaporación, reduce la cristalización. La disminución en la velocidad de cristalización se obtiene entregando un suministro constante de fluido y evitando depósitos minerales no sumergidos en el fluido.
- 15 10 La evaporación puede en ciertas aplicaciones conducir a cambios en la potencia y resistencia del fármaco, por ejemplo, a través de la pérdida de agua y el cambio resultante en la concentración. La evaporación también puede conducir a la cristalización en las aberturas del eyector. La Tabla 16 muestra las tasas de evaporación del sistema de cierre automático de la presente divulgación frente a las velocidades de evaporación con dos tipos de válvulas de paraguas con diferentes presiones de craqueo provistas en la placa de carga de fluido. Las tasas de evaporación que se muestran son aquellas exhibidas sin grietas en la válvula debido a la fluctuación de presión para la solución salina isotónica utilizando un tipo de válvula, y para latanoprost y solución salina isotónica utilizando una válvula diferente. Ambas válvulas mostraron tasas de evaporación muy altas. Por el contrario, los sistemas de cierre automático de la presente divulgación dieron como resultado una disminución en la velocidad de evaporación en un factor de 7-10, dependiendo del fluido de prueba. Esto también dio como resultado una extensión del tiempo de cristalización en un factor de 7-10 entre las pulverizaciones en comparación con la placa de punción/capilar y las válvulas de paraguas solamente.
- 20 15 20

Tabla 16: Tasas de evaporación de la válvula de paraguas versus sellado de contacto de superficie perfecto utilizando el sistema de cierre automático.

Fluido	Válvula de paraguas	Pérdida de masa en 1 día (mg)	Pérdida de masa predicha en 30 días (mg)	% de pérdida de fluido predicha de ampolla de 2.0 mL en 30 días
Solución salina Isotónica	5.3 mm (Presión de ventilación 0.1 - 0.2 PSI / 0.69 kPa - 1.38 kPa)	23.6	707	35%
		18.0	539	27%
		20.4	613	31%
Solución salina Isotónica	5.8 mm (Presión de ventilación 0.2 - 0.3 PSI / 1.38 kPa - 2.07 kPa)	3.5	104	5%
		8.6	258	13%
		11.7	351	18%
Latanoprost	Sello Perfecto	7.5	224	11%
Latanoprost		2.4	72	4%
Solución salina Isotónica		2.6	79	4%
Latanoprost				
Solución salina Isotónica				
Latanoprost				

En determinados aspectos de la divulgación, se utilizaron sistemas de cierre automático para evitar que grandes desviaciones de presión forzaran la salida de fluido del sistema eyector. Las válvulas igualan la presión casi instantáneamente si la presión excede la presión de craqueo.

- 5 Las alternativas a las válvulas paraguas están dentro del alcance de la presente divulgación. A este respecto, se puede utilizar cualquier forma adecuada para igualar la presión mientras se evita la evaporación, por ejemplo, una solución de orificio de ventilación de 50 µm y 100 µm con un filtro de membrana resistente a bacterias y fluidos unido sobre el orificio de ventilación. Esta solución también ecualiza la presión casi al instante, 10 psi (68.94 kPa)/.25 cc por segundo de aire, pero también reduce las tasas de evaporación 10-20 veces por debajo de las válvulas de paraguas, como se muestra en la Tabla 17. Las tasas de fuga para la igualación de presión (no evaporación) también se muestran en la Tabla 17.
- 10

Tabla 17: Tasas de evaporación y fuga para igualación de presión de agujeros de ventilación filtrados

Condición	Pérdida de masa promedio por día (mg)	Desviación Standard (mg)	Numero de muestras
Agujero de 50 µm	1.3	0.3	4
Agujero de 50 µm & membrana de 1.2 µm	0.9	0.2	3

Tasas de fuga de agujero de 50 µm en acero SS316, 50 mm de espesor (Tamaño de muestra: N=10 para cada condición de control)			
Condición	Tasa de fuga promedio (cm <sup>3</sup> /seg)	Tasa de fuga corregida (cm <sup>3</sup> /seg)	Desviación Estándard (cm <sup>3</sup> /seg)
Sin Agujero de 50 µm (placa SS316)	0.035	0	0.004
Agujero de 50 µm	0.431	0.40	0.08
Agujero 50 µm & membrana 1.0 µm (PTFE sobre soporte LHOP de poliéster no tejido)	0.428	0.39	0.06
Agujero de 50 mm & membrana de 1.2 µm (copolímero acrílico sobre soporte de Nylon no tejido)	0.473	0.44	0.13

- 15 El sistema de autocierre proporciona una barrera de aire y presión necesaria para evitar la evaporación de fluido que podría conducir a la cristalización en las aberturas del eyector. El propósito de este experimento fue determinar la fuerza normal necesaria para producir un sello del sistema de cierre automático capaz de sellar a 1.00 PSI (6.89 kPa).
- 20 Utilizando la fuerza gravitatoria de un elemento de sellado de plástico sobre el anillo de sellado de la superficie de silicona para determinar la calidad del sello de contacto de superficie de silicona en función de la fuerza normal. Un elemento de sellado de plástico ABS/policarbonato se unió al fondo de un vaso de precipitados para poder agregar agua para una masa variable. El sello de silicona autolubricante estaba alojado dentro de la placa de compresión, con un regulador de presión y un manómetro acoplados al interior de la placa de compresión. El elemento de sellado de masa variable se equilibró sobre el sello de silicona, y se añadió fluido al vaso de precipitados. Los datos de presión se registraron como una función de la fuerza normal del sellado de contacto de superficie.

A medida que la presión manométrica se acercaba a 1.00 PSI (6.89 kPa), se incrementó la masa del sello del sistema de cierre automático. Fuerzas normales de 40 gramos y mayores típicamente selladas a 0.90 PSI (6.21 kPa) o más. Esto se identificó como un sello aceptable porque es significativamente más alto que la presión de ventilación de la válvula de paraguas de 0.2 PSI.

- 5 Otra condición identificada fue que la fuerza de fricción del deslizador de cierre sobre el sistema de cierre automático debería ser menor que la fuerza de restauración del resorte de cierre automático. Esta condición se cumplió eligiendo un resorte con suficiente constante de resorte y desplazamiento.

Para medir la calidad del sello proporcionado por el sello del sistema de autocierre interior en una secuencia de múltiples accionamientos deslizantes. Un sistema de cierre automático de acuerdo con la divulgación se adjuntó a un regulador de presión de aire y un manómetro. El regulador se ajustó a 1.00 PSI (6.89 kPa) con un sello perfecto, y luego se quitó el sello perfecto. El cierre automático se acciona para proporcionar un sello, y la presión manométrica dentro del sello aumentó hasta que alcanzó una presión máxima. Esta presión de equilibrio máxima se registra como la presión del sello para esa prueba.

10 15 La presión de equilibrio máxima se registró para 20 ensayos, después de lo cual se activó el sistema de autocierre 100 veces. Este proceso se repitió 3 veces más, lo que resultó en 4 conjuntos de datos de 20 ensayos, con 100 actuaciones entre cada conjunto de datos. Esto fue diseñado para probar la repetibilidad del sistema de cierre automático en un total de 380 actuaciones de deslizamiento. La presión de sellado promedio para cada conjunto de datos se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. Cierre automático de la junta de sellado para más de 380 actuaciones

Grupos de Datos # (N=20 actuaciones)	Presión de sellado promedio (PSI)	Presión de sellado promedio (kPa)
1	0.940 ± 0.006	6.481 ± 0.041
2	0.937 ± 0.007	6.460 ± 0.048
3	0.934 ± 0.005	6.439 ± 0.034
4	0.936 ± 0.005	6.453 ± 0.034
Nota: La presión de sellado máxima es 1.00 PSI (6.894 kPa) debido al regulador		

20 Se identificó un sello de 1.00 PSI (6.89 kPa) como un sello de contacto de superficie de silicona aceptable porque proporciona un margen de seguridad por encima del respiradero de la válvula de paraguas de 0.2 PSI (1.38 kPa). Los datos de esta prueba estuvieron consistentemente dentro del 6-7% de esta presión de sellado objetivo sobre 380 actuaciones totales.

## REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (100) eyector para eyectar fluido sobre una superficie, el dispositivo comprende:

una carcasa; un depósito (102) que tiene un volumen ( $V_t$ ) y que contiene o se configura para recibir un volumen de fluido ( $V_f$ ) dispuesto dentro de dicha carcasa; una placa (104) de carga de fluido en comunicación fluida con dicho depósito (102); y un mecanismo (108) eyector en comunicación fluida con dicha placa (104) de carga de fluido; en el que dicha placa (104) de carga de fluido incluye una interfaz de depósito de fluido para unirse al depósito (102), una interfaz de mecanismo eyector para unir la placa (104) de carga de fluido al mecanismo (108) eyector y uno o más canales de fluido para canalizar fluido desde la interfaz del depósito de fluido hasta la interfaz del mecanismo eyector,

5 la placa (104) de carga de fluido se configura para colocarse en una disposición en paralelo con el mecanismo (108) eyector para formar una separación capilar y generar flujo de fluido capilar entre la placa (104) de carga de fluido y el mecanismo (108) eyector en la superficie posterior del mecanismo (108) eyector, dicho mecanismo (108) eyector se configura para eyectar una corriente de gotas de dicho fluido a través de una o más aberturas, caracterizado porque el mecanismo (108) eyector está configurado además para eyectar una corriente de gotas con un diámetro de gota eyectado promedio mayor a 15 micras ( $\mu\text{m}$ ), con la corriente de gotas que tiene un flujo de aire reducido para que la presión de la corriente de gotas sobre la superficie sea sustancialmente imperceptible cuando se pulveriza contra la superficie del cuerpo de un animal o un ser humano.

10 2. Dispositivo eyector de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho dispositivo eyector es capaz de eyectar dicha corriente de gotas cuando dicho dispositivo eyector está inclinado hasta 180 grados boca abajo.

15 20 3. Dispositivo eyector de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la placa (104) de carga de fluido y el mecanismo (108) eyector están separados por una distancia de aproximadamente 0.2 mm a aproximadamente 0.5 mm para formar dicha separación capilar.

25 4. Dispositivo eyector de la reivindicación 1, en el que el mecanismo (5501) eyector comprende una placa (5502) eyectora acoplada a una placa (5532) de generador y un accionador (5504) piezoelectrónico; la placa (5532) generadora incluye una pluralidad de aberturas (5526) formadas a través de su espesor, el accionador (5504) piezoelectrónico puede hacer oscilar la placa (5502) eyectora y, por lo tanto, la placa (5532) generadora, a una frecuencia y genera una corriente dirigida de gotas (5512).

30 5. Eyector de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el mecanismo (5501) eyector comprende una placa (5502) eyectora acoplada a una placa (5532) de generador y un accionador (5504) piezoelectrónico, dicha placa (5532) de generador incluye una pluralidad (5526) de aberturas formada a través de su grosor, y dicho accionador (5504) piezoelectrónico puede hacer oscilar la placa (5502) eyectora, y, por lo tanto la placa (5532) generadora, a una frecuencia resonante de dicha placa (5502) eyectora acoplada a dicha placa (5532) generadora para generar una corriente dirigido de gotas (5512).

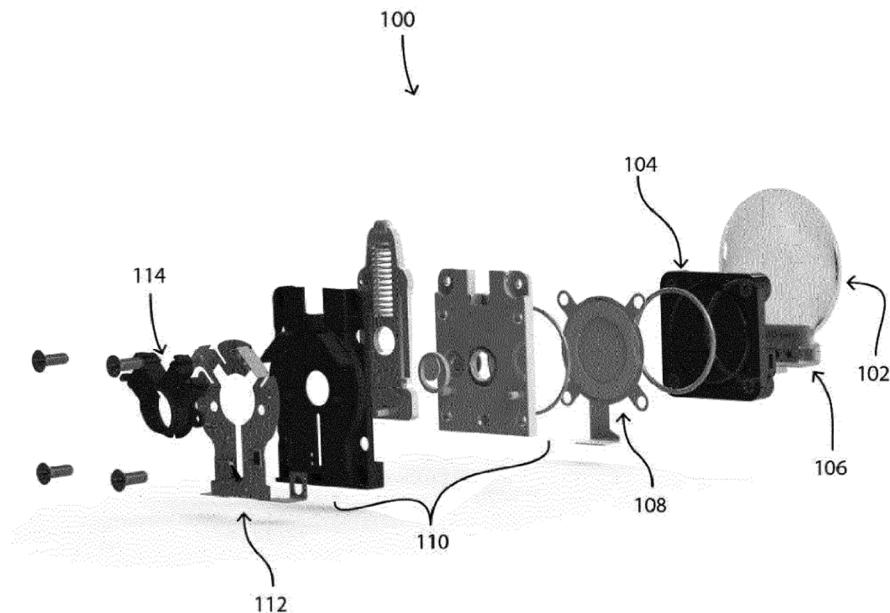


FIG. 1

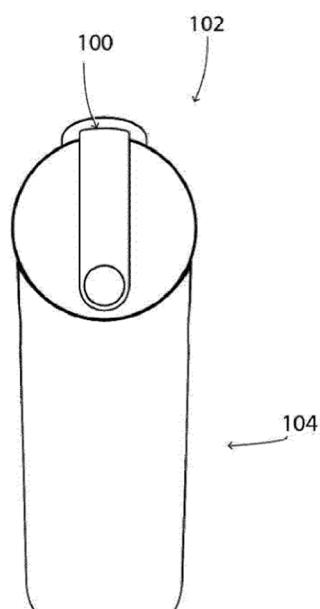


FIG. 2

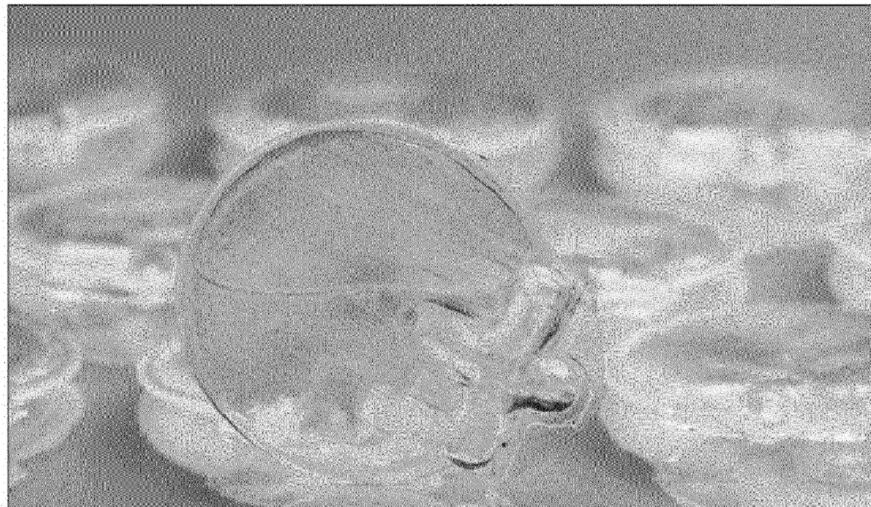


Fig.3

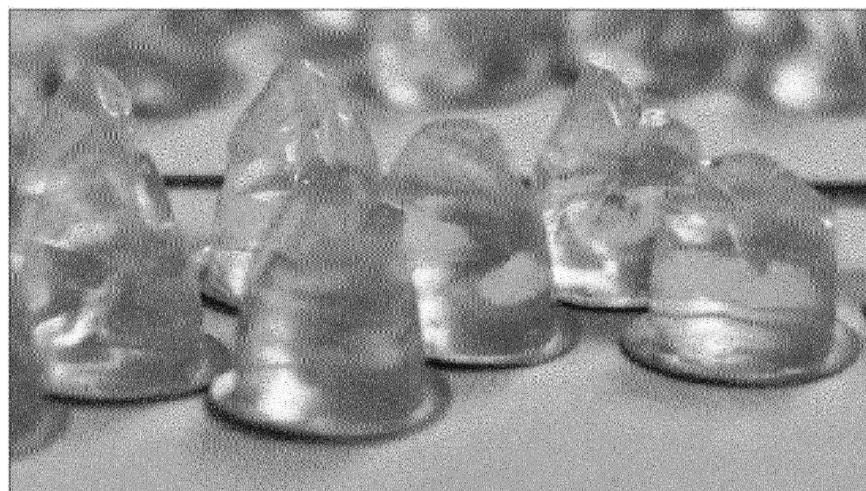


Fig.4

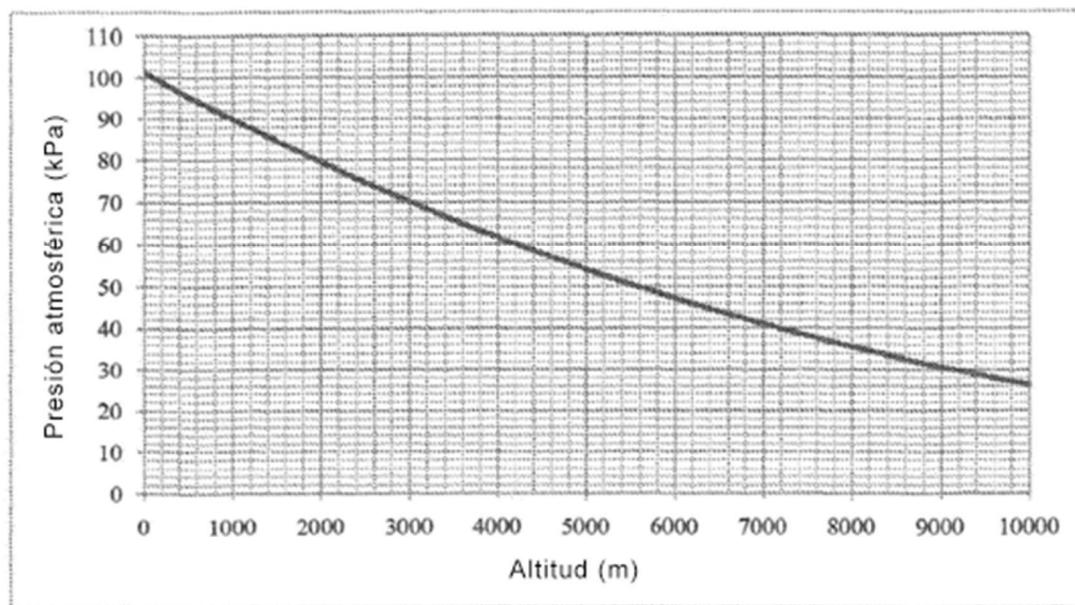


FIG. 5

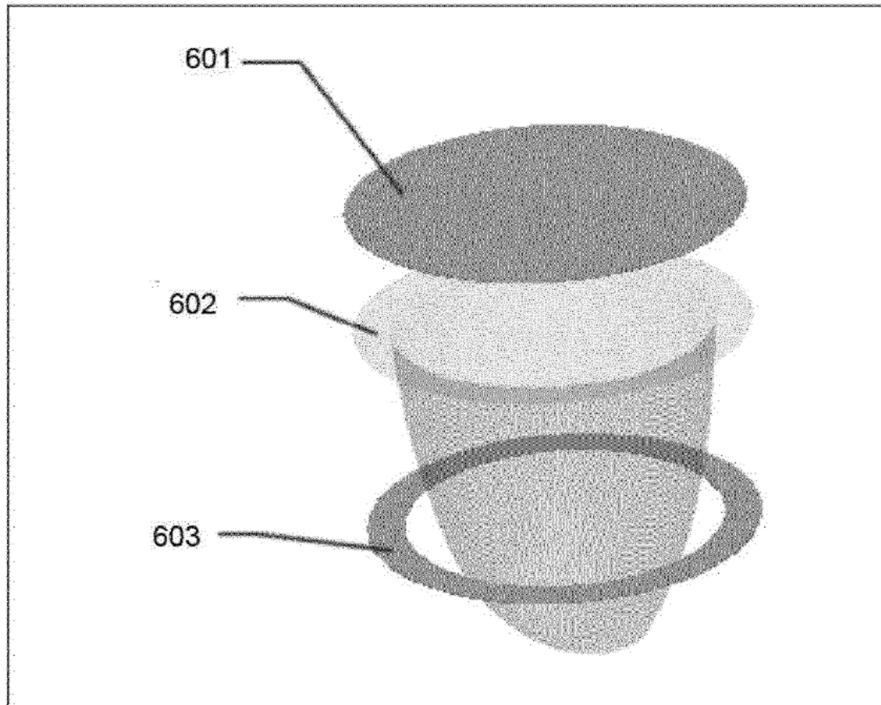


Fig.6A

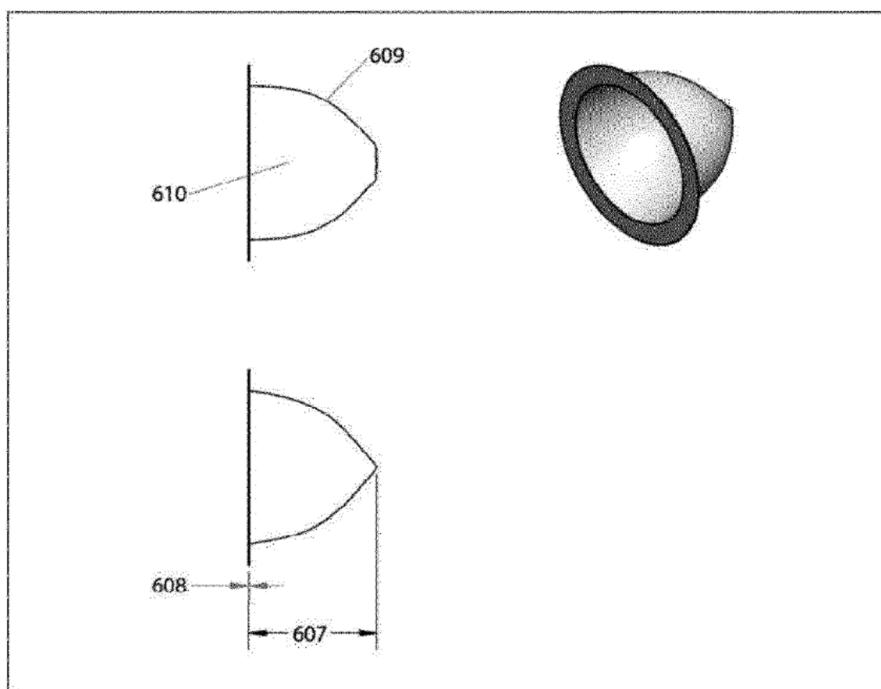


Fig.6B

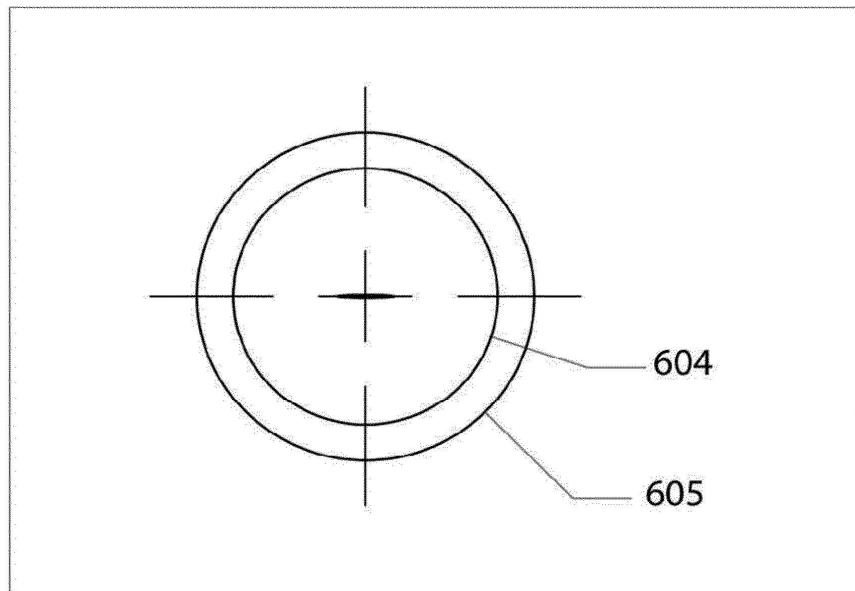


Fig.6C

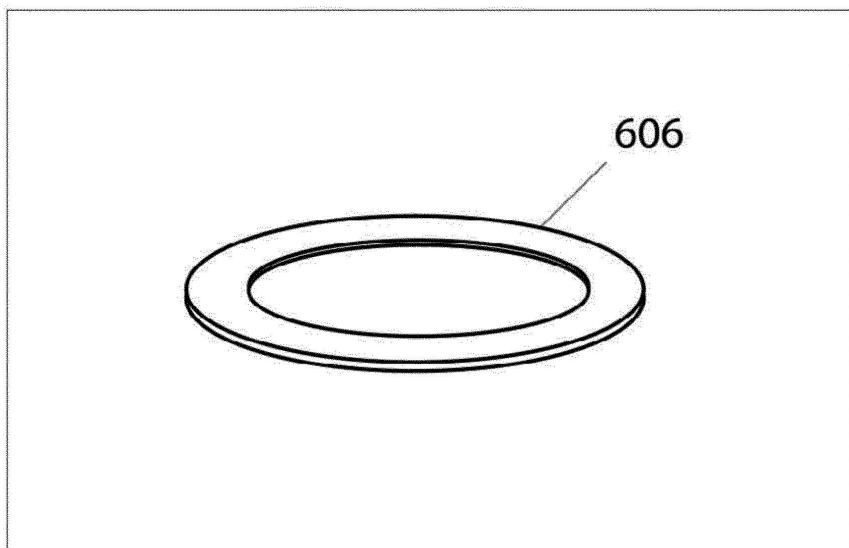


Fig.6D

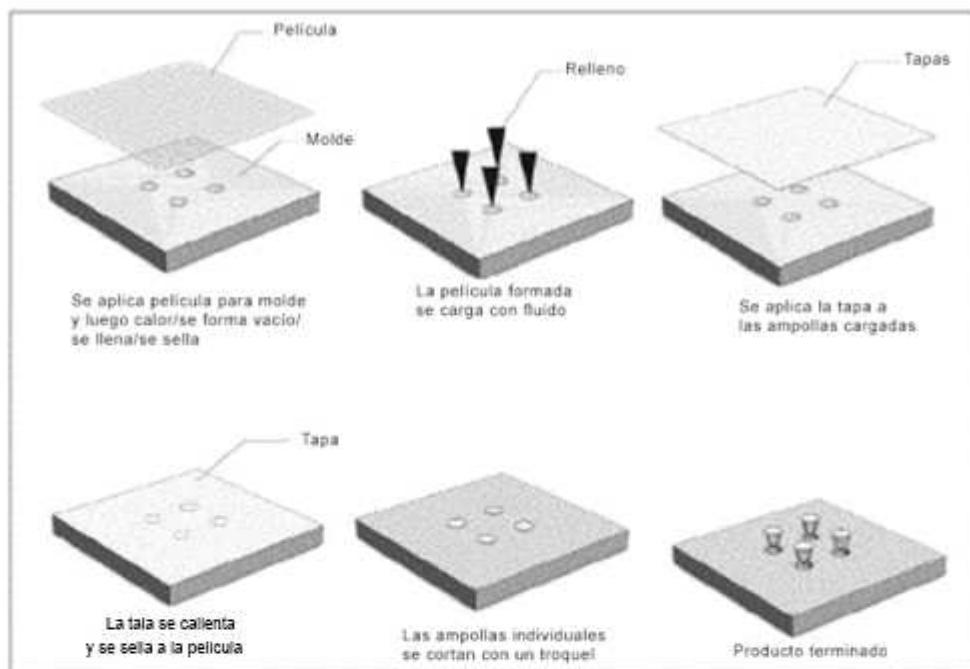


Fig.7

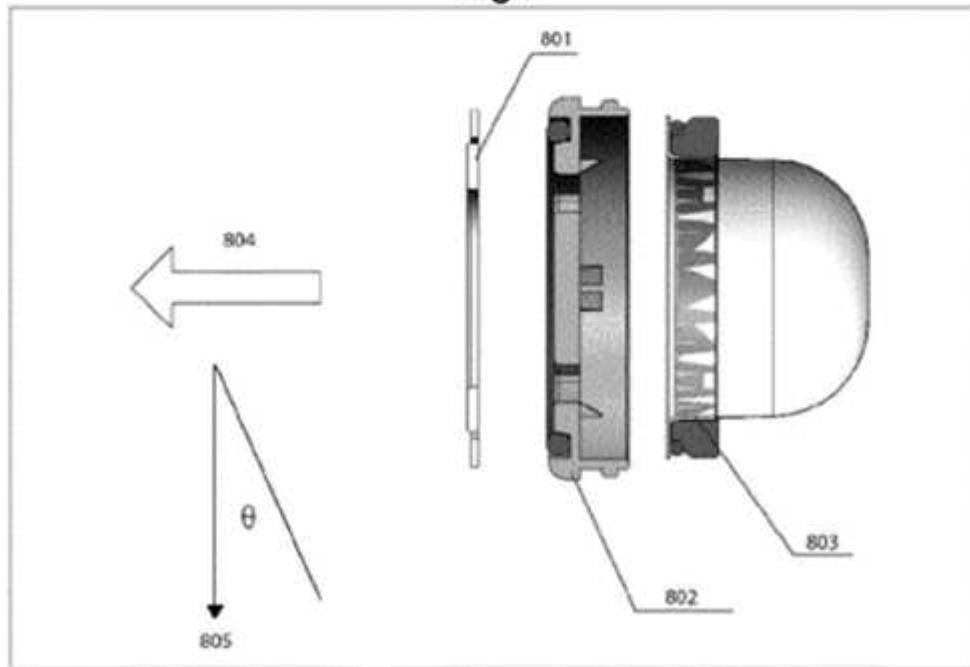


Fig.8

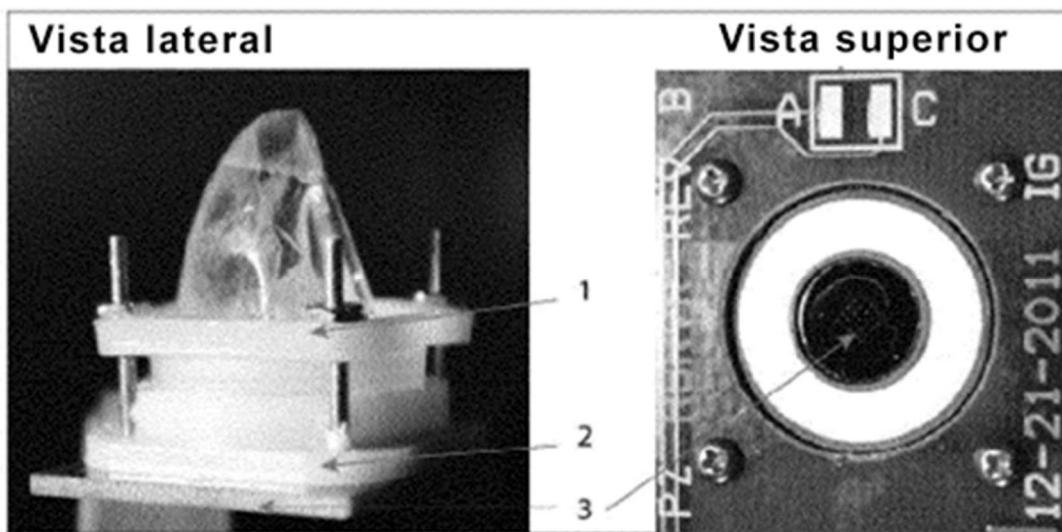


Fig.9

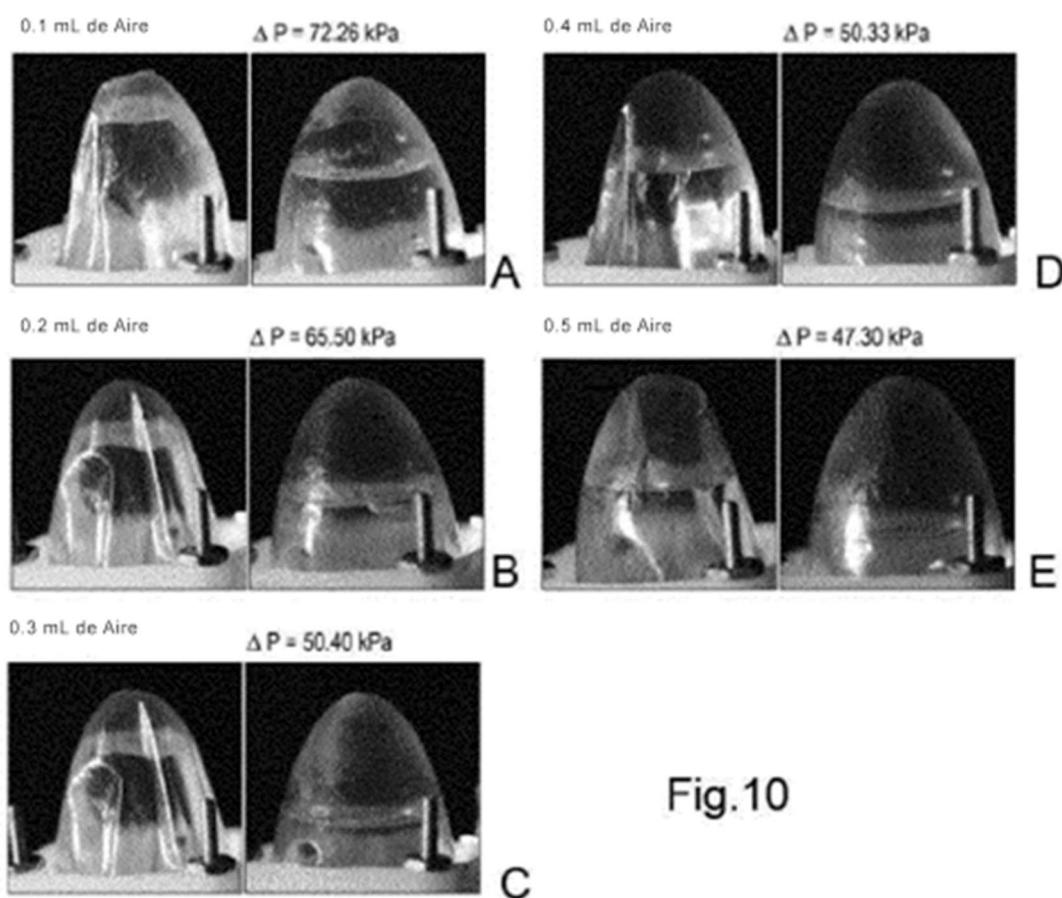


Fig.10

# ES 2 663 879 T3

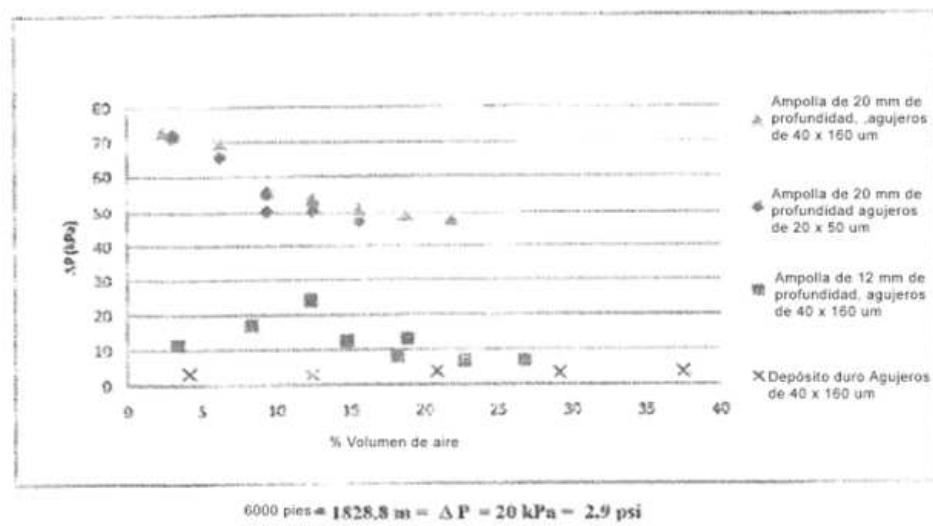


Fig.11

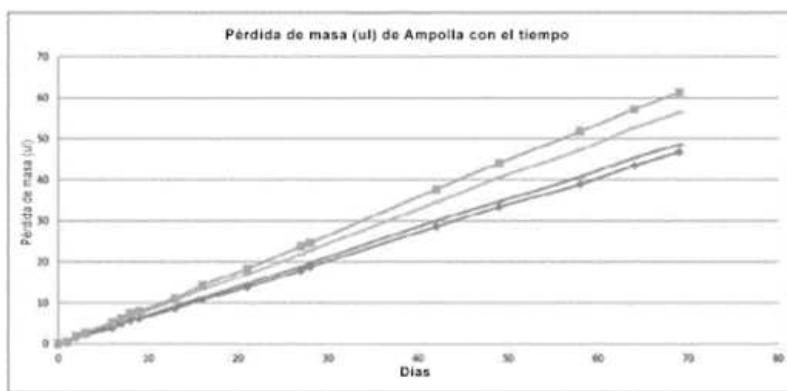


Fig.12

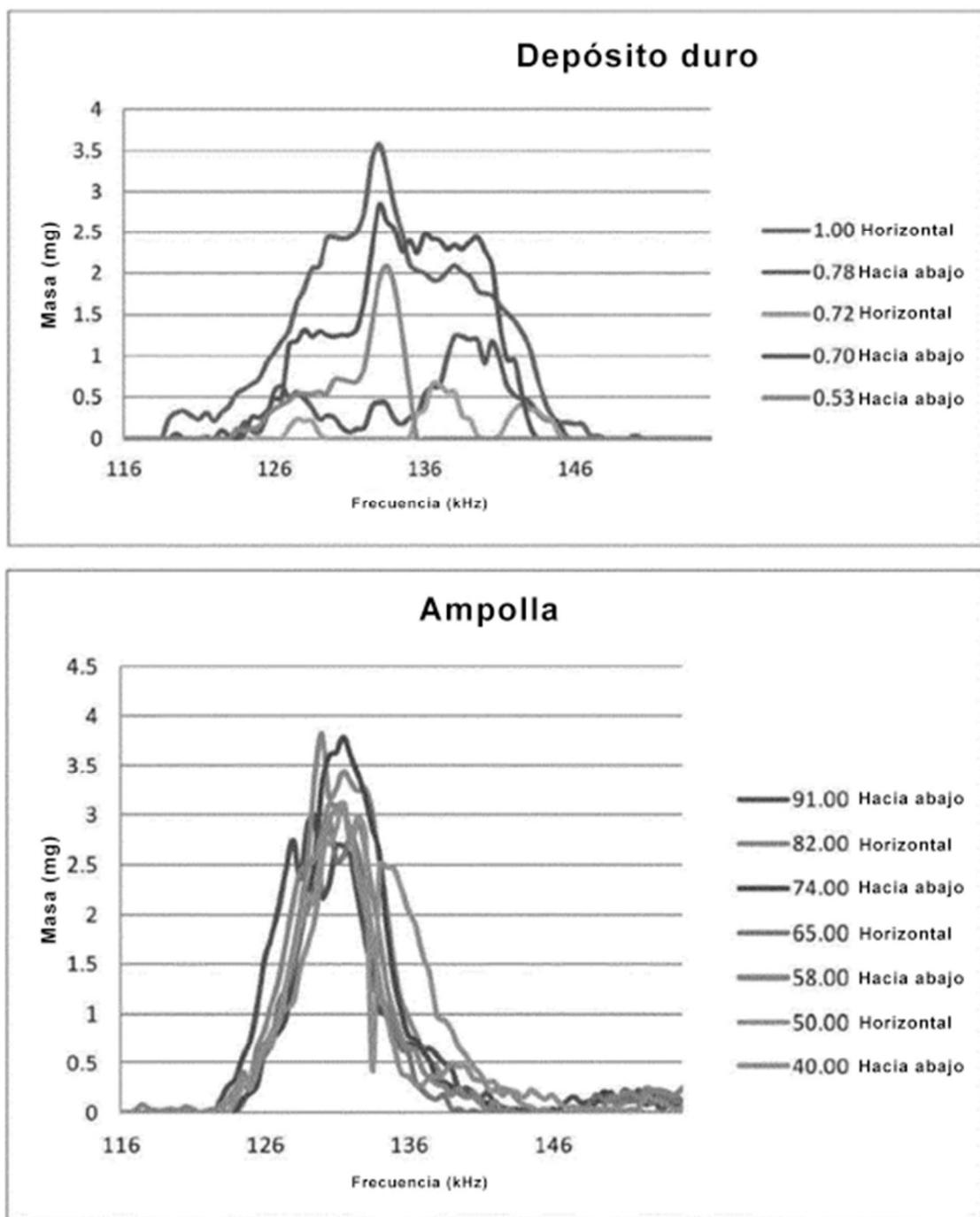


Fig.13

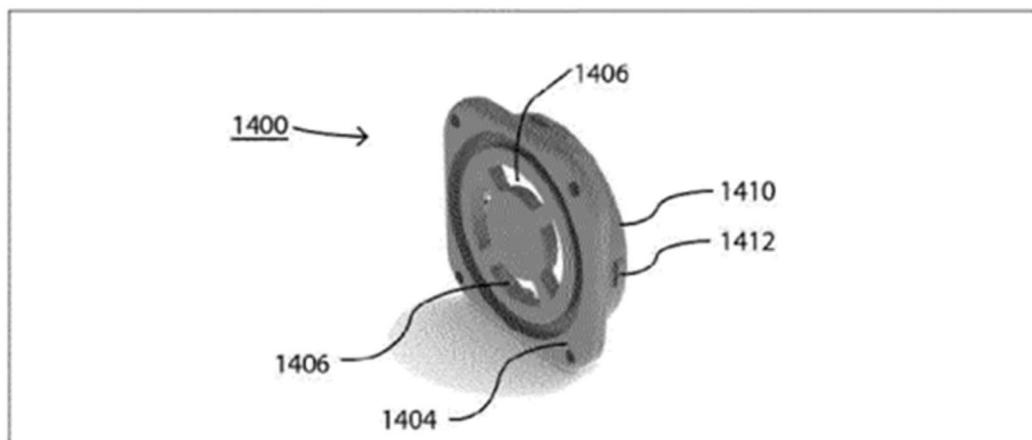


Fig.14A

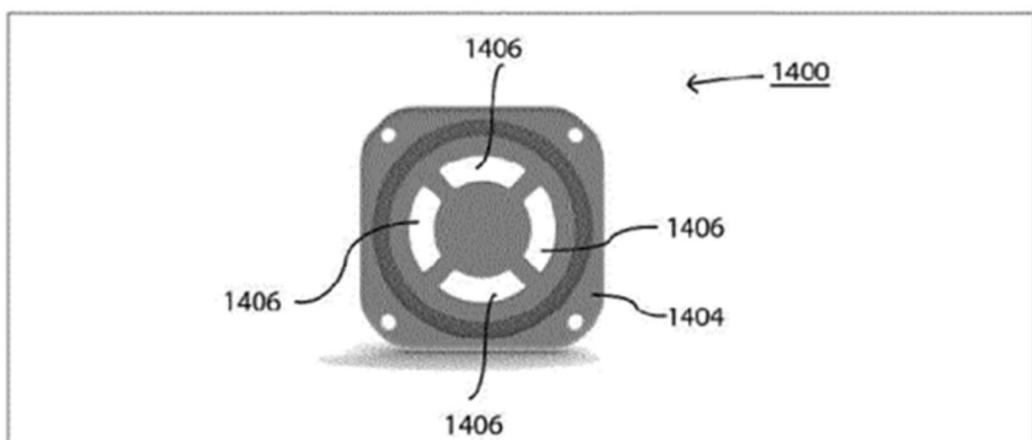


Fig.14B

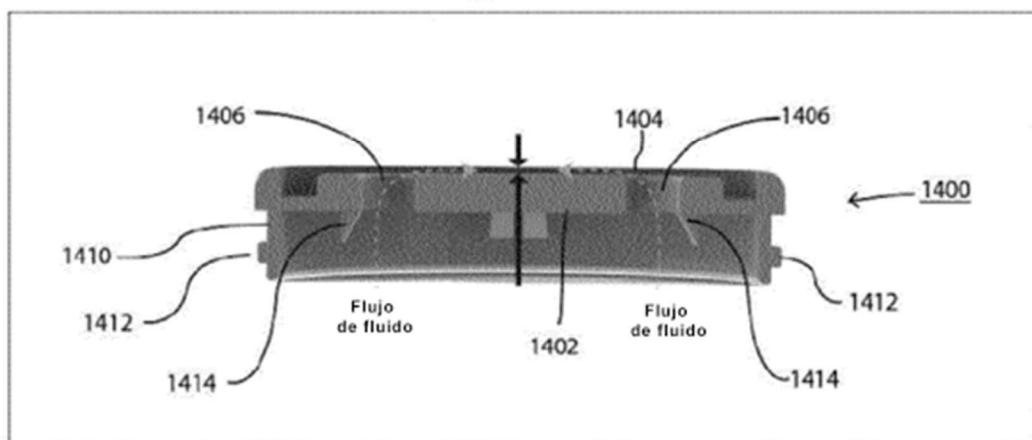


Fig.14C

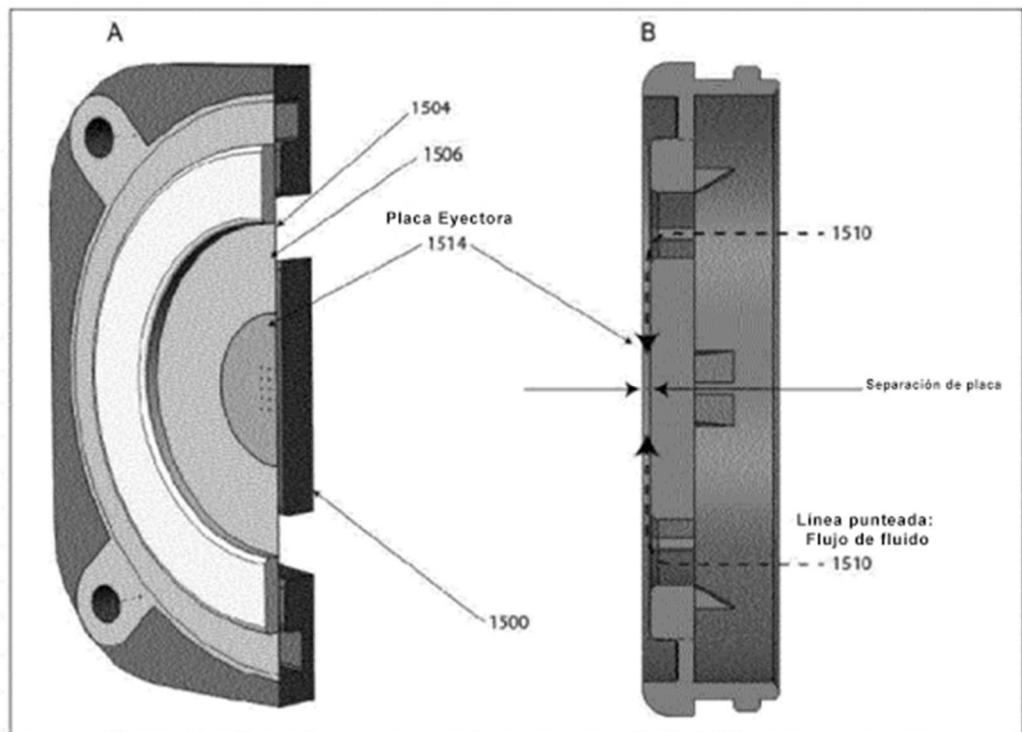


Fig.15A

Fig.15B

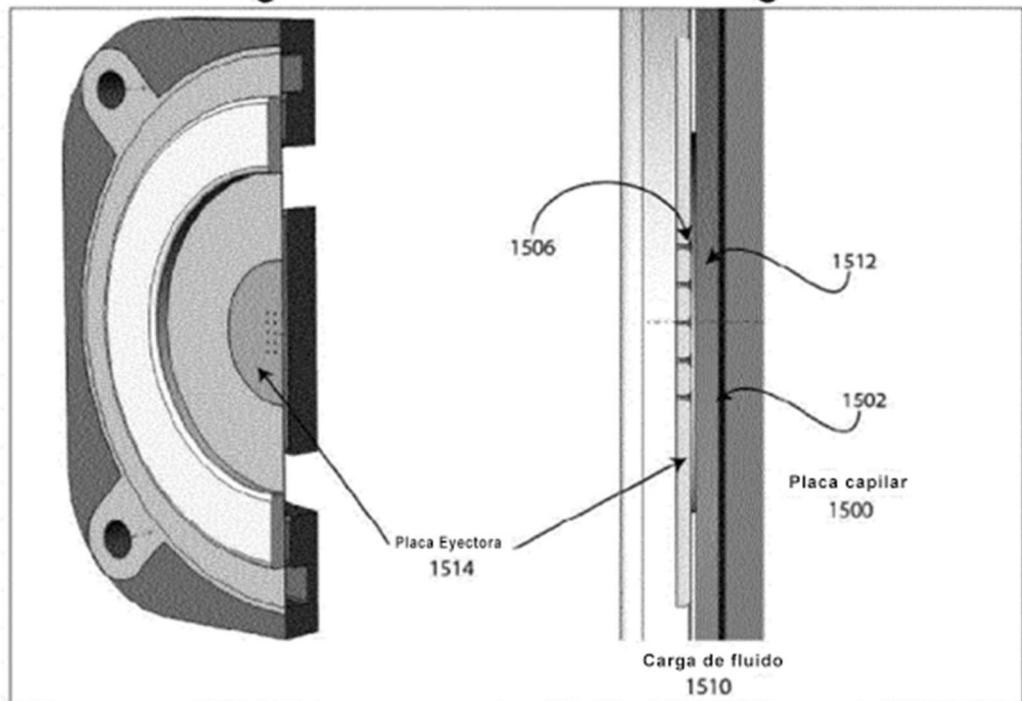


Fig.15C

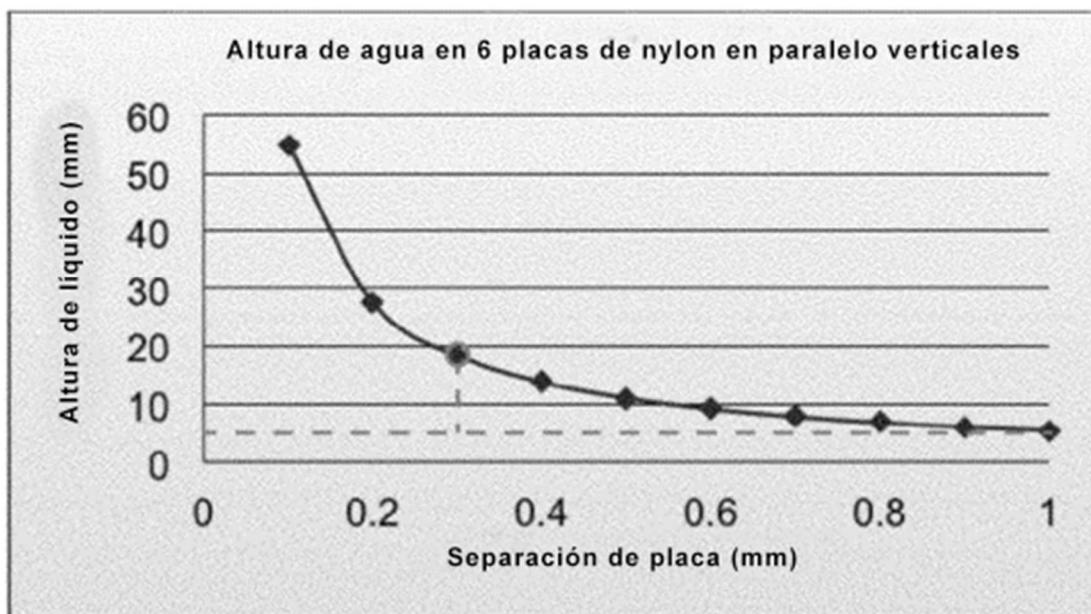


Fig.16A

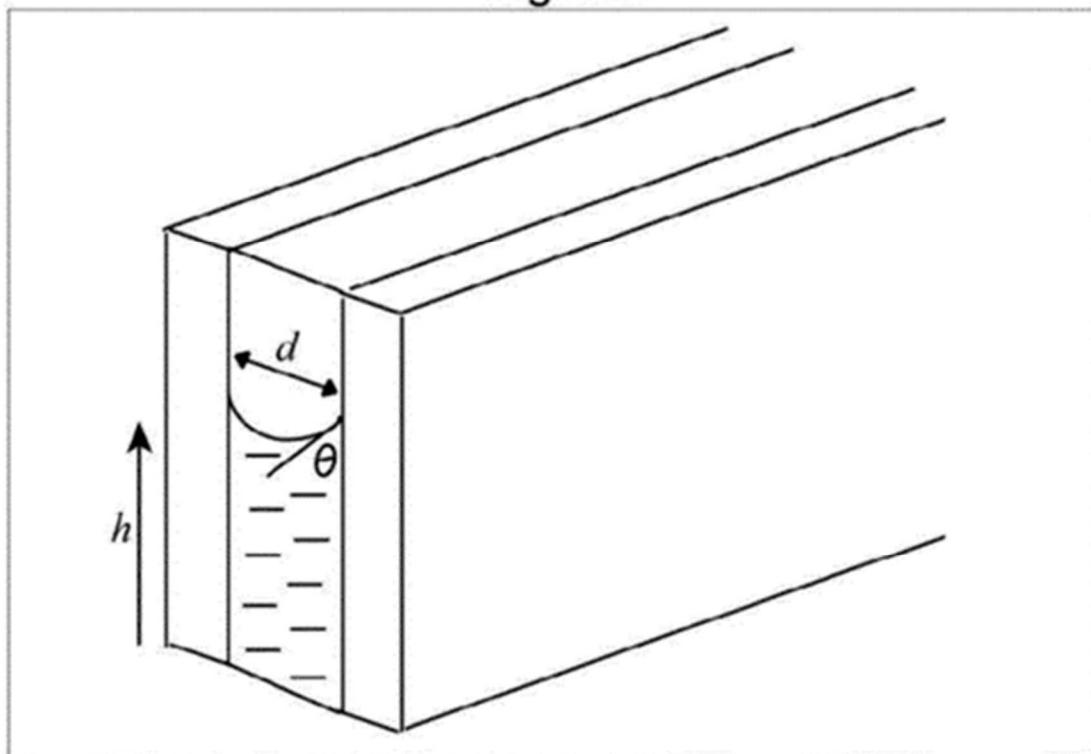


Fig.16B

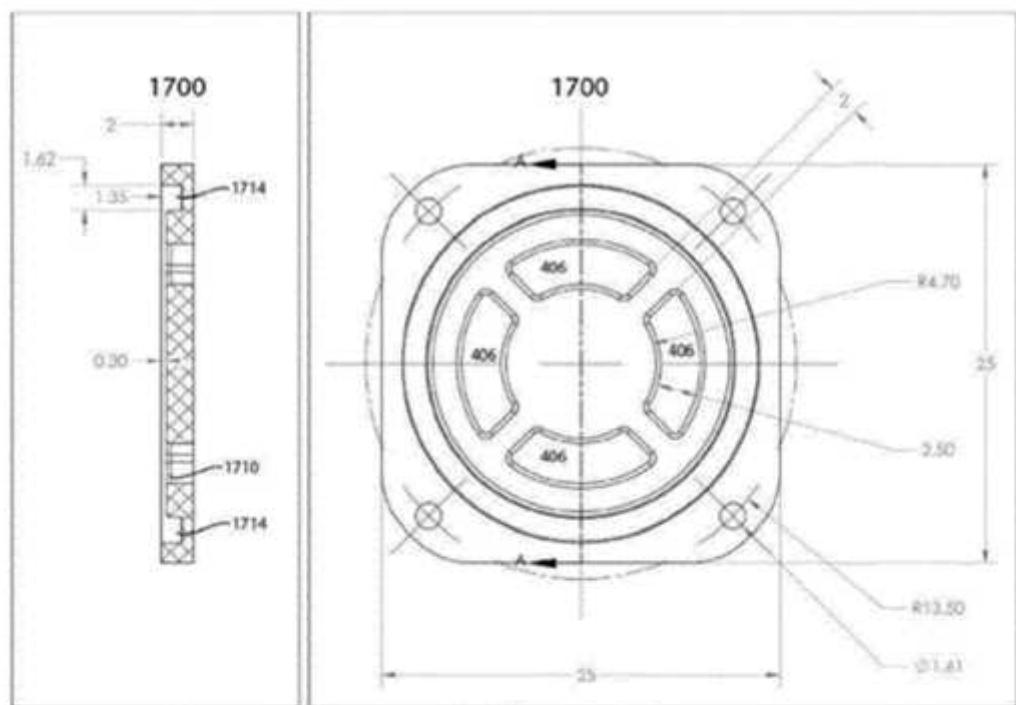
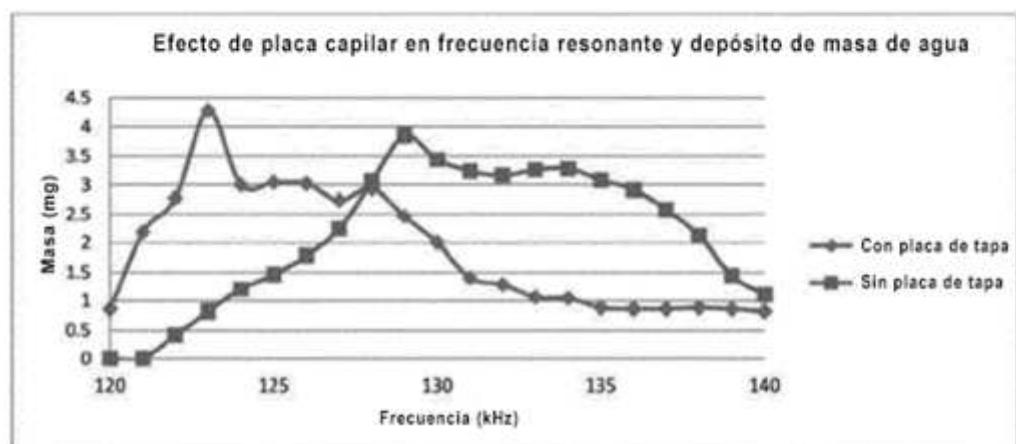


Fig. 17A

Fig. 17B



Placa eyectora NiCo con agujeros de 25, 40 micras, y espesor de 160 micras

Fig. 18

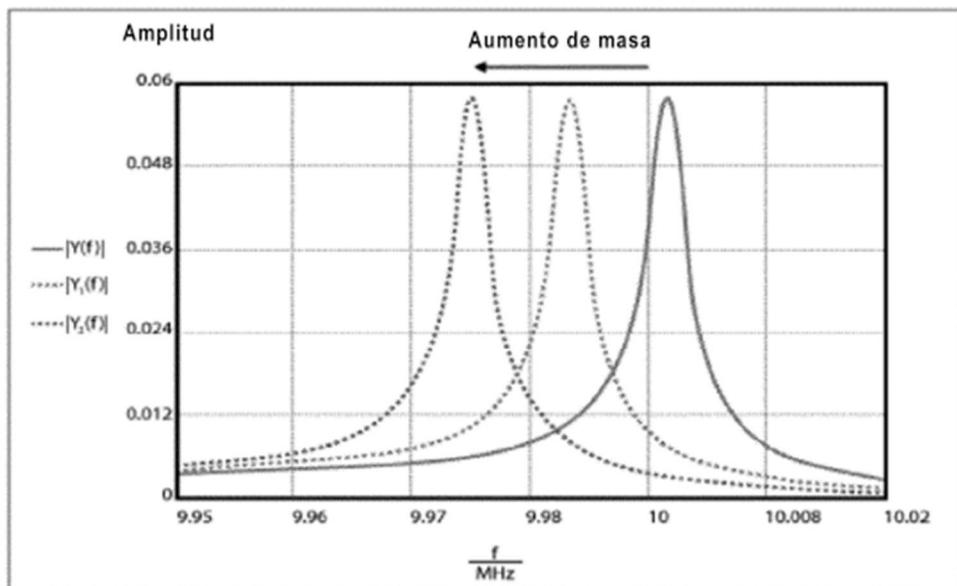


FIG. 19

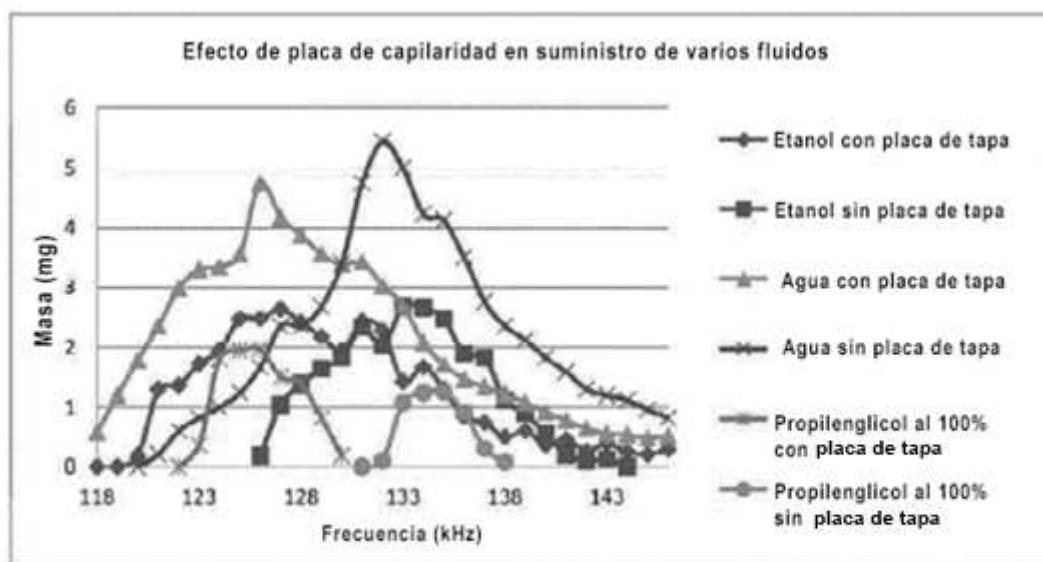


Fig.20

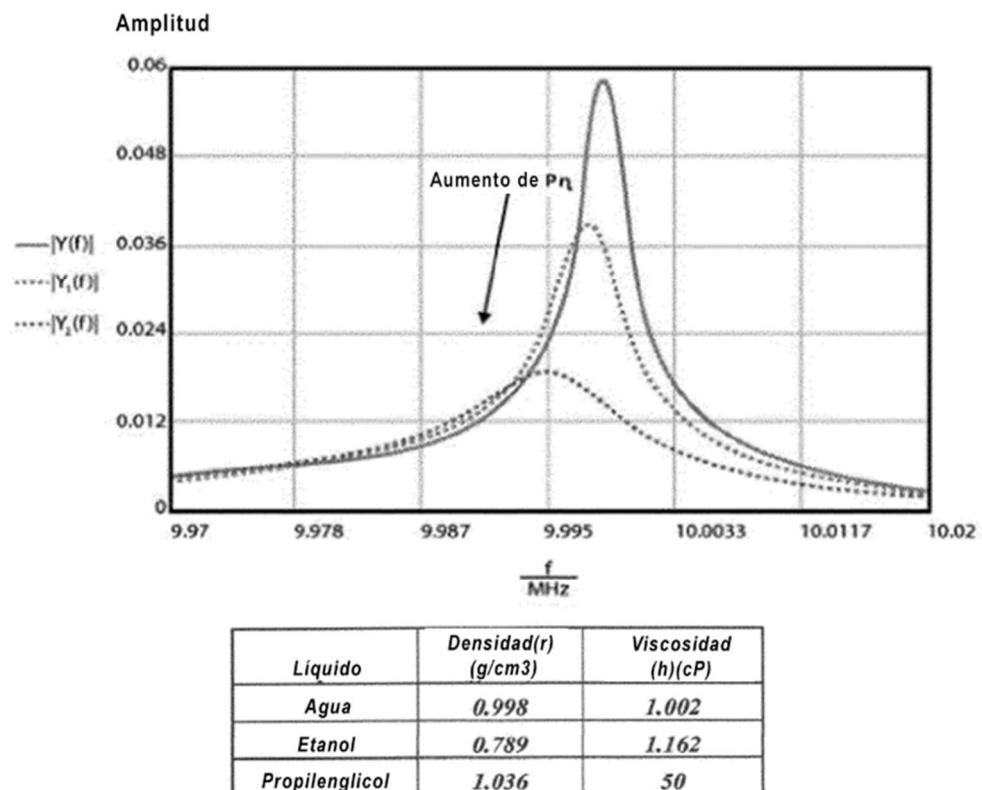


FIG. 21

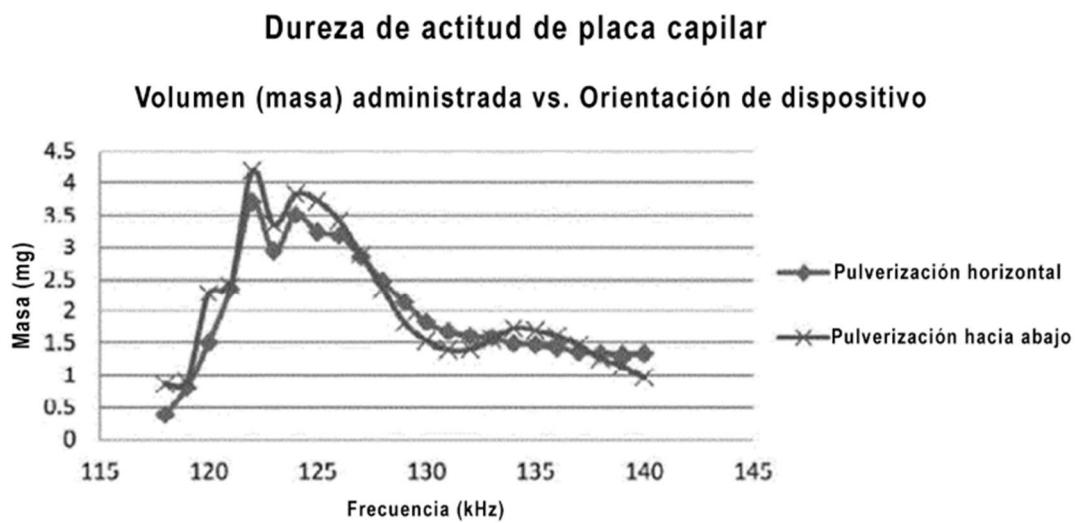


FIG. 22

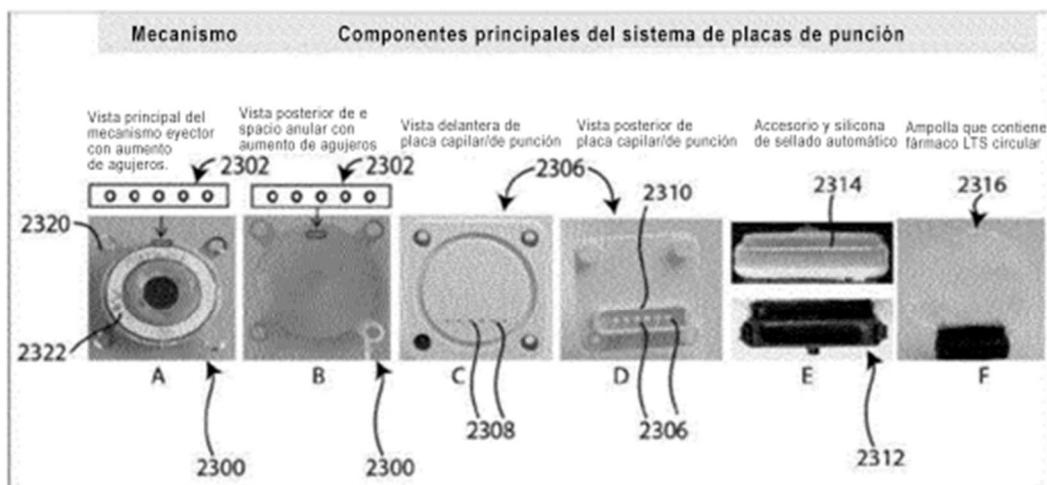


Fig.23

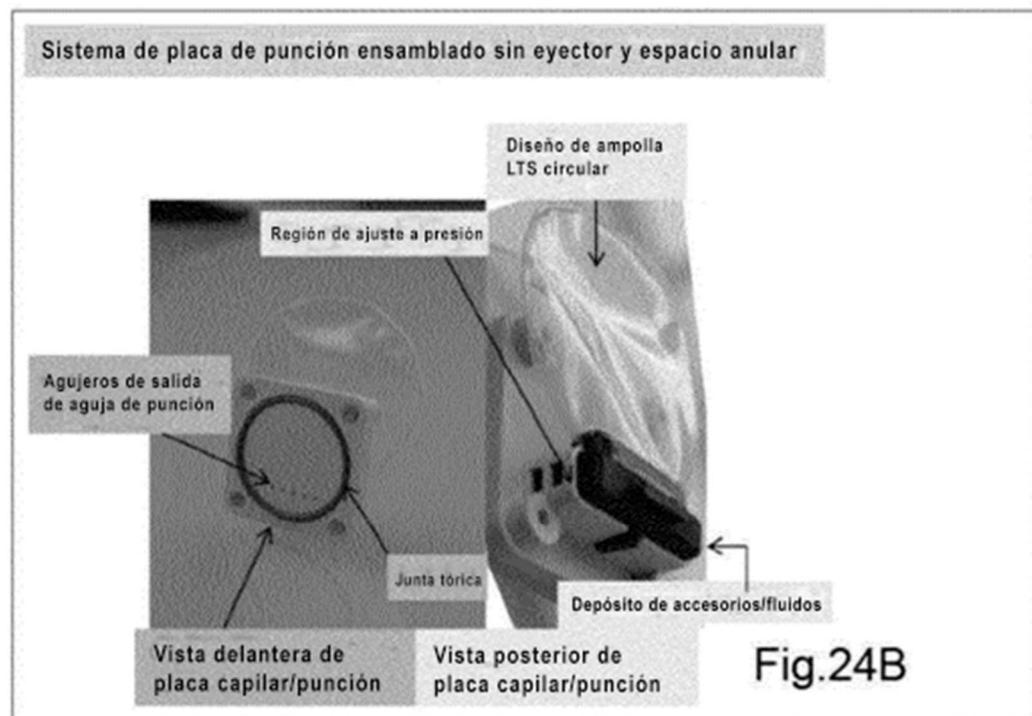
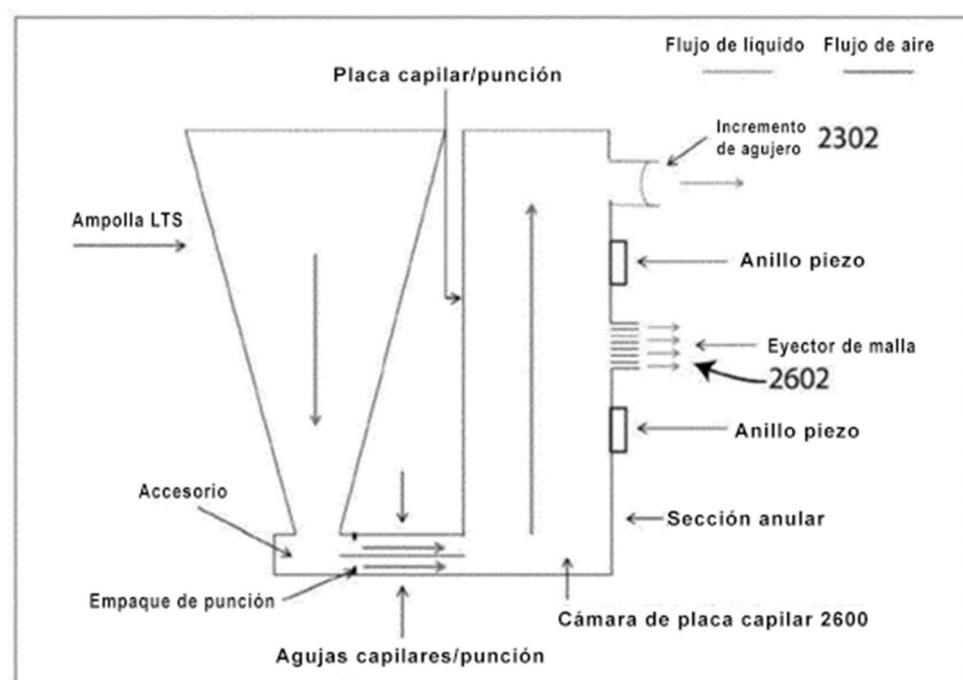
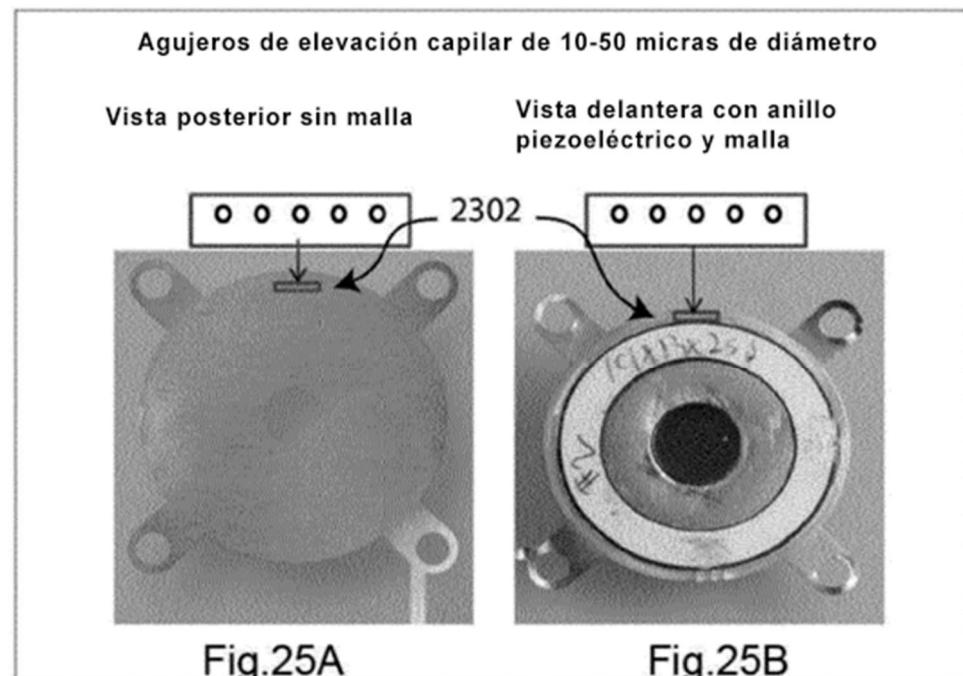


Fig.24B

Fig.24A



**Fig.26**

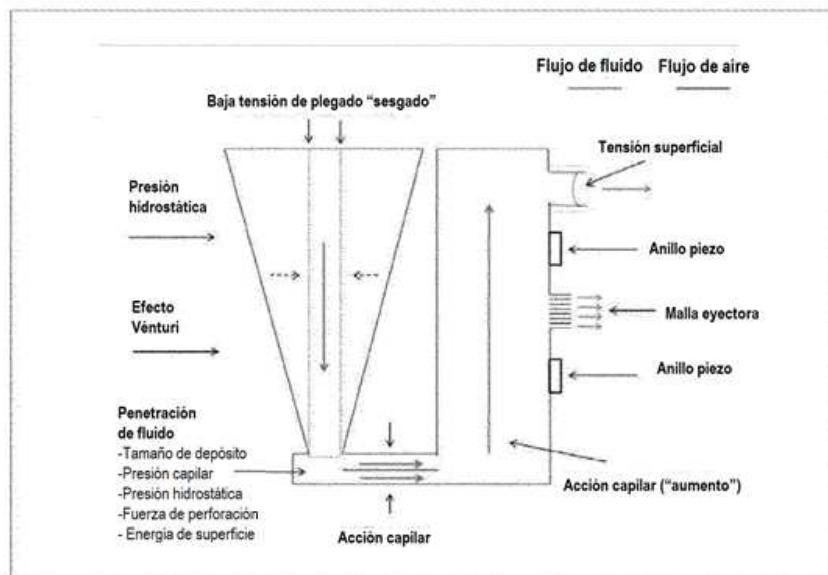


Fig.27

Ecuación de Bernoulli para flujos incompresibles

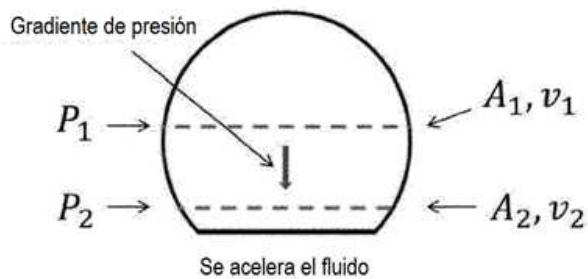


Fig.28

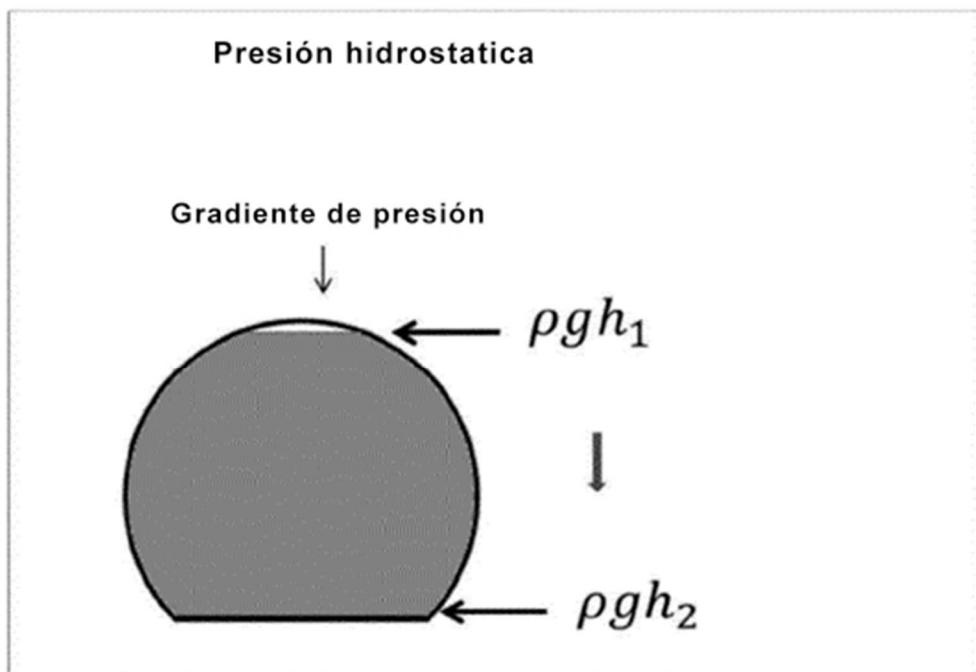


Fig.29

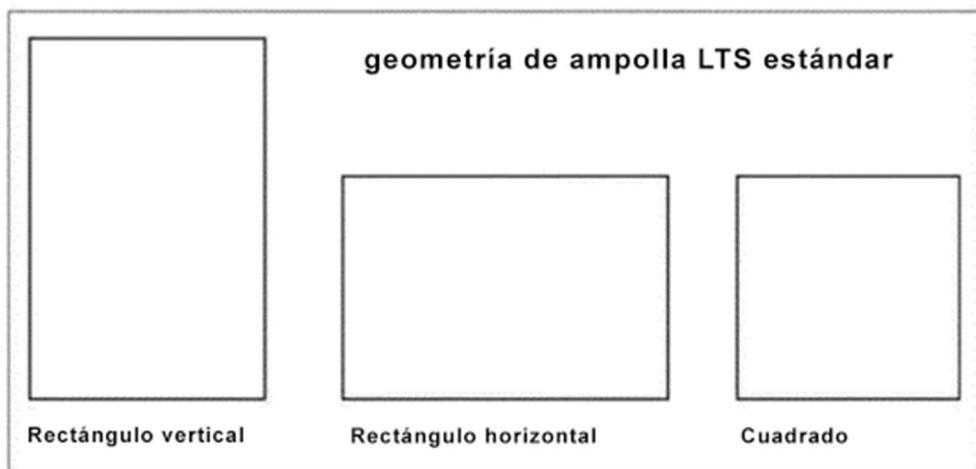


Fig.30

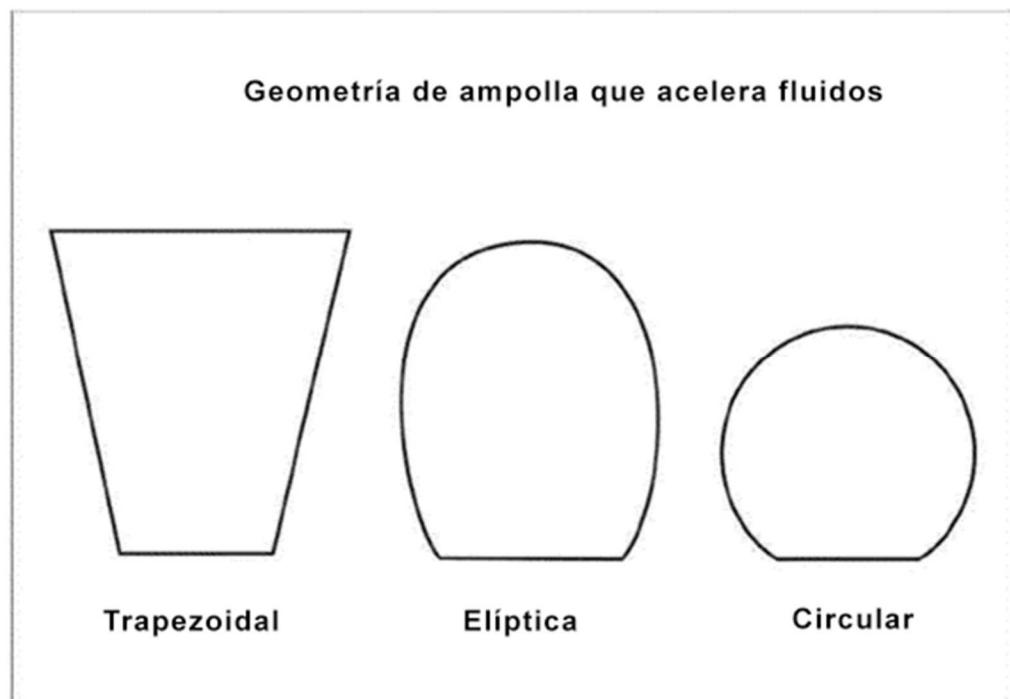


Fig.31

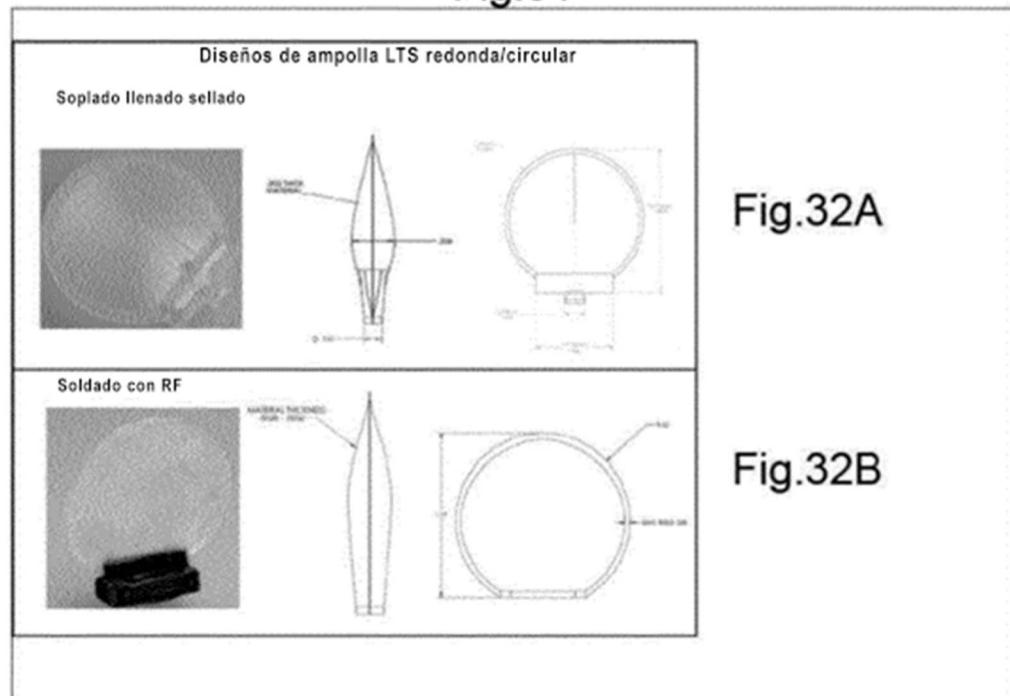


Fig.32A

Fig.32B

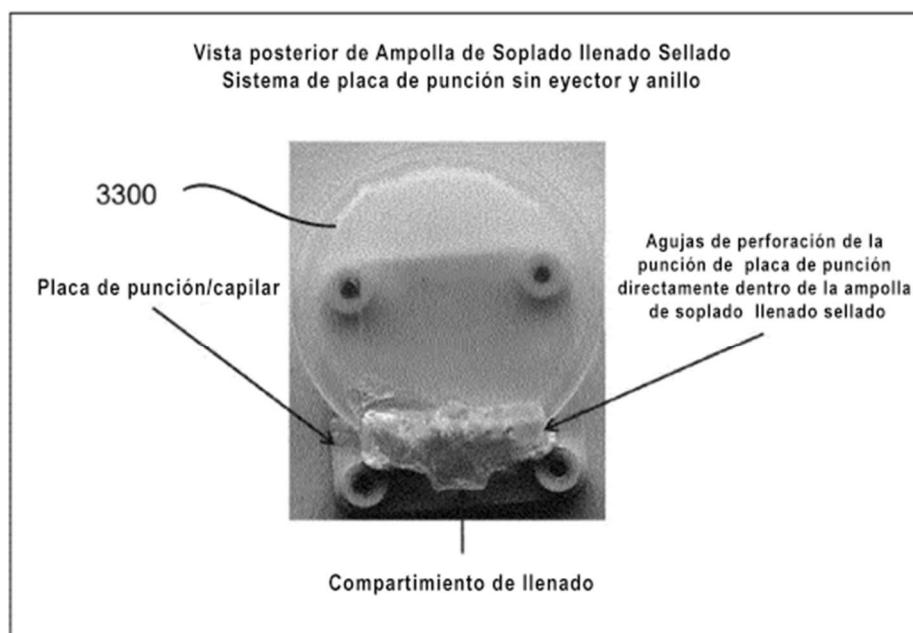


FIG. 33

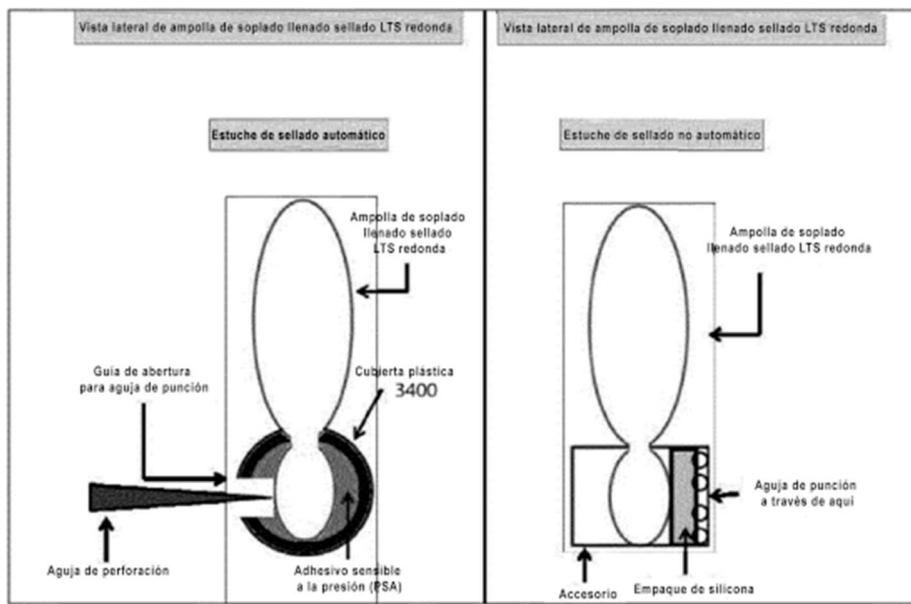


FIG. 34A

FIG. 34B

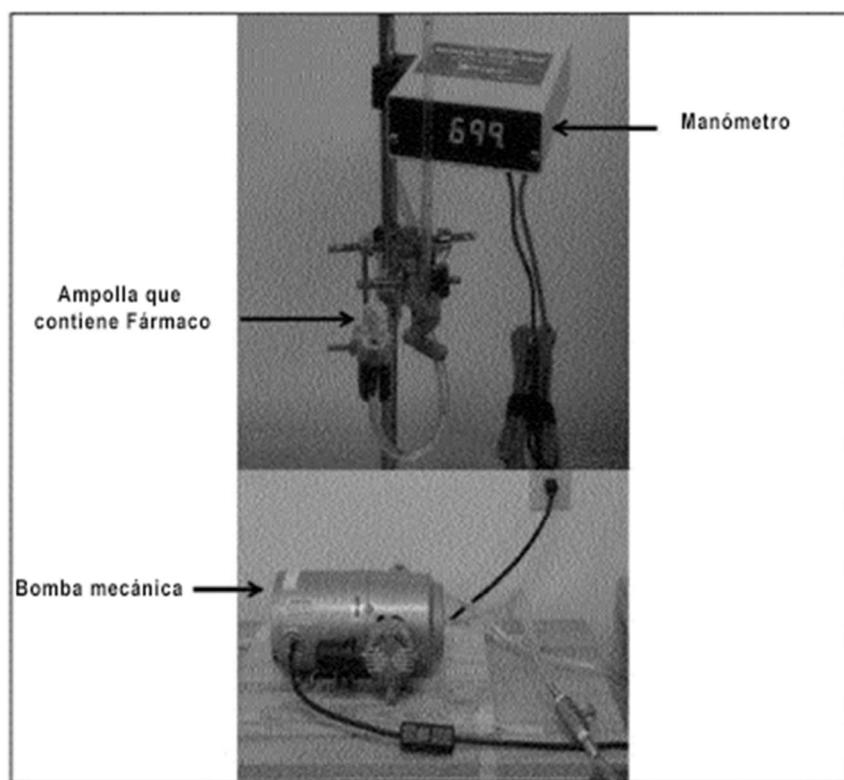
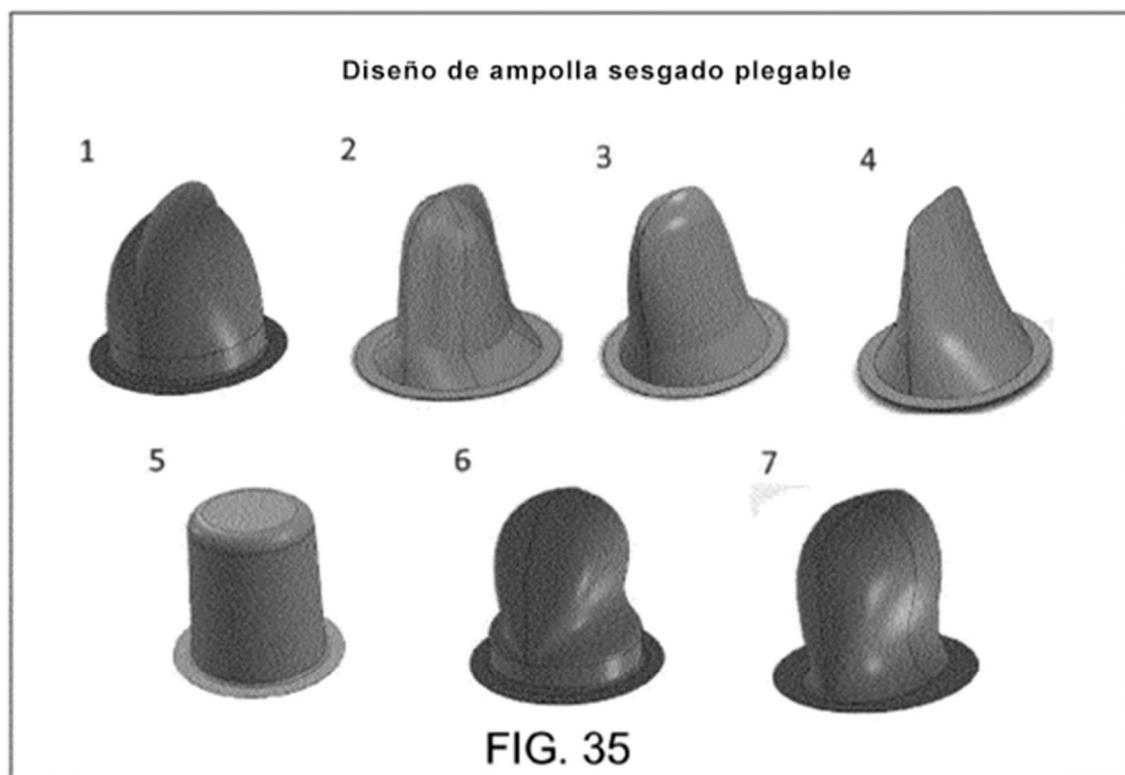


FIG. 36

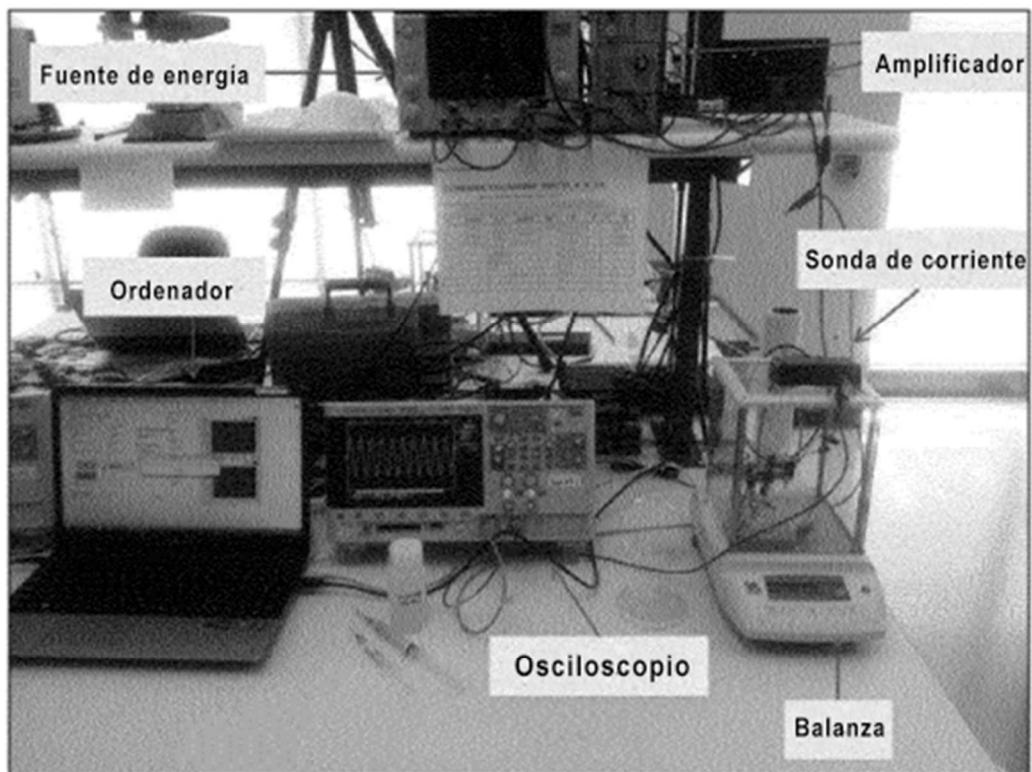


FIG. 37

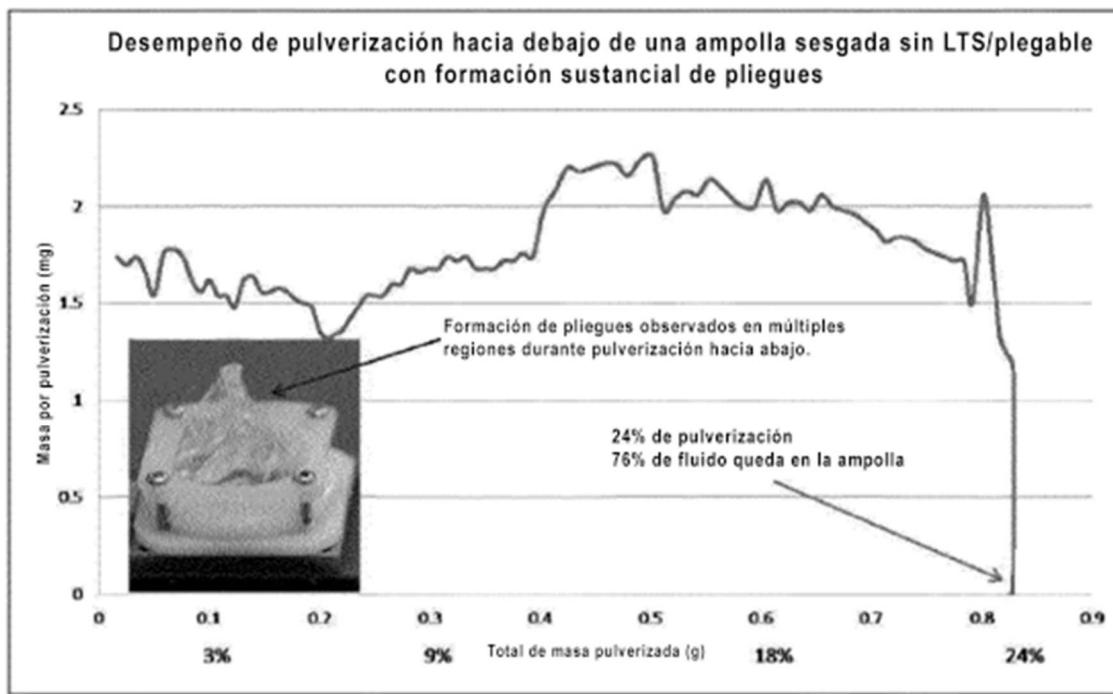


FIG. 38

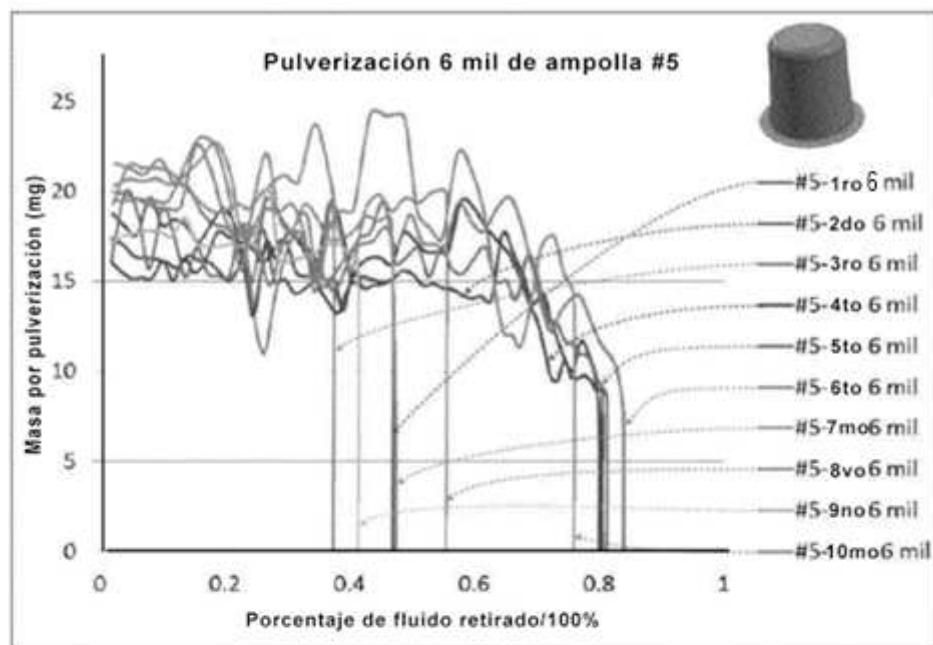


FIG. 39

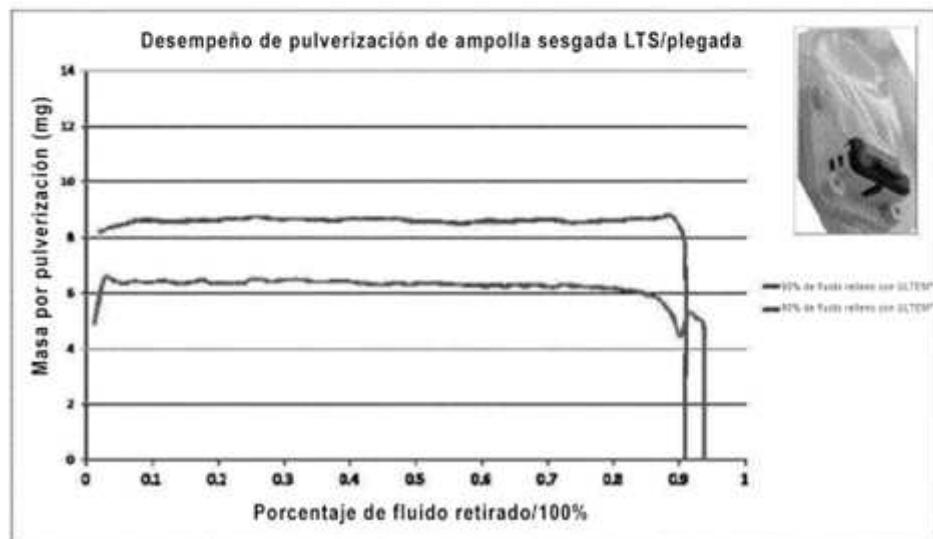


FIG. 40

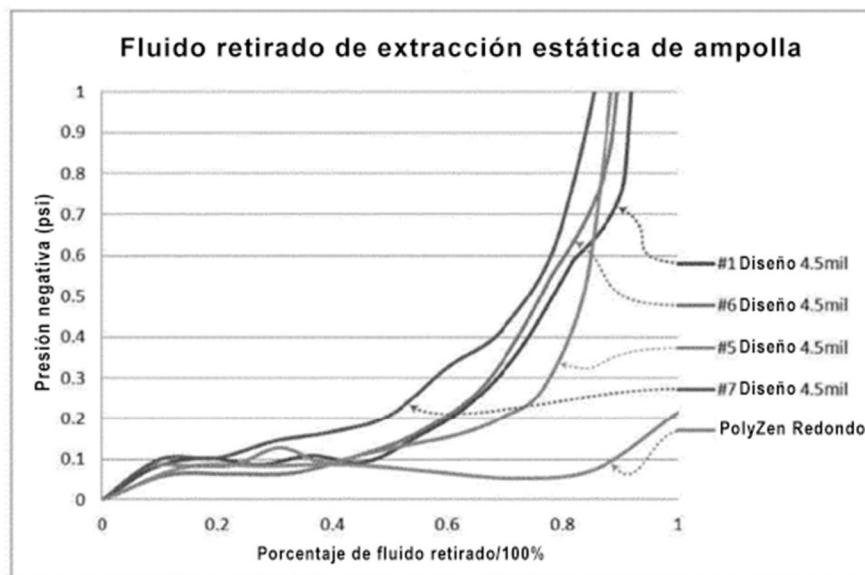


FIG. 41

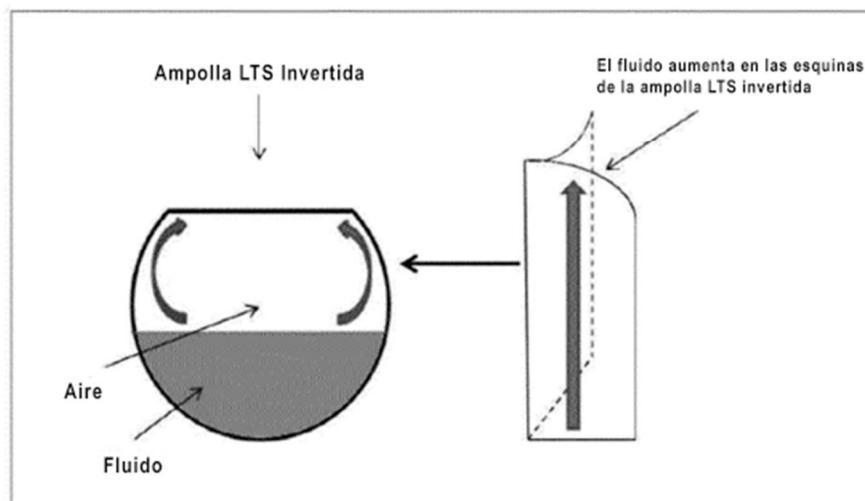


FIG. 42

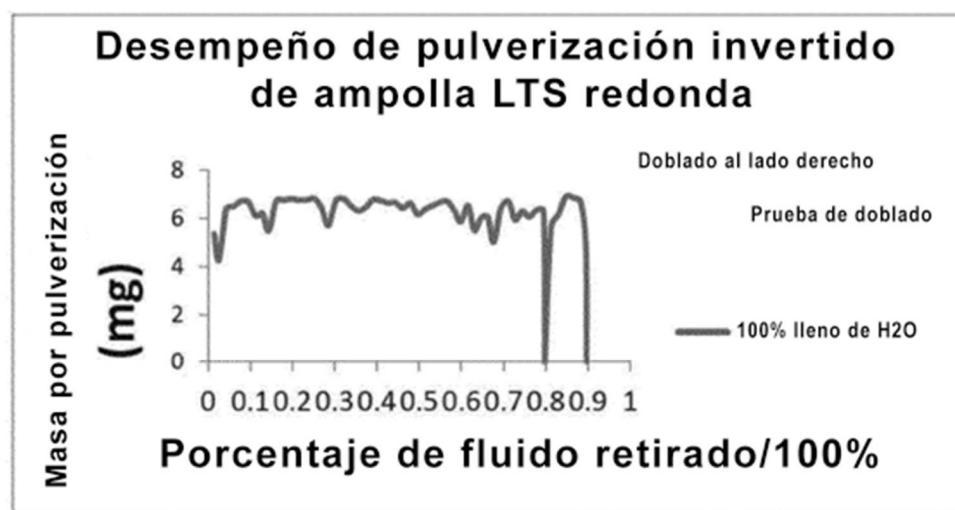


FIG. 43

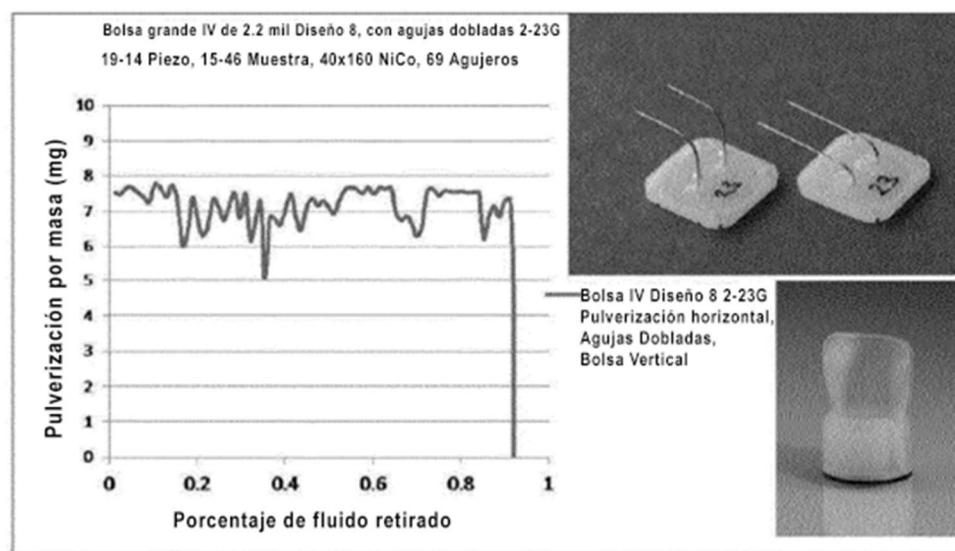


FIG. 44

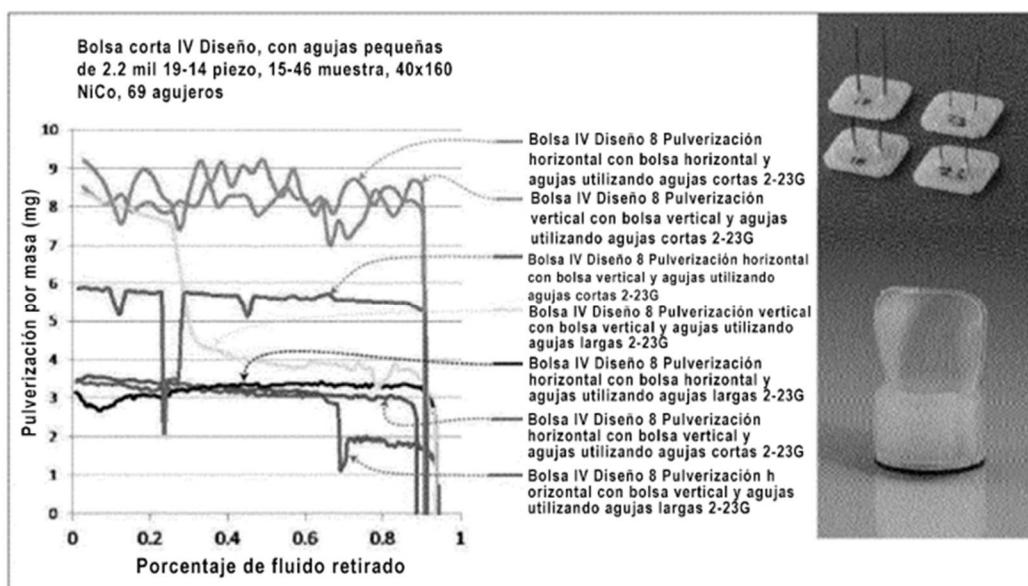


FIG. 45

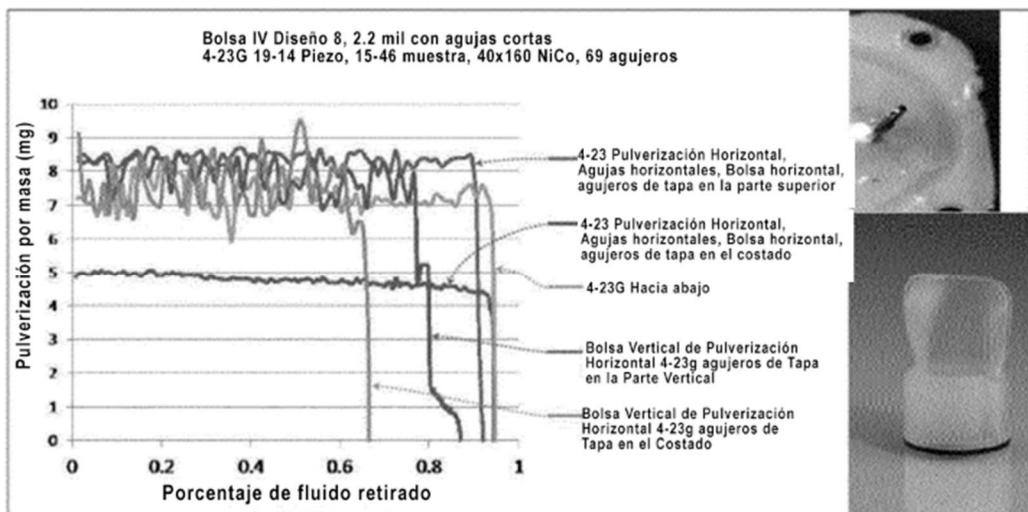


FIG. 46

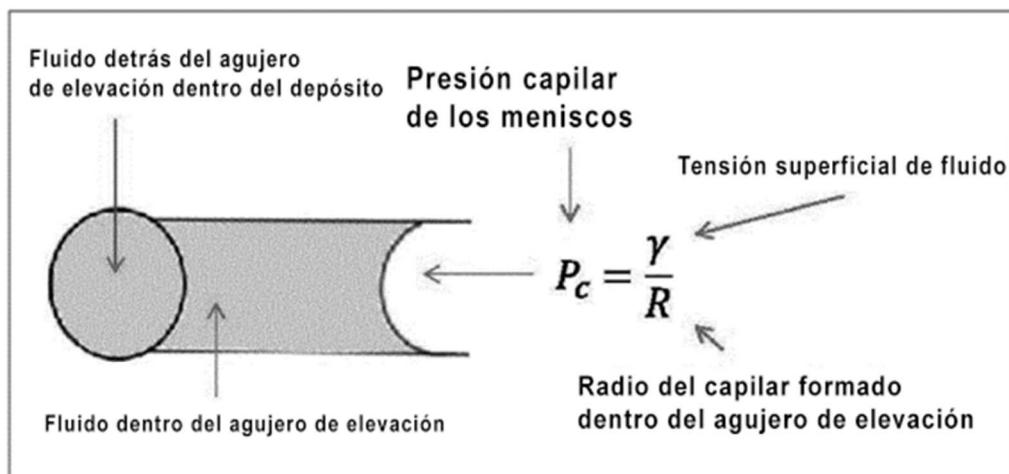


FIG. 47

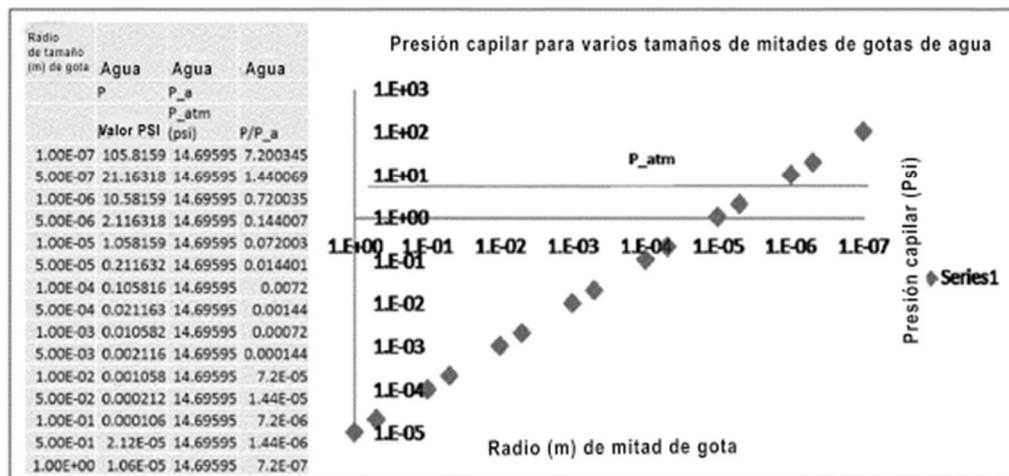


FIG. 48

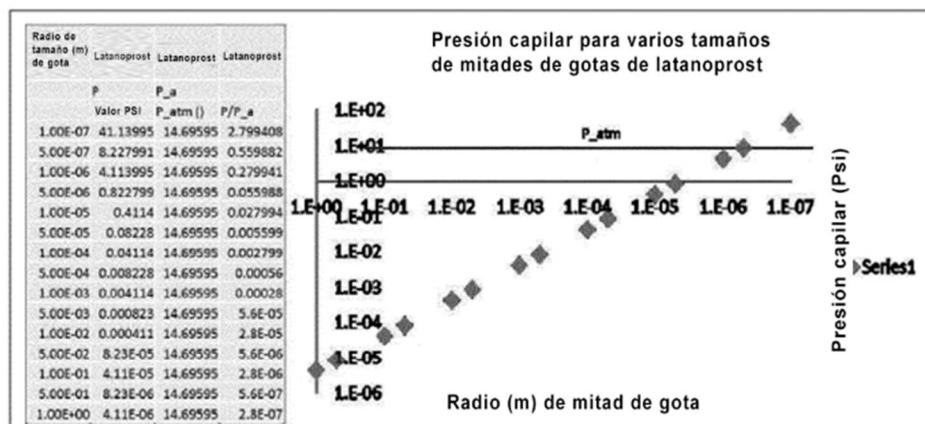


FIG. 49

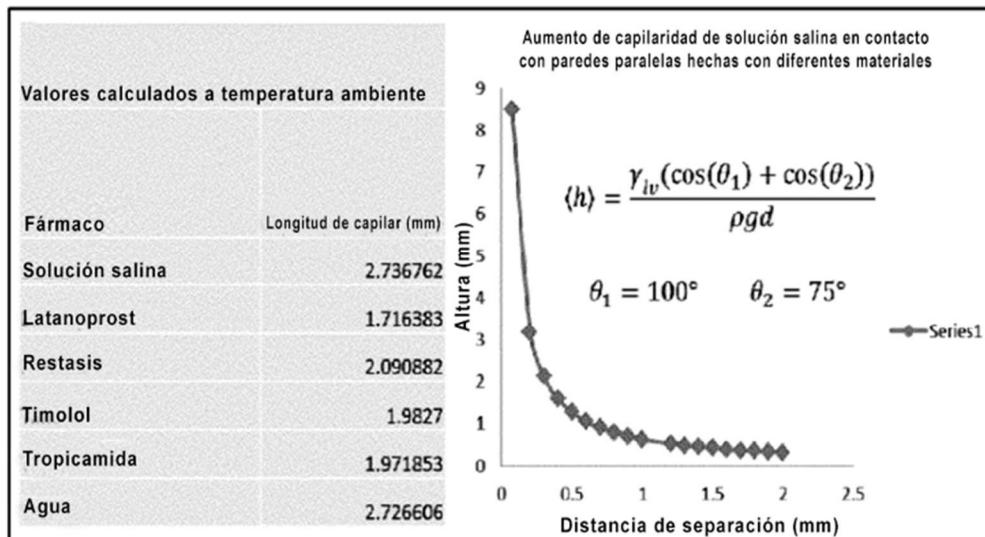


FIG. 50

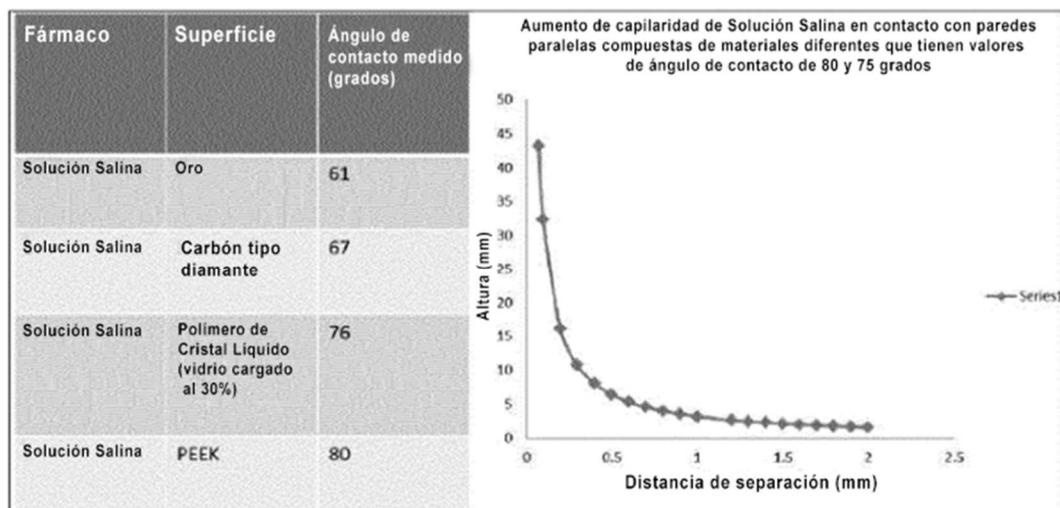


FIG. 51

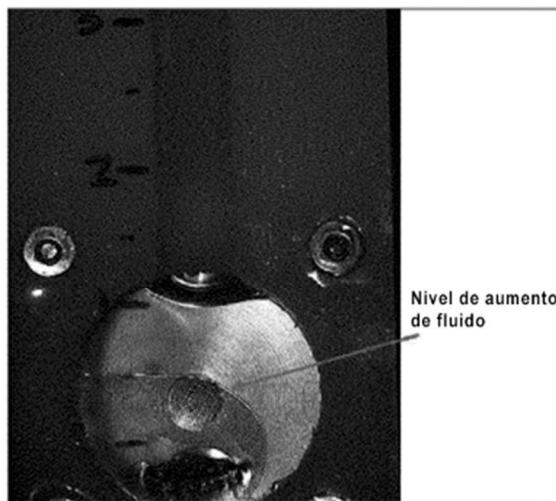


FIG. 52

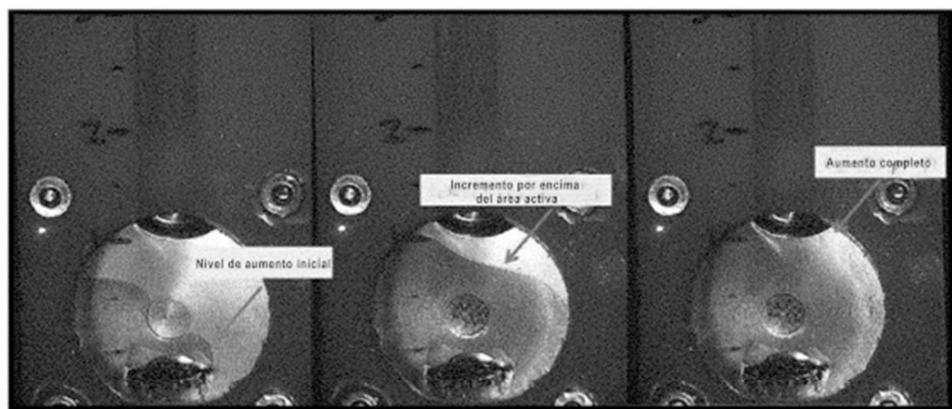


FIG. 53

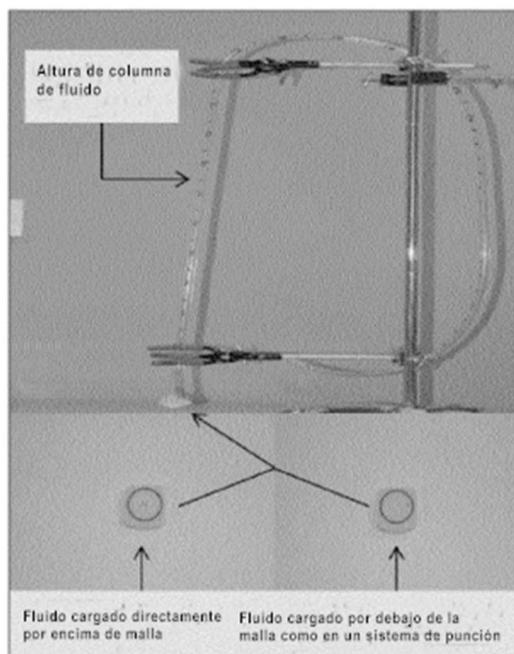


FIG. 54

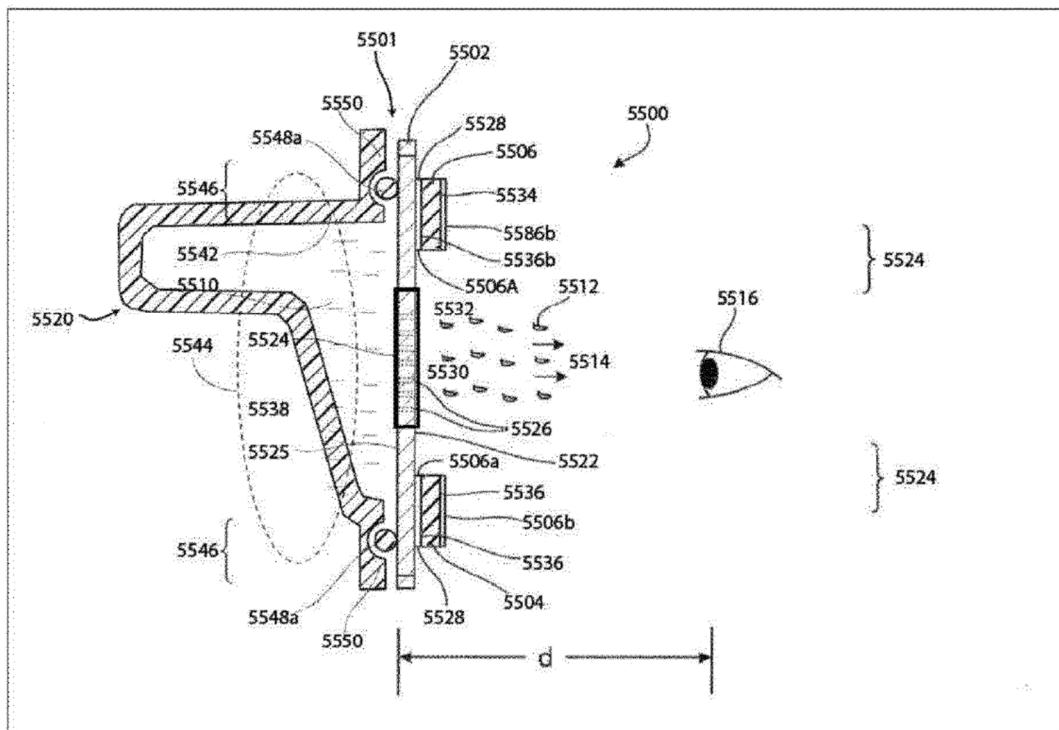


FIG. 55A

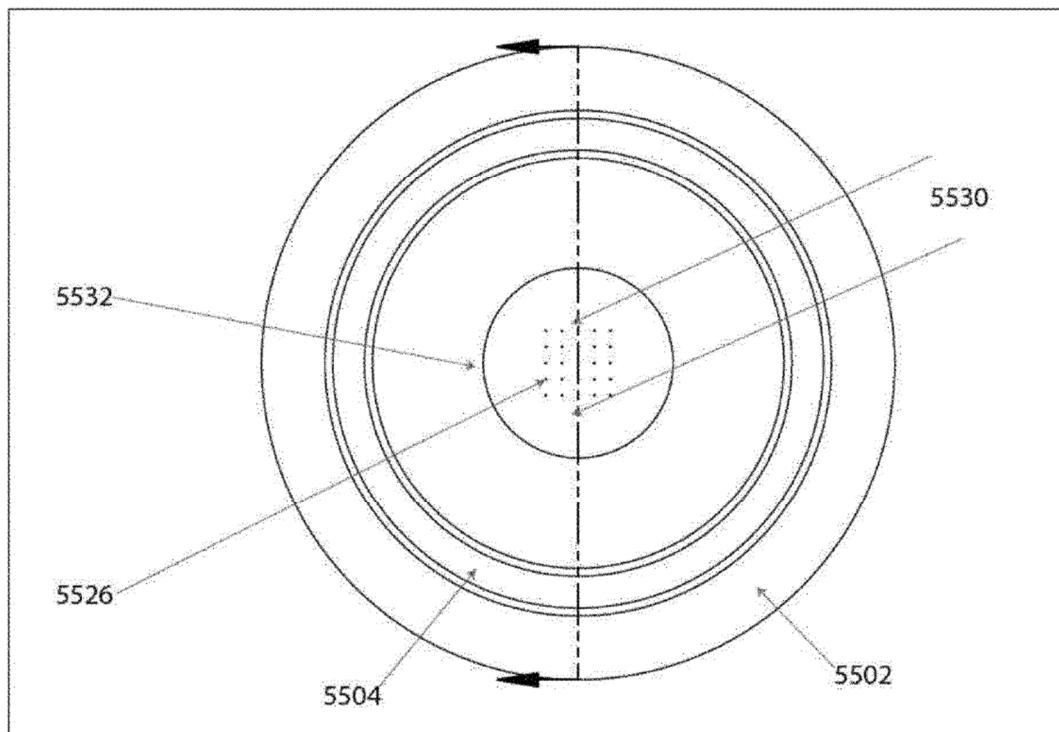


FIG. 55B

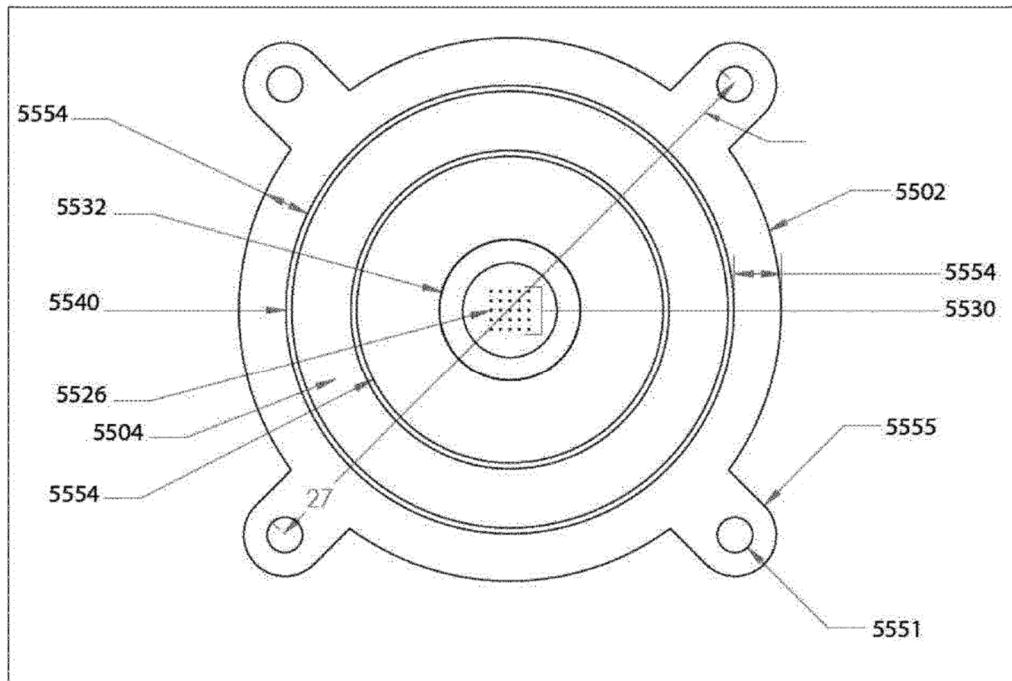


FIG. 55C

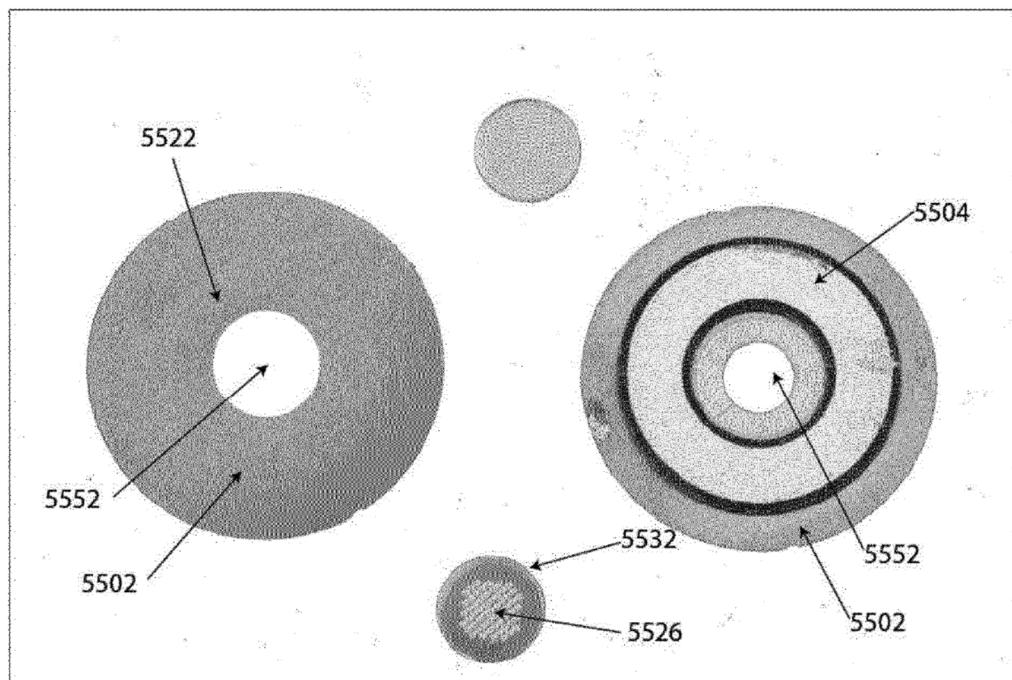


FIG. 55D

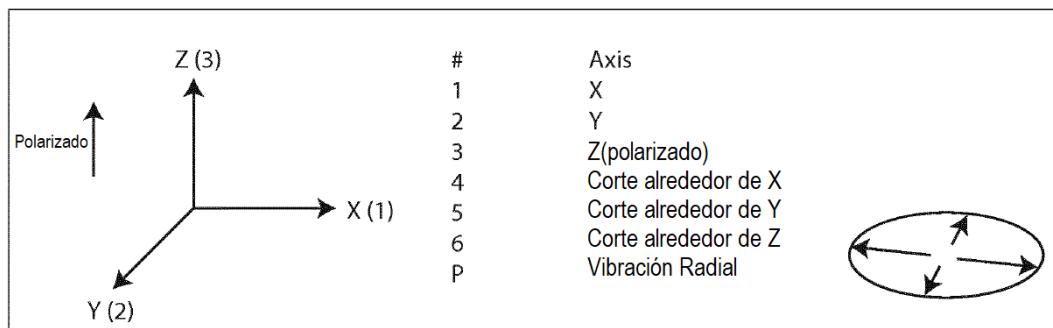


FIG. 56

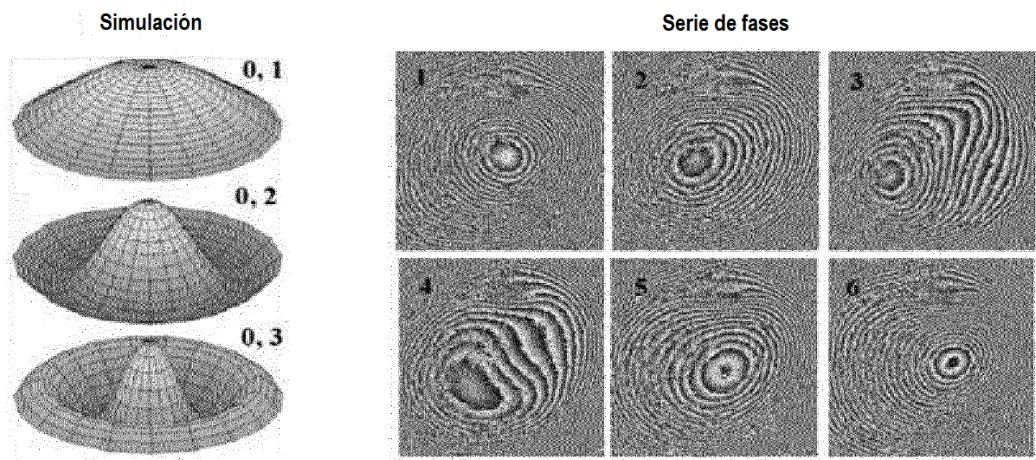


FIG. 57

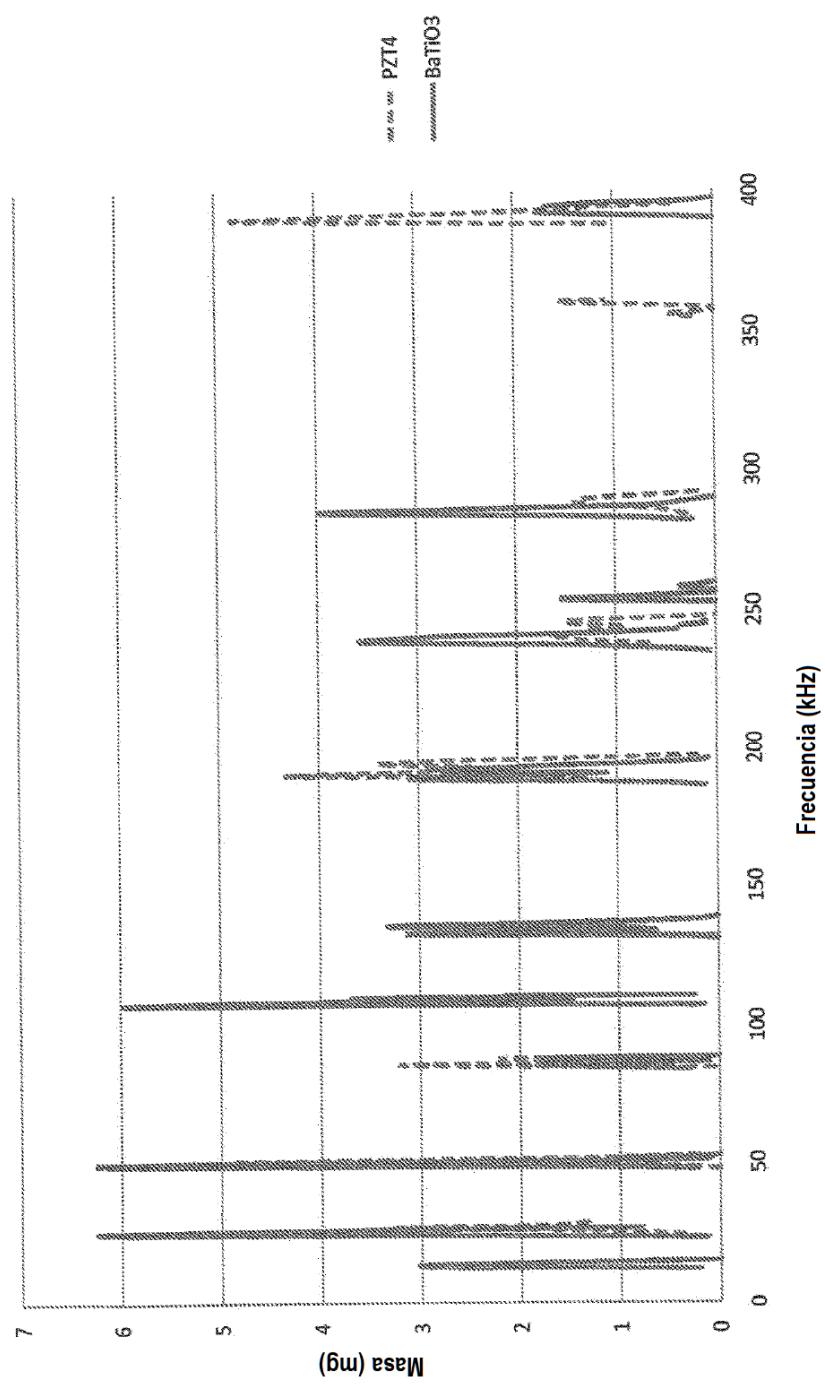
Comparación de Montaje de Borte PZT-BaTiO<sub>3</sub>

FIG. 58

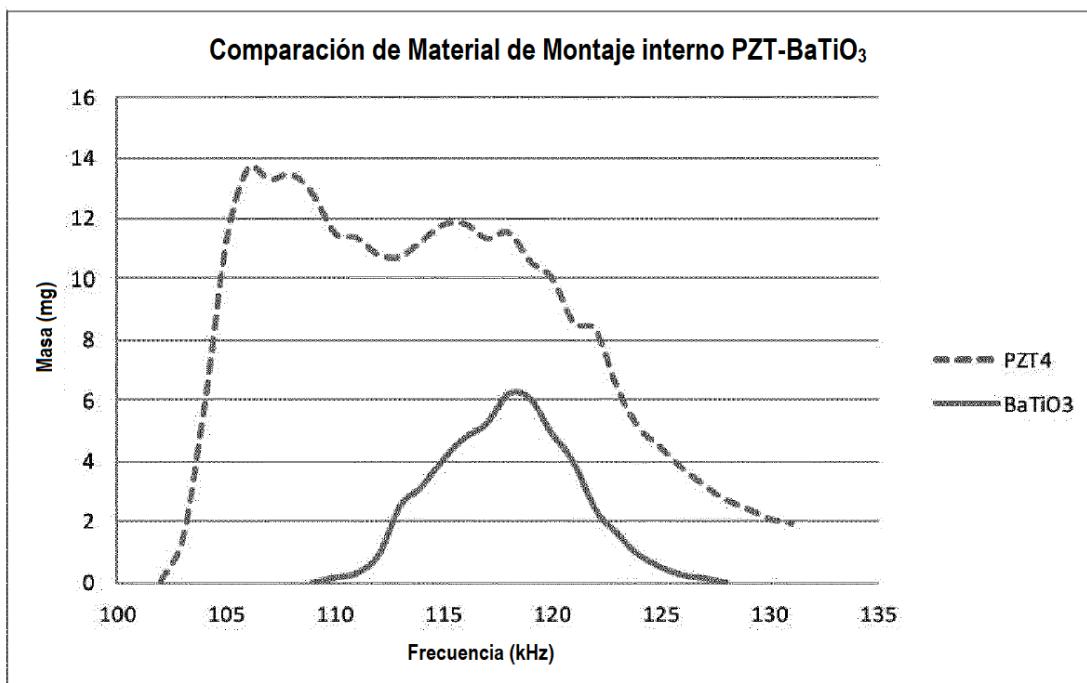


FIG. 59

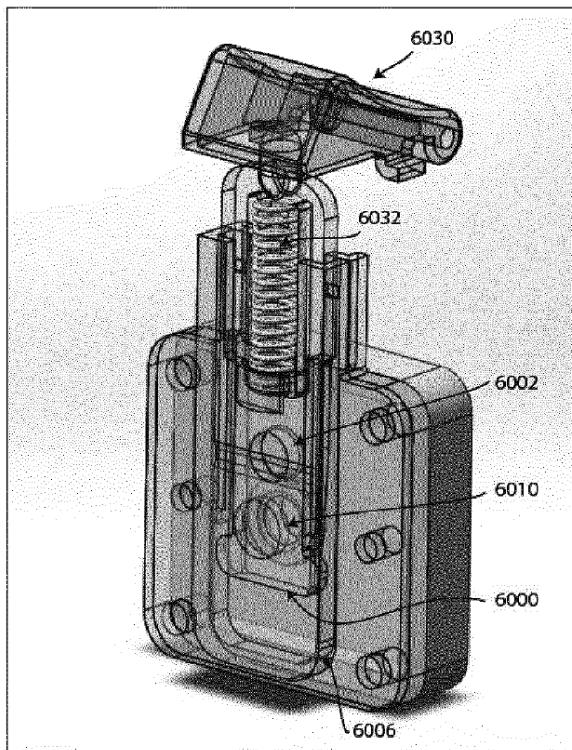


FIG. 60

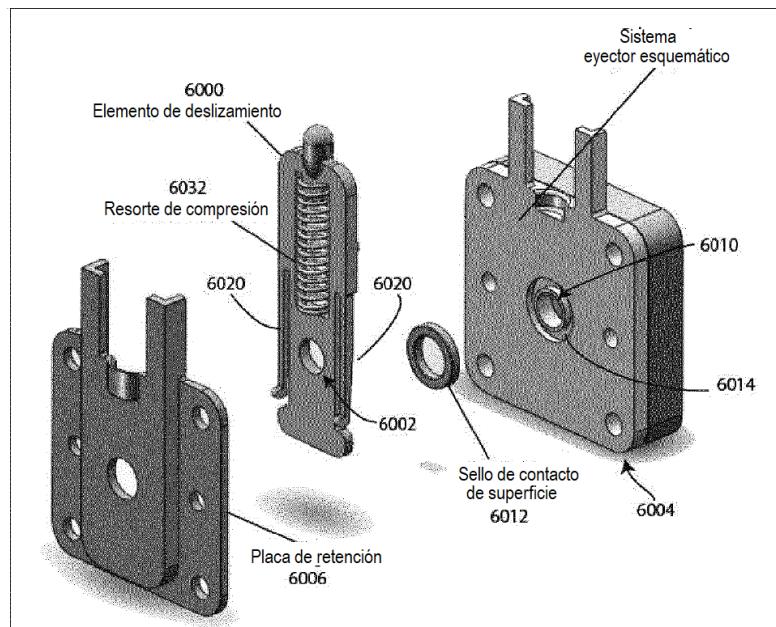


FIG. 61

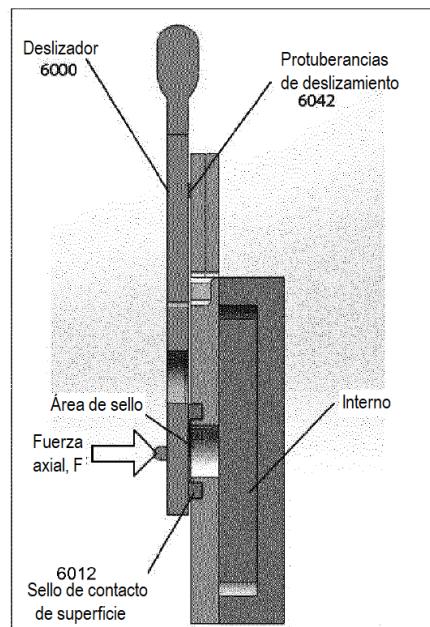


FIG. 62

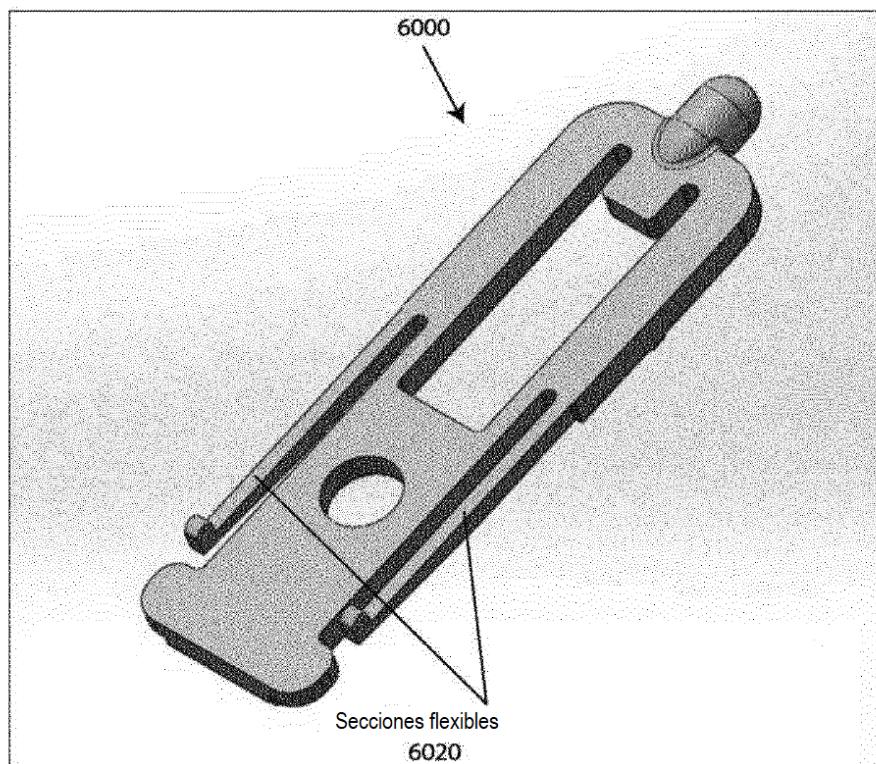


FIG. 63

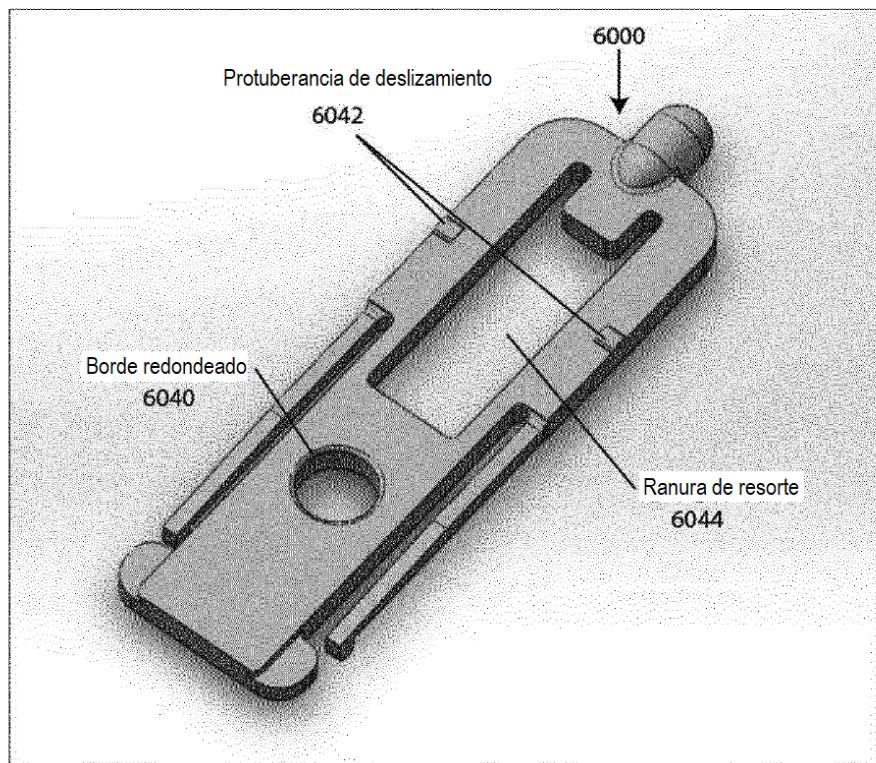


FIG. 64

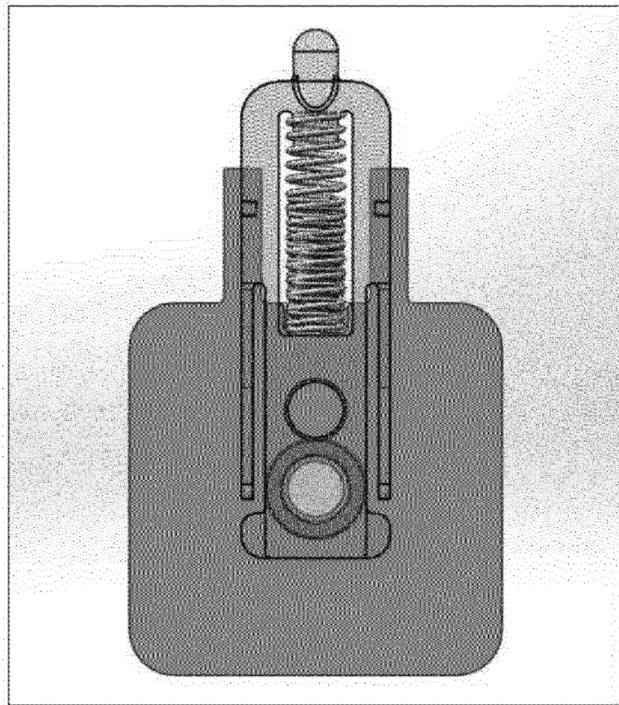


FIG. 65

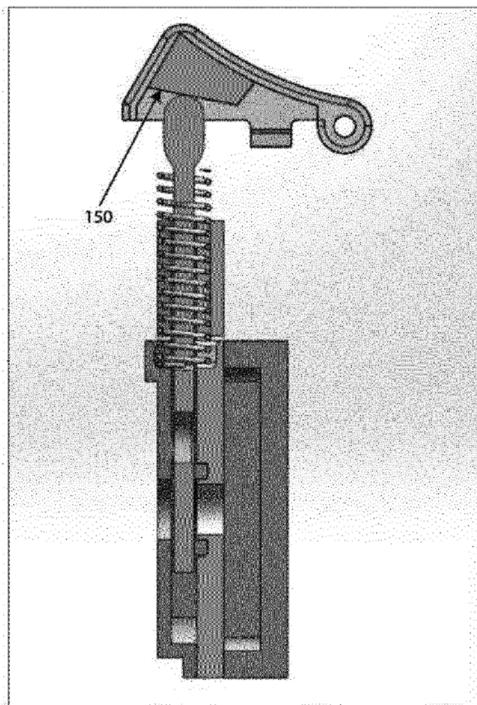


FIG. 66

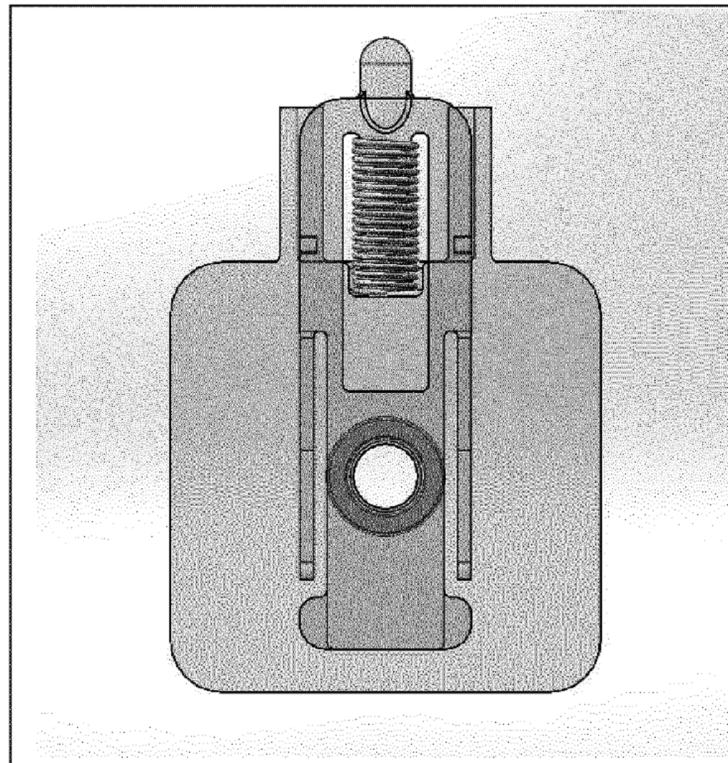


FIG. 67

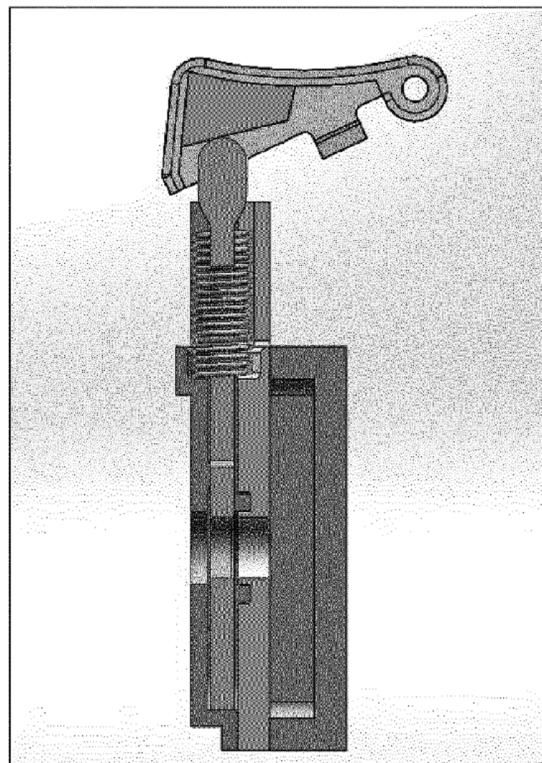


FIG. 68

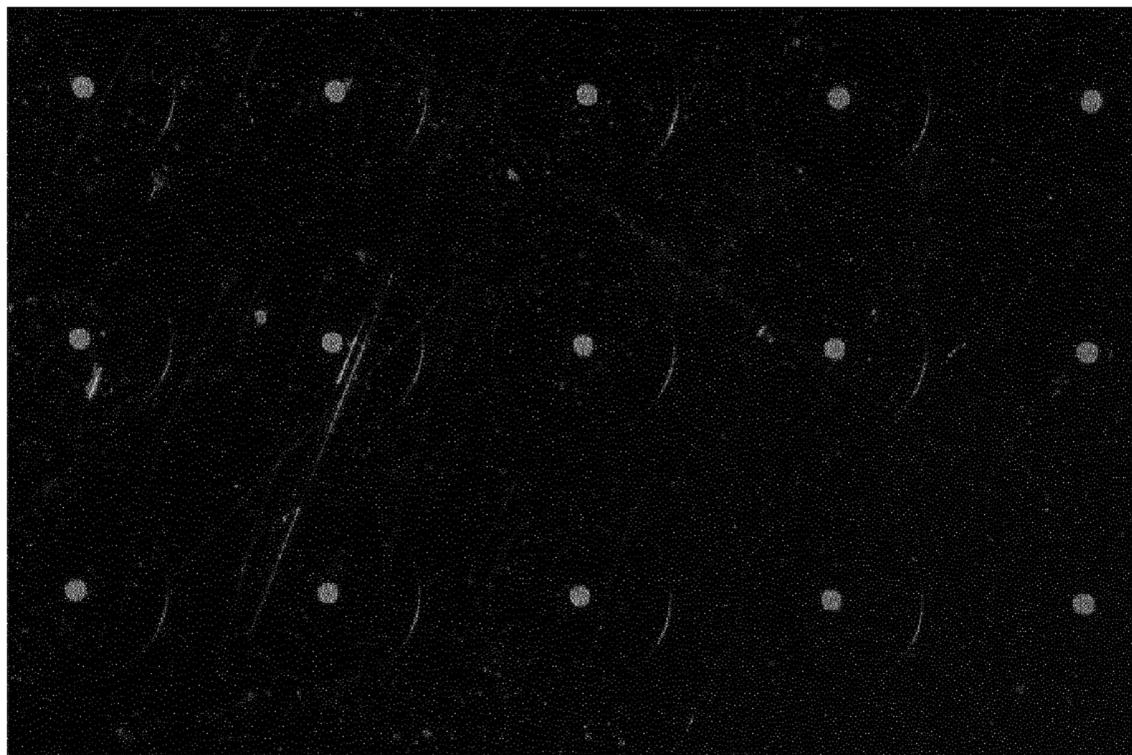


Fig.69A

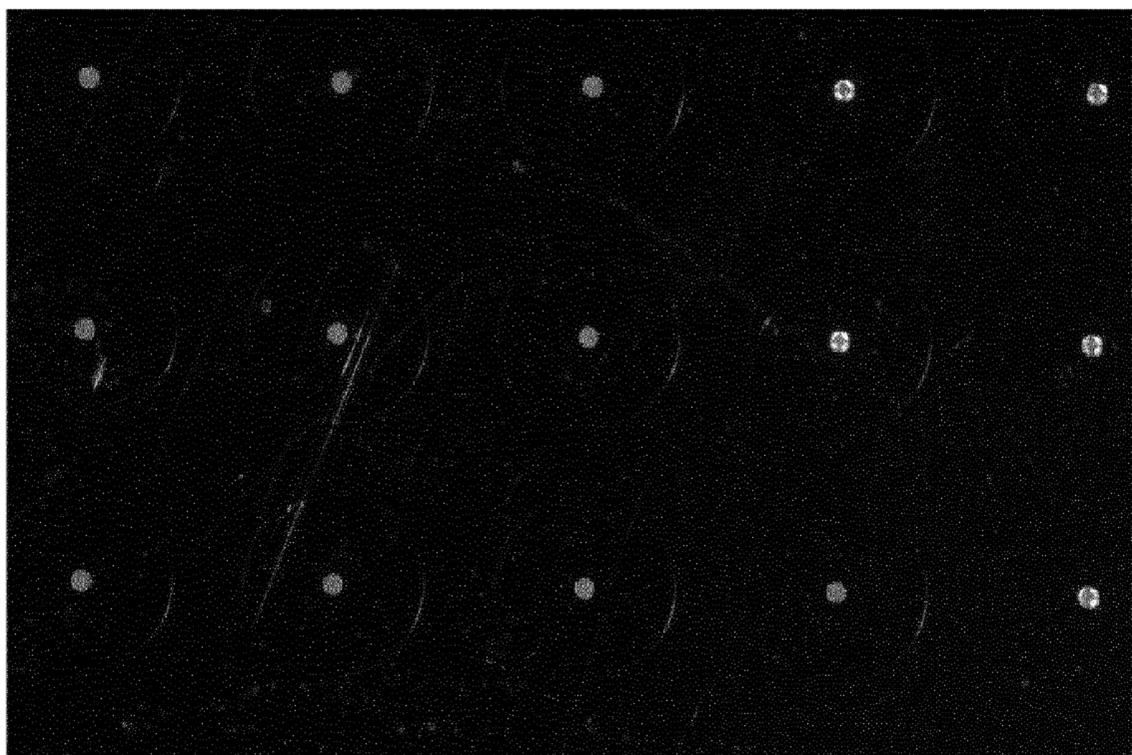


Fig.69B

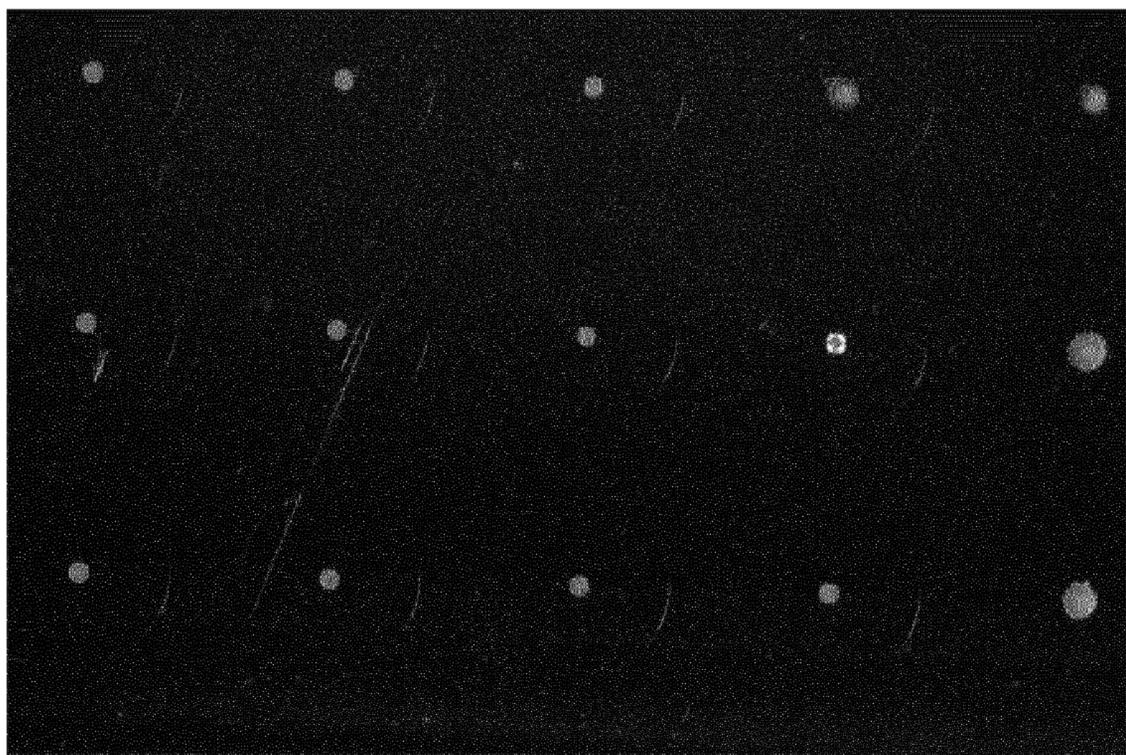


Fig.69C

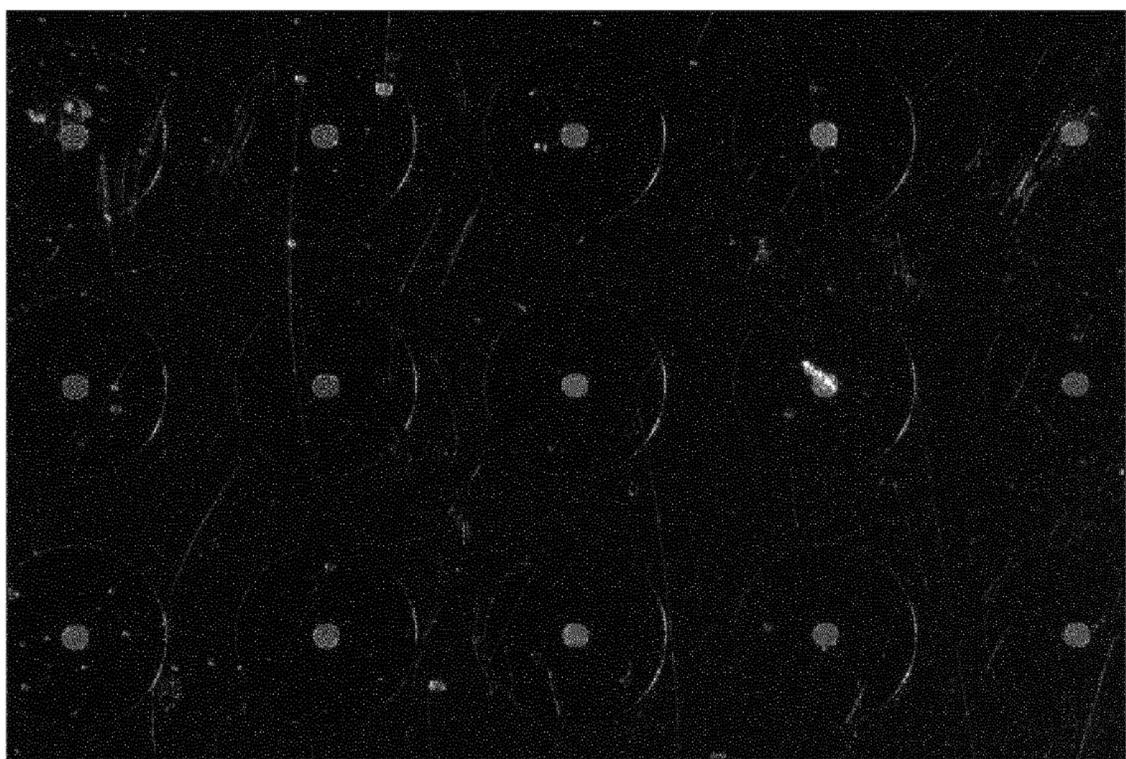


Fig.70A

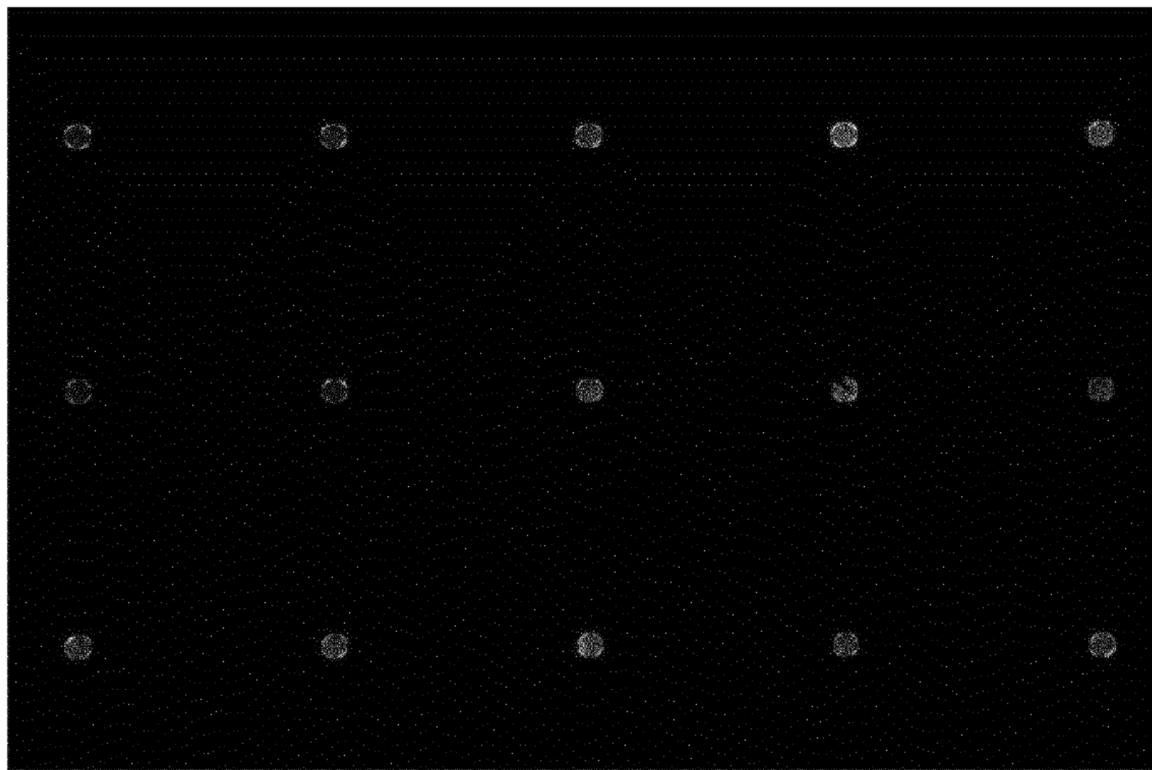


Fig.70B

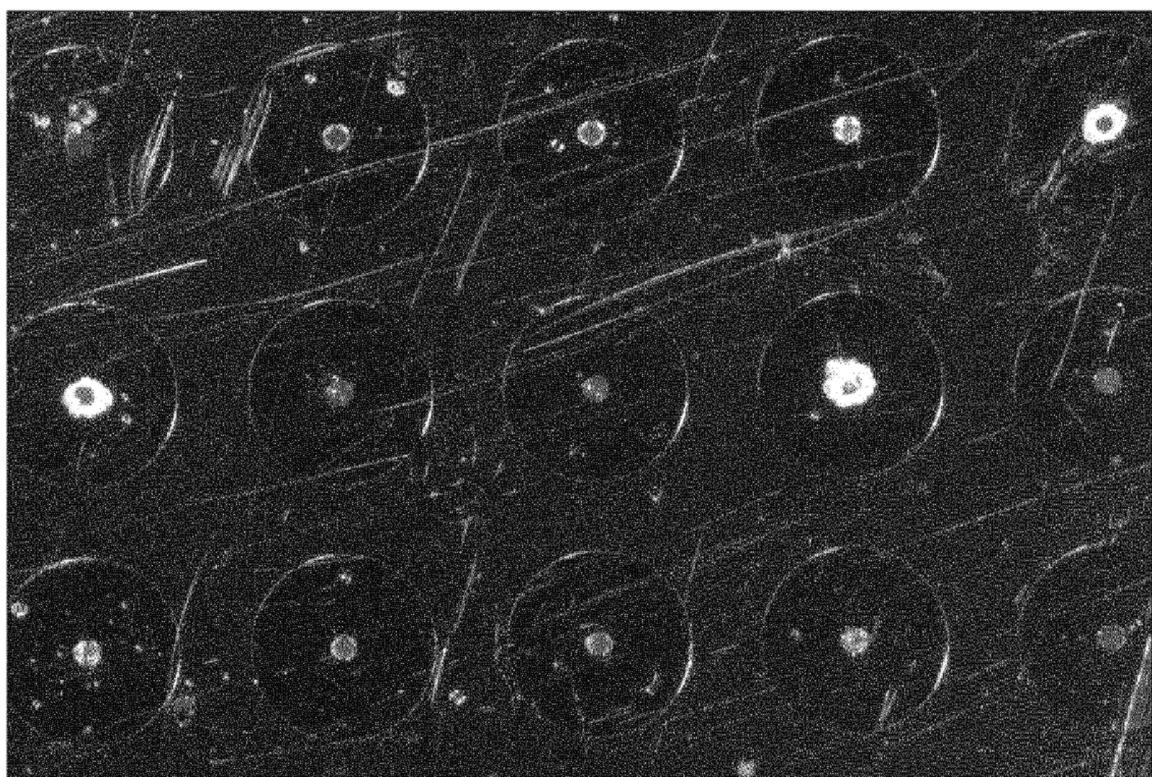


Fig.70C