

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 273**

51 Int. Cl.:

**B05B 7/00** (2006.01)

**A61K 8/04** (2006.01)

**B65D 83/60** (2006.01)

**B65D 83/66** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.02.2014 PCT/GB2014/050297**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.08.2014 WO14118573**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2014 E 14709355 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017 EP 2950935**

54 Título: **Dispensador de espuma**

30 Prioridad:

**01.02.2013 GB 201301875**

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

**20.09.2017**

73 Titular/es:

**CAMBRIDGE CONSULTANTS LIMITED (100.0%)  
Science Park, Milton Road  
Cambridge, CB4 0DW, GB**

72 Inventor/es:

**NICMANIS, MARK**

74 Agente/Representante:

**SALVA FERRER, Joan**

ES 2 633 273 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

Dispensador de espuma

5 **[0001]** La presente invención se refiere a dispensadores, en particular dispensadores de espuma capaces de producir una espuma utilizando un gas comprimido.

**[0002]** Véase como técnica anterior más cercana el documento AU2011 253 813. Los dispensadores comunes de espuma y aerosol producen una espuma o un pulverizador en aerosol usando VOC, donde los VOC se proporcionan como un gas licuado que actúa como un propulsor. Por ejemplo, muchos dispensadores en aerosol utilizan gas licuado de petróleo (GLP) o similares. Sin embargo, las agencias ambientales de muchos países están intentando eliminar el uso de VOC en estos dispensadores debido a los riesgos para la salud asociados con ellos, tales como irritación sensorial y problemas respiratorios. Los VOC son también inflamables y más caros que los propulsores de gas comprimido.

15 **[0003]** Algunos dispensadores de espuma existentes producen espuma al pasar líquido y gas a través de pequeños orificios, lo que da lugar a la formación de burbujas a través de inestabilidades de Rayleigh-Taylor en un orificio discreto. Debido a este mecanismo, el tamaño más pequeño de burbuja que puede producirse por estos dispositivos de formación de espuma de orificio pequeño es aproximadamente igual al diámetro del orificio. Por lo tanto, para producir pequeñas burbujas, por ejemplo de aproximadamente 60 micrómetros de diámetro, sería necesario que tales dispositivos de formación de espuma de orificio pequeño incluyan orificios que tengan diámetros de aproximadamente 60 micrómetros.

25 **[0004]** Sin embargo, tales orificios pequeños pueden ser tanto difíciles como costosos de fabricar. En particular, para producir orificios que tengan un diámetro inferior a un milímetro en un material, es típicamente necesario utilizar técnicas especializadas tales como la perforación por láser, que es costosa y no se adapta bien a una fabricación de alto volumen/bajo coste. Además, la perforación con láser tiene límites inherentes sobre las relaciones de aspecto de los orificios que se pueden fabricar, donde las relaciones de longitud con respecto a la anchura de los orificios están típicamente limitadas a 10 con respecto a 1. Por lo tanto, para producir un orificio muy pequeño por perforación láser (por ejemplo, de aproximadamente 60 micrómetros de diámetro), entonces tales orificios necesitarían perforarse en un material fino (de aproximadamente 0,6 mm de espesor para un diámetro de orificio de 60 micrómetros). Esto a su vez impone limitaciones en los materiales que se pueden utilizar.

35 **[0005]** Estos dispositivos de formación de espuma de orificio pequeño incluyen típicamente una multitud de orificios pequeños, ya que el uso de un único orificio pequeño limita la velocidad a la que se puede incorporar gas en la espuma. En los dispositivos de formación de espuma que utilizan múltiples orificios pequeños, es necesario situar estos orificios a distancias de separación equivalentes a varios diámetros de orificio para evitar que las burbujas que salen de los orificios se vuelvan a aglomerar en burbujas más grandes. Este requisito significa que los orificios pequeños no pueden proporcionarse utilizando materiales de bajo coste tales como mallas finas, materiales sinterizados o materiales porosos debido a que los orificios en estos materiales no están suficientemente separados. Por lo tanto, los fabricantes deben confiar en técnicas tales como perforación láser como se ha explicado anteriormente.

45 **[0006]** Además, la extracción de burbujas de gas a través de un pequeño orificio a una velocidad significativa requiere una caída de presión significativa a través del orificio. Esto puede crearse pasando un líquido por el orificio, pero en el caso de orificios pequeños se requiere un alto caudal para crear una suficiente caída de presión a través del orificio. A su vez, se requiere una presión significativa para conducir el líquido a un caudal suficientemente alto. Además, la velocidad de arrastre de gas en el flujo de líquido depende en gran medida del caudal de líquido y de la presión en cada lado del orificio, lo que puede dar lugar a grandes variaciones en los tamaños de burbuja y los volúmenes de fase gaseosa. Por ejemplo, cuando se utilizan orificios pequeños en sistemas de tipo aerosol que emplean un propulsor de gas comprimido, la presión del espacio superior puede variar entre 0,5 bares y 8 bares, dando como resultado grandes variaciones en los tamaños de burbuja y los volúmenes de fase gaseosa.

50 **[0007]** Finalmente, los orificios pequeños son muy propensos a bloqueos. Por ejemplo, los orificios que tienen diámetros de 60 micrómetros pueden quedar fácilmente bloqueados por polvo, recortes de materiales de fabricación, o componentes de una formulación líquida que pueden secarse y ajustarse en el orificio.

**[0008]** Hasta la fecha, no ha sido posible producir espumas satisfactoriamente de alta calidad sin el uso de VOC, al tiempo que se asegura que los dispositivos de dispensación son convenientemente rentables de fabricar.

- [0009]** La presente invención tiene el objetivo abordar estas cuestiones, proporcionando un dispositivo que permita la generación de espumas de calidad suficientemente alta (por ejemplo, que tengan un volumen relativamente alto de fase gaseosa y un tamaño de burbuja relativamente pequeño y uniforme) preferiblemente sin requerir el uso de VOC.
- [0010]** Según un primer aspecto, la presente invención proporciona un dispensador para producir una microespuma sin requerir el uso de gas licuado, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador: un receptáculo para contener una solución de tensioactivo; medios para suministrar un gas; medios para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de una trayectoria de flujo hacia dicha salida; en el que dichos medios de transporte comprenden un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir dicha solución de tensioactivo y dicho gas; en el que dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas que comprenden un área de superficie mojada interna "A<sub>ws</sub>", una longitud de flujo de dos fases L<sub>TP</sub>, un volumen total V y una porosidad "P"; y en el que dichas dimensiones internas están caracterizadas por una relación entre un parámetro Y igual al área de superficie mojada "A<sub>ws</sub>" multiplicado por la longitud de flujo de dos fases L<sub>TP</sub> y dividido por el volumen V, la porosidad "P", y las constantes K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub>, en el que Y es positivo y no menor que K<sub>1</sub> multiplicado por P y menos K<sub>2</sub> y las constantes K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub> tienen valores de 1994 y 821 respectivamente dentro de una tolerancia del 10 %.
- [0011]** El gas puede mantenerse a una presión de entre 0,1 bar y 25 bar. El gas puede mantenerse a una presión de entre 0,3 bar y 8 bar.
- [0012]** La presente invención proporciona un dispensador para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador: un receptáculo para contener una solución de tensioactivo; medios para suministrar un gas; medios para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de una trayectoria de flujo hacia dicha salida; en el que dichos medios de transporte comprenden un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; y en el que dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas adaptadas para proporcionar una espuma que tiene una calidad caracterizada por límites predefinidos.
- [0013]** La sección de formación de espuma puede comprender al menos un elemento de mejora de espuma dispuesto en dicha trayectoria de flujo y las dimensiones internas de la sección de formación de espuma pueden proporcionarse, al menos en parte, por al menos un elemento de mejora de espuma.
- [0014]** El al menos un elemento de mejora de espuma puede comprender al menos uno de: un elemento generalmente esférico; un elemento generalmente cuboide; un elemento generalmente cilíndrico; un elemento generalmente cónico; un elemento poroso; y un elemento que se extiende desde una superficie interna de la sección de formación de espuma en dicha trayectoria de flujo.
- [0015]** La sección de formación de espuma puede comprender además al menos un elemento de retención para retener el al menos un elemento de mejora de espuma dentro de la sección de formación de espuma.
- [0016]** Los límites predefinidos pueden comprender un diámetro de burbuja medio de menos de 70 micrómetros.
- [0017]** Los límites predefinidos pueden comprender un diámetro de burbuja medio de menos de 60 micrómetros.
- [0018]** Los límites predefinidos pueden comprender un diámetro de burbuja medio de entre 30 y 70 micrómetros.
- [0019]** Los límites predefinidos pueden comprender una uniformidad caracterizada por una desviación estándar de menos de 35 micrómetros.
- [0020]** Los límites predefinidos pueden comprender una uniformidad caracterizada por una desviación estándar de menos de 25 micrómetros.
- [0021]** Los límites predefinidos pueden comprender una uniformidad caracterizada por una desviación

estándar de entre 10 y 35 micrómetros.

- 5 **[0022]** Las dimensiones internas pueden comprender un área de superficie mojada de más de 1800 milímetros cuadrados.
- [0023]** Las dimensiones internas pueden comprender un área de superficie mojada de más de 3000 milímetros cuadrados.
- 10 **[0024]** Las dimensiones internas pueden comprender un área de superficie mojada de entre 4500 y 6000 milímetros cuadrados.
- [0025]** Las dimensiones internas pueden comprender una relación de área de superficie mojada con respecto a un volumen de espacio vacío de más de 4 milímetros cuadrados por milímetro cúbico.
- 15 **[0026]** Las dimensiones internas pueden comprender una relación de área de superficie mojada con respecto a un volumen de espacio vacío de más de 16 milímetros cuadrados por milímetro cúbico.
- [0027]** Las dimensiones internas pueden comprender una relación de área de superficie mojada con respecto a un volumen de espacio vacío de entre 20 y 25 milímetros cuadrados por milímetro cúbico.
- 20 **[0028]** Las dimensiones internas pueden comprender una relación de área de superficie mojada con respecto a una longitud de flujo de dos fases de más de 3 milímetros cuadrados por milímetro.
- [0029]** Las dimensiones internas pueden comprender una relación de área de superficie mojada con respecto a una longitud de flujo de dos fases de más de  $\pi$  milímetros cuadrados por milímetro.
- 25 **[0030]** Las dimensiones internas pueden comprender una relación de área de superficie mojada con respecto a una longitud de flujo de dos fases de más de 8 milímetros cuadrados por milímetro.
- 30 **[0031]** Las dimensiones internas pueden comprender una longitud de flujo de dos fases de más de 40 milímetros.
- [0032]** Las dimensiones internas pueden comprender una longitud de flujo de dos fases de más de 60 milímetros.
- 35 **[0033]** Las dimensiones internas pueden comprender una longitud de flujo de dos fases de más de 1200 milímetros.
- [0034]** Las dimensiones internas pueden comprender un diámetro de sección de formación de espuma de menos de 10 milímetros.
- 40 **[0035]** Las dimensiones internas pueden comprender un diámetro de sección de formación de espuma de menos de 4 milímetros.
- 45 **[0036]** Las dimensiones internas pueden comprender un diámetro de sección de formación de espuma de entre 0,1 y 10 milímetros.
- [0037]** Los límites predefinidos pueden comprender una uniformidad caracterizada por una desviación estándar de menos del 60 % del diámetro de burbuja medio.
- 50 **[0038]** Los límites predefinidos pueden comprender una uniformidad caracterizada por una desviación estándar de menos del 50 % del diámetro de burbuja medio.
- [0039]** El receptáculo puede contener una solución de tensioactivo que tiene una tensión superficial inferior a 50 dinas/cm. El receptáculo puede contener una solución de tensioactivo que tiene una viscosidad por debajo de 200 c.P. El receptáculo puede contener una solución de tensioactivo que tiene una viscosidad por debajo de 50 c.P.
- [0040]** El dispensador puede comprender además medios para aplicar presión a la solución de tensioactivo en dicho receptáculo para accionar dicha solución de tensioactivo a lo largo de dicho conducto y hacia dicha sección

de formación de espuma y para conducir la espuma generada por dicha sección de formación de espuma hasta dicha salida.

- 5 **[0041]** Los medios de aplicación de presión pueden proporcionarse por dicho gas que se mantiene bajo presión dentro de dicho receptáculo.
- [0042]** El gas puede mantenerse a una presión de entre 2 bar y 25 bar.
- [0043]** El gas puede mantenerse a una presión de entre 2 bar y 8 bar.
- 10 **[0044]** La concentración de dicho gas en dicha solución de tensioactivo puede ser inferior a 350 miligramos por kilogramo de dicha solución de tensioactivo.
- [0045]** El gas puede comprender un gas no licuado. El gas no licuado puede comprender al menos uno de: 15 aire, nitrógeno, dióxido de carbono, uno o más gases nobles, óxido nitroso, oxígeno.
- [0046]** Los medios de transporte pueden comprender un tubo bifurcado que tiene una entrada de gas y una entrada de solución de tensioactivo que se encuentran en un punto de bifurcación en el que dicho gas y dicha solución de tensioactivo se mezclan, en operación, antes de entrar en la sección de formación de espuma.
- 20 **[0047]** La entrada de gas y dicha entrada de solución de tensioactivo pueden estar separadas verticalmente entre sí.
- [0048]** El punto de bifurcación puede estar configurado para permanecer generalmente por debajo del nivel de líquido de la solución de tensioactivo.
- 25 **[0049]** El dispensador puede estar configurado para producir una espuma sin usar compuestos orgánicos volátiles, VOC.
- 30 **[0050]** Los medios de suministro de gas y los medios de transporte son operables para proporcionar dicho gas y dicha solución de tensioactivo a la sección de formación de espuma con características de fluido que comprenden una velocidad superficial de gas " $V_G$ " y una velocidad superficial de líquido " $V_L$ "; en los que dichas características de fluido están caracterizadas por una relación entre la velocidad superficial de gas " $V_G$ ", la velocidad superficial de líquido " $V_L$ ", y las constantes  $C_1$  y  $C_2$ , en las que " $V_G$ " no es mayor de  $C_1$  multiplicado por " $V_L$ " y 35 añadido a  $C_2$ , y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  tienen valores de 18,4 y 507,4 respectivamente dentro de una tolerancia del 10 %.
- [0051]** Según un ejemplo, se proporciona un dispensador para producir una microespuma sin requerir el uso de gas licuado, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador: un receptáculo para contener una solución de 40 tensioactivo; medios para suministrar un gas; medios para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de una trayectoria de flujo hacia dicha salida; en el que dichos medios de transporte comprenden un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; en el que dichos medios de suministro de gas y dichos medios de transporte son operables para proporcionar dicho gas y dicha solución de tensioactivo a la sección de formación 45 de espuma con características de flujo de fluido que comprenden una velocidad superficial de gas " $V_G$ " y una velocidad superficial de líquido " $V_L$ "; y en la que dichas características de flujo de fluido se caracterizan por una relación entre la velocidad superficial de gas " $V_G$ ", la velocidad superficial de líquido " $V_L$ ", y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  en las que " $V_G$ " no es más de  $C_1$  veces " $V_L$ " más  $C_2$  y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  tienen valores de 18,4 y 507,4 respectivamente dentro de una tolerancia del 10 %.
- 50 **[0052]** Dichos medios de suministro de gas y dichos medios de transporte pueden ser operables para proporcionar dicho gas y dicha solución de tensioactivo a la sección de formación de espuma con características de flujo de fluido caracterizadas por dicha relación entre la velocidad superficial de gas " $V_G$ ", la velocidad superficial de líquido " $V_L$ ", y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  mediante el ajuste de al menos uno de: una presión aplicada a al menos uno de 55 los gases y la solución tensioactiva; un diámetro de una trayectoria de flujo de fluido.
- [0053]** Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un componente de formación de espuma, para un dispensador de espuma, para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, comprendiendo dicho elemento de formación de espuma; medios para transportar una solución de tensioactivo

desde un receptáculo y un gas a lo largo de una trayectoria de flujo; en el que dichos medios de transporte comprenden un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir dicha solución de tensioactivo y dicho gas; en el que dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas que comprenden un área de superficie mojada interna "A<sub>WS</sub>", una longitud de flujo de dos fases L<sub>TP</sub>, un volumen total V y una porosidad "P"; y en el que dichas dimensiones internas están caracterizadas por una relación entre un parámetro Y igual al área de superficie mojada "A<sub>WS</sub>" multiplicado por la longitud de flujo de dos fases L<sub>TP</sub> y dividido por el volumen V, la porosidad "P", y las constantes K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub>, en el que Y es positivo y no menor que K<sub>1</sub> multiplicado por P y menos K<sub>2</sub> y las constantes K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub> tienen valores de 1994 y 821 respectivamente dentro de una tolerancia del 10 %.

10

**[0054]** Según otro ejemplo, se proporciona un componente de formación de espuma, para un dispensador de espuma, para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, comprendiendo dicho elemento de formación de espuma: medios para transportar una solución de tensioactivo desde un receptáculo y un gas a lo largo de una trayectoria de flujo; en el que dichos medios de transporte comprenden un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; y en el que dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas adaptadas para proporcionar una espuma que tiene una calidad caracterizada por límites predefinidos.

15

**[0055]** Según otro ejemplo, se proporciona un dispensador para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador: un receptáculo para contener una solución de tensioactivo; medios para suministrar un gas; medios para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de una trayectoria de flujo hacia dicha salida; en el que dichos medios de transporte comprenden un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; y en el que dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas que se ajustan a al menos uno de los siguientes parámetros: un área de superficie mojada de más de 1800 milímetros cuadrados; una relación de área de superficie mojada con respecto a un volumen de espacio vacío de más de 4 milímetros cuadrados por milímetro cúbico; un diámetro de sección de formación de espuma de menos de 10 milímetros; y una longitud de flujo de dos fases de más de 40 milímetros. El gas puede mantenerse a una presión de entre 2 bar y 8 bar.

30

**[0056]** Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, utilizando un dispensador de espuma como se ha descrito anteriormente, o usando un componente de formación de espuma como se ha descrito anteriormente.

**[0057]** Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona una espuma producida sin requerir el uso de gas licuado, usando un dispensador de espuma como se ha descrito anteriormente, o usando un componente de formación de espuma como se ha descrito anteriormente.

35

**[0058]** La espuma puede comprender al menos uno de uno de los siguientes límites: un diámetro de burbuja medio de menos de 70 micrómetros; un diámetro de burbuja medio de menos de 60 micrómetros; un diámetro de burbuja medio de entre 30 y 70 micrómetros; una desviación estándar de menos de 35 micrómetros; una desviación estándar de menos de 25 micrómetros; una desviación estándar de entre 10 y 35 micrómetros

40

**[0059]** De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, comprendiendo dicho método: contener, en un receptáculo, una solución de tensioactivo; transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y un gas desde un suministro de gas a lo largo de una trayectoria de flujo hacia una salida; en el que dicha etapa de transporte comprende transportar dicha solución de tensioactivo y dicho gas en un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir dicha solución de tensioactivo y dicho gas; en el que dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas que comprenden un área de superficie mojada interna "A<sub>WS</sub>", una longitud de flujo de dos fases L<sub>TP</sub>, un volumen total V y una porosidad "P"; y en el que dichas dimensiones internas están caracterizadas por una relación entre un parámetro Y igual al área de superficie mojada "A<sub>WS</sub>" multiplicado por la longitud de flujo de dos fases L<sub>TP</sub> y dividido por el volumen V, la porosidad "P", y las constantes K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub>, en el que Y es positivo y no menor que K<sub>1</sub> multiplicado por P y menos K<sub>2</sub> y las constantes K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub> tienen valores de 1994 y 821 respectivamente dentro de una tolerancia del 10 %.

50

55

**[0060]** Según otro ejemplo, se proporciona un método para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, comprendiendo dicho método: contener, en un receptáculo, una solución de tensioactivo; transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y un gas desde un suministro de gas a lo largo de una trayectoria de

- flujo hacia una salida; en el que dicha etapa de transporte comprende transportar dicha solución de tensioactivo y dicho gas en un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; en el que dicho gas y dicha solución de tensioactivo se proporcionan a la sección de formación de espuma con características de flujo de fluido que comprenden una velocidad superficial de gas " $V_G$ " y una velocidad superficial de líquido " $V_L$ "; y en la que dichas características de flujo de fluido se caracterizan por una relación entre la velocidad superficial de gas " $V_G$ ", la velocidad superficial de líquido " $V_L$ ", y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  en las que " $V_G$ " no es más de  $C_1$  veces " $V_L$ " más  $C_2$  y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  tienen valores de 18,4 y 507,4 respectivamente dentro de una tolerancia del 10 %.
- 10 **[0061]** Dicho gas y dicha solución de tensioactivo pueden proporcionarse a la sección de formación de espuma con características de flujo de fluido caracterizadas por dicha relación entre la velocidad superficial de gas " $V_G$ ", la velocidad superficial de líquido " $V_L$ ", y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  ajustando al menos uno de: una presión aplicada a al menos uno de los gases y la solución tensioactiva; un diámetro de una trayectoria de flujo de fluido.
- 15 **[0062]** Según otro ejemplo, se proporciona un dispensador para producir una microespuma sin requerir el uso de gas licuado, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador: un receptáculo para contener una solución de tensioactivo; un suministro de gas para suministrar un gas; un canal para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de una trayectoria de flujo hacia dicha salida; en el que dicho canal comprende un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; en el que dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas que comprenden un área de superficie mojada interna " $A_{ws}$ ", una longitud de flujo de dos fases  $L_{TP}$ , un volumen total  $V$  y una porosidad " $P$ "; y en el que dichas dimensiones internas están caracterizadas por una relación entre un parámetro  $Y$  igual al área de superficie mojada " $A_{ws}$ " multiplicado por la longitud de flujo de dos fases  $L_{TP}$  y dividido por el volumen  $V$ , la porosidad " $P$ ", y las constantes  $K_1$  y  $K_2$ , en el que  $Y$  es positivo y no menor que  $K_1$  multiplicado por  $P$  y menos  $K_2$  y las constantes  $K_1$  y  $K_2$  tienen valores de 1994 y 821 respectivamente dentro de una tolerancia del 10 %.
- 20 **[0063]** Según otro ejemplo, se proporciona un dispensador para producir una microespuma sin requerir el uso de gas licuado, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador: un receptáculo para contener una solución de tensioactivo; un suministro de gas para suministrar un gas; un canal para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de una trayectoria de flujo hacia dicha salida; en el que dicho canal comprende un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; en el que dicho suministro de gas y dicho canal son operables para proporcionar dicho gas y dicha solución de tensioactivo a la sección de formación de espuma con características de flujo de fluido que comprenden una velocidad superficial de gas " $V_G$ " y una velocidad superficial de líquido " $V_L$ "; y en la que dichas características de flujo de fluido se caracterizan por una relación entre la velocidad superficial de gas " $V_G$ ", la velocidad superficial de líquido " $V_L$ ", y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  en las que " $V_G$ " no es más de  $C_1$  veces " $V_L$ " más  $C_2$  y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  tienen valores de 18,4 y 507,4 respectivamente dentro de una tolerancia del 10 %.
- 25 **[0064]** Según otro ejemplo, se proporciona un método para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, comprendiendo dicho método: contener, en un receptáculo, una solución de tensioactivo; transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y un gas desde un suministro de gas a lo largo de una trayectoria de flujo hacia una salida; en el que dicha etapa de transporte comprende transportar dicha solución de tensioactivo y dicho gas en un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; y en el que dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas adaptadas para proporcionar una espuma que tiene una calidad caracterizada por límites predefinidos.
- 30 **[0065]** Según otro ejemplo, se proporciona un dispensador para producir una espuma, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador: un receptáculo para contener una solución de tensioactivo; medios para suministrar un gas; medios para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de una trayectoria de flujo hacia dicha salida; en el que dichos medios de transporte comprenden un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; y en el que dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas adaptadas para proporcionar una espuma que tiene una calidad caracterizada por límites predefinidos.
- 35 **[0066]** Ahora se describirán realizaciones de la presente invención, a modo de ejemplo solamente, con referencia a las siguientes figuras, en las que:
- 40
- 45
- 50
- 55

La Fig. 1 ilustra esquemáticamente, en vista simplificada, un sistema dispensador para dispensar espuma;

la Fig. 2 ilustra, de forma simplificada, una realización específica de un dispositivo dispensador para dispensar una espuma;

la Fig. 3 ilustra, de forma simplificada, otra realización de un dispositivo dispensador para dispensar una espuma;

la Fig. 4 ilustra, de forma simplificada, parte de una sección de formación de espuma de un dispositivo dispensador;

5 la Fig. 5 ilustra, de manera simplificada, una muestra de espuma creada usando un dispensador de espuma conocido;

la Fig. 6 ilustra, de manera simplificada, una muestra de espuma creada usando un dispositivo dispensador que corresponde sustancialmente al dispositivo dispensador ilustrado en la Fig. 2;

la Fig. 7 es un gráfico que muestra una distribución de densidad numérica para un intervalo de diámetros de burbuja,

10 para las muestras de espuma ilustradas en las Figuras 5 y 6;

la Fig. 8 es una ilustración simplificada de una sección a través de un dispositivo dispensador de acuerdo con otra realización;

la Fig. 9 es una ilustración del aparato utilizado en el trabajo experimental relativo al dispositivo dispensador;

15 la Fig. 10 es una ilustración de elementos ejemplares de mejora de espuma para su uso en el dispositivo dispensador;

la Fig. 11 es un gráfico que ilustra las características dimensionales del dispositivo de formación de espuma requerido para proporcionar una espuma; y

la Fig. 12 es un gráfico que ilustra las características de fluido requeridas para proporcionar una espuma de una calidad deseada.

20

**[0067]** La Fig. 1 ilustra esquemáticamente, en vista simplificada, un sistema dispensador 8 según la presente invención. El sistema dispensador comprende un suministro de una solución de tensioactivo 11 (o una solución que comprende otro agente de formación de espuma apropiado) y un suministro de gas 13. La solución de tensioactivo 11 y el suministro de gas 13 están en comunicación de fluido con una sección de formación de espuma 15 que está  
25 configurada para mezclar la solución de tensioactivo con el gas proporcionado por el suministro de gas 13 para formar una espuma que tiene las propiedades deseadas. La sección de formación de espuma 15 está en comunicación de fluido con una salida 19 a través de una válvula 17 para permitir que la mezcla en espuma de solución de tensioactivo y el gas sea transportada desde la sección de formación de espuma 15 a la salida 17 donde la espuma puede salir del sistema dispensador 8. Ventajosamente, la sección de formación de espuma 15 está  
30 configurada para producir una espuma formada a partir de burbujas que son sustancialmente más pequeñas que el tamaño de orificio más pequeño en la sección de formación de espuma. Esto significa que se pueden crear burbujas pequeñas, que tienen, por ejemplo, diámetros de aproximadamente 60 micrómetros, sin necesidad de fabricar aberturas muy pequeñas, por ejemplo de un diámetro próximo a 60 micrómetros.

35 **[0068]** Se aplica presión a la solución de tensioactivo 11, a partir de una fuente adecuada 10, con el fin de conducir la solución de tensioactivo 11 a la sección de formación de espuma 15. Aunque no se ilustra, se apreciará que se puede aplicar la misma fuente de presión 10, o una fuente de presión separada, para conducir el gas 13 a la sección de formación de espuma 15. La solución de tensioactivo 11 comprende un tensioactivo líquido, mientras que el gas contenido en el suministro de gas comprende, en esta realización, un gas no licuado, que proporciona un  
40 propulsor de gas comprimido. Ventajosamente, el gas no necesita contener compuestos orgánicos volátiles (VOC).

**[0069]** Dado que el gas 13 no se proporciona en forma licuada, en los ejemplos en los que el gas 13 y la solución de tensioactivo 11 se almacenan en el mismo receptáculo, sólo estará presente en la solución de tensioactivo 11 una cantidad comparativamente pequeña de gas (generalmente de forma disuelta), a diferencia de  
45 los dispensadores de espuma que utilizan propulsores de gas licuado. En los ejemplos en los que el gas 13 y la solución de tensioactivo 11 se almacenan en receptáculos diferentes, sus trayectorias de flujo pueden combinarse, por ejemplo, en un conector en T o un conector en Y antes de entrar en la sección de formación de espuma 15.

**[0070]** Durante el uso, por lo tanto, tanto la solución de tensioactivo como el gas entran en la sección de  
50 formación de espuma 15, haciendo que la solución de tensioactivo y el gas se combinen para formar una espuma que comprende burbujas del gas dentro del tensioactivo líquido, con características predefinidas deseadas.

**[0071]** En particular, el sistema dispensador 8 está configurado para producir una "microespuma". Esto se define como una espuma en la que las propias burbujas no pueden resolverse por el ojo humano y, por lo tanto, la  
55 espuma parece continua.

**[0072]** Las espumas en las que las propias burbujas no pueden resolverse por el ojo humano típicamente tienen un diámetro de burbuja medio inferior a 100 micrómetros y un alto grado de uniformidad.

**[0073]** Típicamente, las microespumas tendrán las características descritas a continuación.

**[0074]** Las microespumas tendrán un volumen de fase gaseosa relativamente alto, típicamente mayor del 90 % para soluciones tensioactivas. Para las microespumas formadas a partir de leches, el volumen en fase gaseosa será superior al 75 %, y para las microespumas formadas a partir de cremas lácteas, el volumen en fase gaseosa será superior al 60 %.

**[0075]** Para ser invisible a simple vista, en la mayoría de los casos será suficiente un diámetro de burbuja medio inferior a 100 micrómetros, aunque para una microespuma de calidad particularmente alta el diámetro de burbuja medio será preferiblemente menor de 40 micrómetros.

**[0076]** Las distribuciones de tamaño de burbuja tendrán un alto grado de uniformidad, típicamente teniendo una desviación estándar de menos de 25 micrómetros.

**[0077]** Una microespuma de buena calidad producida por un dispositivo de formación de espuma tendrá preferiblemente las características descritas anteriormente, y será una espuma lisa y continua, sin la presencia de burbujas relativamente grandes (por ejemplo, de más de un milímetro de diámetro) o bolsas de aire.

**[0078]** Para muchas aplicaciones, por ejemplo, son generalmente deseables las siguientes características: un volumen de fase gaseosa diana que sea relativamente alto (típicamente, por ejemplo, superior al 90 % o más preferiblemente superior al 95 %), un diámetro de burbuja medio relativamente pequeño (típicamente, por ejemplo, por debajo de 100 micrómetros, más preferiblemente por debajo de 70 y más preferiblemente en torno a 60 micrómetros o incluso inferior, o entre 30 y 70 micrómetros), una baja desviación estándar en el diámetro de la burbuja (típicamente, por ejemplo, por debajo de 35 micrómetros y más preferiblemente en la región de 25 micrómetros más o menos 2 micrómetros, o un valor aún más bajo, o entre 10 y 35 micrómetros). Además, la desviación estándar puede representar menos del 60 % del diámetro de burbuja medio, o más preferiblemente menos del 50 % del diámetro de burbuja medio.

**[0079]** La presión ejercida sobre el tensioactivo por la fuente de presión 10, así como la conducción del tensioactivo contenido para entrar en la sección de formación de espuma 15, también conduce la espuma contenida dentro de la sección de formación de espuma 15 para pasar a la válvula 17 y salir del sistema dispensador 8 en la salida 19. Si se utiliza una fuente de presión distinta de la fuente de presión 10 para propulsar el gas 13 a la sección de formación de espuma 15, entonces esta fuente de presión separada también ayuda a conducir la espuma retenida dentro de la sección de formación de espuma 15.

**[0080]** La válvula 17 puede ocupar una posición abierta o cerrada. Cuando la válvula 17 está en la posición abierta, se permite que la espuma fluya desde la sección de formación de espuma 15 hasta la salida 19, y cuando la válvula 17 está en la posición cerrada, se evita o se restringe el flujo de espuma desde la sección de formación de espuma 15 a la salida 19. De esta manera, la válvula 17 controla la dispensación de espuma desde el sistema dispensador 8.

**[0081]** A modo de ejemplo solamente, en una espuma ejemplar, producida en la experimentación inicial, la espuma formada tiene un diámetro de burbuja medio de aproximadamente 60 micrómetros, y una desviación estándar en el diámetro de la burbuja de aproximadamente 25 micrómetros en un momento aproximadamente 3 segundos después de la dispensación de la espuma desde el sistema dispensador 8.

**[0082]** Además, en experimentos adicionales, se encontró que el sistema dispensador 8 ilustrado en la Fig. 1 era capaz de producir una "microespuma" cuando la sección de formación de espuma 15 se ajustaba a parámetros particulares. Específicamente, se identificaron una serie de parámetros en la experimentación adicional como un indicador fuerte de si una sección de formación de espuma 15 puede producir una microespuma, y la calidad de la microespuma que se puede producir. Estos parámetros se presentarán brevemente. El espacio paramétrico que se encuentra que produce microespumas en general y que afecta a la calidad de las microespumas se describirá con más detalle posteriormente con respecto a los experimentos utilizados para obtenerlas.

**[0083]** Se encontró que la porosidad es un parámetro importante para determinar si una sección de formación de espuma 15 puede producir una microespuma de buena calidad. La porosidad se define como la proporción de espacio vacío dentro de una sección de formación de espuma 15 con respecto al volumen total de la sección de formación de espuma. Por ejemplo, la porosidad de un tubo hueco es 1.

**[0084]** Se encontró que el área de superficie "A<sub>WS</sub>" de la sección de formación de espuma 15 es un parámetro importante para determinar si una sección de formación de espuma 15 puede producir una microespuma, en particular un parámetro denominado Y que es igual al área de superficie mojada "A<sub>WS</sub>" multiplicada por la longitud de flujo de dos fases L<sub>TP</sub> y dividido por el volumen total V de la sección de formación de espuma.

5

$$Y = \frac{A_{WS}L_{TP}}{V}$$

**[0085]** En el siguiente análisis, se supone que la sección de formación de espuma tiene un área de sección transversal constante A<sub>CS</sub> y, por lo tanto, el parámetro Y es equivalente a la relación R<sub>WS-CS</sub> del área de superficie mojada "A<sub>WS</sub>" con respecto al área de sección transversal A<sub>CS</sub> de la sección de formación de espuma 15.

10

$$R_{WS-CS} = \frac{A_{WS}}{A_{CS}}$$

**[0086]** El área de superficie mojada "A<sub>WS</sub>" se define como el área de superficie total de la sección de formación de espuma, incluyendo cualquier elemento de mejora de espuma (también denominado material de relleno). En el caso de una sección de formación de espuma formada a partir de un tubo relleno con elementos de mejora de espuma, el área de superficie mojada "A<sub>WS</sub>" es el área de la superficie interior del tubo más el área de superficie total de los elementos de mejora de espuma. En el caso de una sección de formación de espuma formada a partir de un material poroso, el área de superficie mojada "A<sub>WS</sub>" es el área de superficie de todos los poros a través de los cuales fluye líquido y gas. El área de sección transversal A<sub>CS</sub> es el área total de una sección a través de la sección de formación de espuma, tomada perpendicular a la dirección total del flujo de fluido.

15

20

**[0087]** Se encontró que la velocidad superficial del gas 13 y la solución de tensioactivo 11 son parámetros importantes para determinar si una sección de formación de espuma 15 puede producir una microespuma de buena calidad. La velocidad superficial se define como la velocidad del gas o líquido a través del espacio vacío en la sección de formación de espuma, es decir, velocidad superficial = Q/(ε A<sub>CS</sub>) donde: Q es el caudal volumétrico del gas o líquido; ε es la porosidad de la sección de formación de espuma; A<sub>CS</sub> es el área en sección transversal de la sección de formación de espuma. Se observa que cuando se calcula la velocidad superficial del líquido o gas, se ignora la presencia de la otra fase, por ejemplo, la velocidad superficial del gas se calcula asumiendo que no hay líquido presente en el sistema y viceversa. Además, en los ejemplos en los que la sección de formación de espuma no tiene un área en sección transversal constante, el parámetro A<sub>CS</sub> se reemplaza con V/L<sub>TP</sub>.

25

30

**[0088]** Ventajosamente, el sistema 8 de la Fig. 1 está configurado de tal modo que la relación R<sub>WS-CS</sub> del área de superficie húmeda "A<sub>WS</sub>" con respecto al área en sección transversal A<sub>CS</sub> de la sección de formación de espuma 15, la porosidad de la sección de formación de espuma 15, y las velocidades superficiales del gas 13 y la solución de tensioactivo 11 están en un espacio paramétrico, como se describe con más detalle más adelante, lo que asegura que se puede producir una microespuma de buena calidad a partir del sistema dispensador 8.

35

**[0089]** La Fig. 2 ilustra una realización de un dispositivo dispensador 20. El dispositivo dispensador 20 comprende un recipiente en forma de un receptáculo cerrado 37 para contener una solución de tensioactivo 21 y un propulsor de gas comprimido 23 a presión, que se mezclan, en funcionamiento, mediante el dispositivo dispensador para formar una espuma 41. El receptáculo 37 tiene una abertura 39 que está sellada por una válvula 27. La válvula 27 forma un cierre hermético con el receptáculo 37 para que, cuando la válvula esté cerrada, ni el propulsor de gas comprimido 23 ni la solución de tensioactivo 21 pueden salir del receptáculo 37. Esto es particularmente importante ya que en esta realización, el uso de un propulsor de gas comprimido significa que la presión dentro del receptáculo 37 será mayor que la presión atmosférica que rodea al receptáculo.

45

**[0090]** Como se ilustra, en esta realización el receptáculo 37 actúa tanto como suministro de gas como un suministro de una solución de tensioactivo (por ejemplo, realizando las funciones tanto del suministro de la solución de tensioactivo 11 como del suministro de gas 13 de la Fig. 1).

50

**[0091]** La válvula 27 comprende una entrada de válvula 45 y un vástago de válvula 47 que está conectado de forma móvil a la válvula 27 de una manera deslizable. El vástago de válvula 47 comprende una entrada de vástago de válvula 49 dispuesta cerca de un extremo inferior del vástago de válvula 47 y una salida de válvula 57 dispuesta cerca de un extremo superior del vástago de válvula 47, estando la entrada de vástago de válvula 49 y la salida de válvula 57 en comunicación de fluido a través de un canal 51. El vástago de válvula 47 puede moverse entre una

55

posición abierta y una posición cerrada. En la posición abierta, se permite la comunicación de fluido entre la entrada de válvula 45 y la salida de válvula 57, a través de la entrada de vástago de válvula 49 y el canal 51. Cuando el vástago de válvula 47 está en su posición cerrada, dicha comunicación de fluido se evita debido al sellado de la entrada de vástago de válvula 49 causado por el acoplamiento de la entrada de vástago de válvula 49 con una superficie de la válvula 27. El vástago de válvula 47 es empujado hacia la posición cerrada por un resorte 43.

**[0092]** El dispositivo dispensador comprende además un actuador 55 montado en el vástago de válvula 47 para accionar la válvula bajo presión de un usuario. El actuador 55 comprende una boquilla 29 para dirigir la espuma que sale de la salida de válvula 57 para descargar la espuma del dispositivo dispensador 20.

10

**[0093]** Como se muestra en la Fig. 2, se proporciona un conducto de fluido 60 en el receptáculo 37 para comunicar la solución de tensioactivo 21 y el gas 23 a una sección de formación de espuma 25 del conducto 60 y para comunicar la espuma desde la sección de formación de espuma 25 a la válvula 27. El conducto de fluido 60, en esta realización, comprende un tubo bifurcado que tiene una sección de entrada de gas 35 dispuesta para recibir el gas y una sección de entrada de líquido 33 dispuesta para recibir la solución de tensioactivo. Las secciones de entrada de gas y líquido 33, 35 convergen en un colector 31 en la unión del tubo bifurcado para conducir el gas 23 y la solución de tensioactivo 21 respectivamente a una sección común del conducto de fluido 60, en cuya sección común se proporciona la sección de formación de espuma 25. Por lo tanto, en este ejemplo, la sección de formación de espuma 25 está aguas abajo de las secciones de entrada de líquido y gas 33, 35. En esta realización, la sección de formación de espuma 25 del conducto de fluido 60 se extiende desde la bifurcación del conducto de fluido 60 hasta un extremo del conducto de fluido 60 que dista de la bifurcación, dicho extremo en el que el conducto de fluido 60 se conecta a la válvula 27.

**[0094]** Preferiblemente, la longitud de la sección de formación de espuma 25 es mayor de que 10 mm y más preferiblemente está en el intervalo de 50 a 70 mm.

**[0095]** Como se ilustra, la sección de entrada de líquido 33 se extiende próxima a la base del receptáculo 37, mientras que la sección de entrada de gas 35 se extiende próxima a la parte superior del receptáculo 37. Esta disposición asegura que, cuando el dispositivo dispensador 20 está orientado en su posición vertical (como se ilustra en la Fig. 2), la solución de tensioactivo 21, que tiene una densidad más alta que el propulsor de gas comprimido 23, ocupará una parte inferior del receptáculo 37, mientras que el propulsor de gas comprimido 23 ocupará la parte restante en la parte superior del receptáculo 37 no ocupada por la solución de tensioactivo, denominada espacio superior. Sin embargo, se observa que cuando el dispositivo dispensador 20 se mantiene en una orientación diferente, en particular una orientación "invertida", la sección de entrada de gas 35 puede servir como una sección de entrada de líquido y la sección de entrada de líquido 33 puede servir como una sección de entrada de gas.

**[0096]** Como se ha mencionado anteriormente, el propulsor de gas comprimido 23, debido a su naturaleza comprimida, crea una presión dentro del receptáculo 37 que es superior a la presión atmosférica que existe fuera del receptáculo. Por lo tanto, el propulsor de gas comprimido 23 ejerce una fuerza sobre la solución de tensioactivo 21. Preferentemente, la presión del propulsor de gas en el espacio superior es superior a 0,1 bar, y más preferiblemente está por encima de 2 bar, y preferiblemente por debajo de 25 bar. Dado que la entrada de líquido 33 está situada por debajo del nivel de líquido de la solución de tensioactivo (como se ilustra en la Fig. 2), la fuerza ejercida sobre la solución de tensioactivo 21 por el propulsor de gas comprimido 23 conduce la solución de tensioactivo 21 a entrar en la sección de formación de espuma 25 a través de la sección de entrada de gas 33. Puesto que la sección de entrada de gas 35 está situada por encima del nivel de líquido de la solución de tensioactivo, el propulsor de gas comprimido es capaz de entrar en la sección de formación de espuma 25 a través de la entrada de gas 35.

**[0097]** Cuando la válvula 27 está cerrada, es decir, cuando el vástago de válvula 47 ocupa su posición cerrada, el dispositivo dispensador 20 se sella y no se permite que ni la solución de tensioactivo ni el propulsor de gas salgan del dispositivo dispensador 20. Sin embargo, cuando la válvula 27 está abierta, es decir, cuando el vástago de válvula 47 ocupa su posición abierta, la solución de tensioactivo 21 y el propulsor de gas 23 pueden salir del dispositivo de distribución 20 a través de la salida de válvula 57 y la boquilla 29. En esta situación, debido a la fuerza ejercida sobre la solución de tensioactivo 21 por el propulsor de gas comprimido 23, la solución de tensioactivo 21 se arrastra hasta la sección de formación de espuma 25 a través de la entrada de líquido 33 y del colector 31. La acción de la solución de tensioactivo 21 que pasa la entrada de gas del colector 31 hace que el propulsor de gas 23 se arrastre hasta la corriente de flujo de la solución de tensioactivo y, por lo tanto, al colector 31 y la sección de formación de espuma 25. Además, el gas se conduce para entrar en el flujo de vapor por la presión del espacio superior en el receptáculo 37.

- [0098]** En esta realización, la sección de formación de espuma 25 comprende varios elementos de mejora de espuma 53 dispuestos dentro de la sección de formación de espuma 25 ya lo largo de la trayectoria de flujo de la solución de tensioactivo y el propulsor de gas. La presencia de los elementos de mejora de espuma 53 dentro de la sección de formación de espuma 25 da como resultado la sección de formación de espuma 25 que tiene parámetros que aseguran que la sección de formación de espuma es capaz de producir una microespuma. En particular, la relación  $R_{ws-cs}$  del área de superficie mojada "Aws" respecto al área en sección transversal  $A_{cs}$ , la porosidad de la sección de formación de espuma 25, y las velocidades superficiales del gas 23 y la solución de tensioactivo 21 a través de la sección de formación de espuma 25 están configuradas para producir una microespuma.
- 10 **[0099]** La experimentación inicial indicó que la presencia de los elementos de mejora de espuma 53 dentro de la sección de formación de espuma 25 permite que la sección de formación de espuma 25 se ajuste a al menos los parámetros clave 1 y 2 de la Tabla 1, mientras se utiliza una sección de formación de espuma de dimensiones apropiadas (por ejemplo, una longitud de menos de 70 mm) de manera que pueda encajar fácilmente dentro de un recipiente de aerosol de tamaño típico (por ejemplo, de 100 a 200 mm de altura). La experimentación adicional  
15 ayudó a definir adicionalmente los parámetros requeridos para producir una microespuma aceptable y los parámetros que afectaron a la calidad de la microespuma (por ejemplo, como se indica en las Figs. 11 y 12).
- [0100]** La experimentación inicial indicó que la relación del área de superficie mojada con respecto a la longitud de flujo de dos fases es mayor que 3 milímetros cuadrados por milímetro, o más preferiblemente mayor de 20 milímetros cuadrados  $\pi$  por milímetro. Puede ser preferible una relación de área de superficie mojada con respecto a la longitud de flujo de dos fases para producir una espuma deseada, por ejemplo, mayor de 8 milímetros cuadrados por milímetro.
- [0101]** En este ejemplo, los elementos de mejora de la espuma 53 comprenden una pluralidad de perlas de  
25 vidrio generalmente esféricas (u otro material adecuado tal como un material plástico).
- [0102]** La sección de formación de espuma 25 también incluye unos retenedores 65 y 67 que están dispuestos en extremos opuestos de la sección de formación de espuma 25. Los retenedores 65, 67 están situados dentro de la trayectoria de flujo de la sección de formación de espuma 25, y están formados a partir de un material  
30 tipo malla, con el fin de permitir que la solución de tensioactivo 21 y el gas 23 (junto con una espuma que comprende la solución de tensioactivo y el gas) pasen a través y, por lo tanto, viajen a lo largo del conducto de fluido 60. Sin embargo, los retenedores 65, 67 inhiben el movimiento de los elementos de mejora de espuma 53 a lo largo del conducto de fluido 60, manteniendo así la posición de los elementos de mejora de espuma 53 e impidiendo su descarga del dispositivo dispensador 20.  
35
- [0103]** Mientras la válvula 27 permanece abierta, la espuma 41 formada a partir de la solución de tensioactivo 21 y propulsor de gas 23 se transporta a través de la sección de formación de espuma 25 y a la válvula 27 a través de la entrada de válvula 45. La configuración abierta del valor 27 permite que la espuma pase a través de la válvula, y la espuma 41 se descarga entonces desde el dispositivo dispensador 20 en la salida del actuador 29.  
40
- [0104]** La presencia de los elementos de mejora de espuma 53 provoca una mezcla mejorada del gas 23 con la solución de tensioactivo 21 y mejora la formación de la espuma 41 (para una forma y/o dimensiones de tubo de sección de espuma dada) haciendo que los parámetros de la sección de formación de espuma 25 se encuentre dentro del espacio paramétrico identificado en la experimentación adicional. Además, los elementos de mejora de la  
45 espuma 53 pueden aumentar la relación del área de superficie mojada con respecto al volumen de espacio vacío en la sección de formación de espuma 25.
- [0105]** Se encontró en la experimentación inicial que variando la geometría de la sección de formación de espuma 25 que incluía los elementos de mejora de espuma 53, el área de superficie mojada "Aws" se puede adaptar  
50 para proporcionar una espuma que tiene características particulares requeridas. En particular, se encontró en la experimentación inicial que la relación del área de superficie mojada "Aws" de la sección de formación de espuma 25 con respecto al volumen del espacio vacío de la sección de formación de espuma 25, a través de la cual pasa la solución de tensioactivo y el gas, afecta a la calidad de la espuma producida. Por consiguiente, esta relación puede adaptarse para proporcionar una espuma que tenga las características particulares requeridas. Otros parámetros  
55 hallados en la experimentación inicial que tienen un efecto potencial sobre la calidad de la espuma incluyen: el diámetro interno de la sección de formación de espuma 25; la relación del área de superficie con respecto a la longitud de flujo de dos fases; el diámetro interno de la entrada de líquido; el diámetro interno de la entrada de gas; la tensión superficial del tensioactivo; la viscosidad del tensioactivo; la presión (por ejemplo, presión en el espacio superior) aplicada al gas y/o el tensioactivo (o la relación de tales presiones); y la longitud del conducto de fluido

desde el colector hasta la salida (siempre que la relación del área de superficie mojada con respecto al volumen del espacio vacío en el conducto permanezca por encima de un umbral apropiado para el tipo de espuma producida).

**[0106]** Se encontró en la experimentación inicial que al tener una sección de formación de espuma interna 5 25, el área superficial de al menos 1.800 milímetros cuadrados proporciona una espuma de calidad suficientemente alta para muchas aplicaciones. Puede ser preferible un área de superficie mojada superior "Aws" para producir una espuma deseada, por ejemplo, mayor de 3000 milímetros cuadrados o mayor de 3700 milímetros cuadrados. Sin embargo, se pueden producir espumas particularmente de alta calidad usando un área de superficie mucho más alta, por ejemplo, entre 4500 y 6000 milímetros cuadrados. Se ha encontrado que una relación de área de superficie 10 mojada con respecto al volumen de espacio varío de al menos 4 milímetros cuadrados por milímetro cúbico proporciona una espuma de calidad suficientemente alta para muchas aplicaciones. Puede ser preferible una relación de área de superficie humedecida superior más alta con respecto a un volumen de espacio vacío para producir una espuma deseada, por ejemplo, mayor de 16 milímetros cuadrados por milímetro cúbico. Sin embargo, se pueden producir espumas de calidad particularmente alta usando una relación mucho más alta, por ejemplo, 15 entre 20 y 25 milímetros cuadrados por milímetro cúbico.

**[0107]** La Fig. 3 es una ilustración simplificada de una sección a través de un dispositivo dispensador 120 según una realización adicional. Se proporciona un recipiente que comprende un receptáculo 137 que está adaptado para contener un suministro de solución tensioactiva 121 y un suministro de gas 123. En esta realización, el gas 123 20 no es un propulsor de gas comprimido y en su lugar se proporciona a una presión similar a la del aire ambiente que rodea el dispositivo dispensador 120. El dispositivo dispensador 120 incluye una entrada de líquido 133 situada cerca del fondo del receptáculo 137, y además incluye una entrada de gas 135 situada próxima a la parte superior del receptáculo 137. Esta disposición asegura que cuando el dispositivo dispensador 120 está orientado en su posición vertical, como se ilustra en la Fig. 3, la entrada de líquido 133 estará situada por debajo del nivel de líquido 25 de la solución tensioactiva, mientras que la entrada de gas estará situada por encima del nivel líquido de la solución de tensioactivo permitiendo así que el gas entre en la entrada de gas 135. Preferiblemente, la entrada de líquido 133 está situada en el punto más bajo del receptáculo 137 con el fin de asegurar que toda la solución de tensioactivo 121 retenida dentro del receptáculo 137 pueda entrar en la entrada de líquido 133.

**[0108]** El dispositivo dispensador 120 incluye una válvula unidireccional 170 que está configurada para permitir que el aire ambiente entre en el receptáculo 137 y para restringir o impedir que el gas 123 y la solución de tensioactivo 121 salgan del receptáculo 137. En esta realización, la válvula unidireccional 170 está dispuesta cerca o en la parte superior del receptáculo 137 para que el aire que entra en el receptáculo 137 a través de la válvula unidireccional 170 lo haga por encima del nivel de la solución de tensioactivo, inhibiendo así la creación de burbujas 30 de aire dentro de la solución de tensioactivo 121. 35

**[0109]** El dispositivo dispensador 120 comprende además una sección de formación de espuma 125 que está en comunicación de fluido con la entrada de líquido 133 y conectada a la entrada de gas 135 a través de un tubo 160 que permite la comunicación de fluido entre la sección de formación de espuma 125 y la entrada de gas 135. 40

**[0110]** En común con la sección de formación de espuma 25 descrita anteriormente con respecto a la Fig. 2, la sección de formación de espuma 125 comprende varios elementos de mejora de espuma 135 que permiten la generación de una espuma de alta calidad formada a partir de la solución de tensioactivo 121 y el gas 123, beneficioso dentro de una longitud relativamente corta de la sección de formación de espuma. En esta realización, el 45 gas 123 es preferiblemente aire. Se apreciará que, en otras realizaciones, se puede producir una espuma similar de alta calidad, que tiene las características deseadas descritas, sin el uso de elementos de mejora de espuma 153.

**[0111]** La sección de formación de espuma 125 está conectada a y en comunicación de fluido con una salida 129 a partir de la cual puede dispensarse la espuma generada en la sección de formación de espuma. Una válvula 50 127 controla el flujo de espuma desde la sección de formación de espuma 125 a la salida 129 y preferiblemente está configurada para permitir solamente que la espuma fluya desde la sección de formación de espuma 125 a la salida 129 cuando la espuma ejerce una presión por encima de una presión umbral sobre la válvula 127.

**[0112]** Con el fin de conducir tanto el gas 123 como la solución de tensioactivo 121 para entrar en la sección de formación de espuma 125, debe aplicarse una presión al gas 123 y a la solución de tensioactivo 121. En esta realización ejemplar, el receptáculo 137 es flexible y preferiblemente plegable hasta cierto punto, como se indica por los lados curvados del receptáculo 137. Por lo tanto, la presión puede aplicarse al gas 123 y al tensioactivo 121 mediante la compresión del receptáculo 137 y, por lo tanto, disminuir el volumen del receptáculo 137. Esta acción puede realizarse manualmente o alternativamente se puede proporcionar un aparato para comprimir el receptáculo 55

137; tal aparato no se ilustra en la Fig. 3, pero dicho aparato podría comprender una bomba accionada manualmente configurada para acoplarse con la salida 129 y usar succión para extraer el contenido del receptáculo 137.

**[0113]** La Fig. 4 ilustra, de forma simplificada, parte de una sección de formación de espuma 425 que puede proporcionarse, por ejemplo, como parte del dispositivo dispensador ilustrado en cualquiera de las figuras, o suministrado por separado. La sección de formación de espuma 425 sólo se muestra en parte, como se indica por las líneas de corte en la parte superior e inferior de la sección de formación de espuma. Como se muestra, la sección de formación de espuma 425 comprende varios elementos de mejora de espuma 453 que se mantienen dentro del conducto de fluido 460 y en la trayectoria de flujo del tensioactivo y el gas que son llevados a través de la sección de formación de espuma. En esta realización, los elementos de mejora de espuma 453 comprenden una pluralidad de perlas de vidrio generalmente esféricas.

**[0114]** La sección de formación de espuma 425 también incluye retenedores 465, 467 que son equivalentes a los retenedores 65, 67 mostrados en la Fig. 2.

**[0115]** Como se muestra, cada uno de los elementos de mejora de espuma 453 tiene un diámetro, designado  $d$ , donde  $d$  está preferiblemente en el intervalo de 0,5 a 2 mm y más preferiblemente en el intervalo de 1 a 1,3 mm. Preferiblemente, el valor medio de  $d$  para la pluralidad de elementos de mejora de espuma 453 está en el intervalo de 1 a 1,5 mm y más preferiblemente en la proximidad de 1,23 mm, más o menos 0,10 mm. El diámetro de cada uno de los elementos de mejora de espuma 453 es ventajosamente inferior a 1/3 del diámetro interior del tubo que forma la sección de formación de espuma del conducto de fluido. De manera beneficiosa, esto ayuda a evitar que grandes vacíos indeseablemente grandes queden alrededor de la superficie circunferencial interior del tubo, lo que evitará que la relación de área de superficie mojada con respecto al volumen de espacio vacío objeta un valor suficientemente alto.

**[0116]** Como se ilustra en la Fig. 4, la sección de formación de espuma 425 tiene un diámetro interno, designado  $D$ . Preferiblemente,  $D$  es un diámetro de la sección de formación de espuma 425 está entre 0,1 mm y 10 mm, y más preferiblemente es inferior a 4 mm, por ejemplo, entre 2 mm y 4 mm.

**[0117]** La Fig. 5 ilustra, de manera simplificada, una muestra de espuma 500 creada usando técnicas conocidas (véanse a continuación las etapas 9 a 12 del método experimental inicial) con el fin de determinar características típicas de espumas conocidas con fines de comparación. Como se muestra en la Fig. 5, la espuma 500 comprende una pluralidad de burbujas de aire 501 mantenidas dentro de una solución de tensioactivo 502. Cada burbuja de aire 501 tiene un diámetro, designado por la etiqueta "A" en la Fig. 5. En la muestra de espuma 500, ilustración de la Fig. 5, el diámetro de burbuja medio es de 80 micrómetros, y la desviación estándar de los diámetros de las burbujas es de 60 micrómetros. La burbuja más grande en la muestra ilustrada tiene un diámetro de 278 micrómetros.

**[0118]** La Fig. 6 ilustra, de manera simplificada, una muestra de espuma 600 creada en la experimentación inicial usando un dispositivo dispensador que corresponde sustancialmente al dispositivo dispensador ilustrado en la Fig. 2. La espuma 600 se creó según un método descrito en las etapas 1-8 del método experimental inicial, a continuación. La espuma 600 comprende una pluralidad de burbujas de nitrógeno 601 retenidas dentro de una solución de tensioactivo 602. Cada burbuja 601 tiene un diámetro, denominado "B" en la Fig. 6. El diámetro de burbuja medio en la muestra ilustrada de espuma 600 es de 60 micrómetros y la desviación estándar en el diámetro de la burbuja es de 25 micrómetros. La burbuja más grande en la muestra de espuma 600 ilustrada en la Fig. 6 tiene un diámetro de 130 micrómetros.

**[0119]** La Fig. 7 es un gráfico que muestra una distribución de densidad numérica para un intervalo de diámetros de burbuja para la muestra de espuma 500 ilustrada en la Fig. 5 y para la muestra de espuma 600 ilustrada en la Fig. 6.

**[0120]** En el gráfico ilustrado en la Fig. 7, el eje  $x$  representa el diámetro de burbujas en las espumas 500, 600 medidas en micrómetros y el eje  $y$  representa la densidad numérica de burbujas con un diámetro particular. Los puntos de datos relativos a la espuma 500 ilustrada en la Fig. 5, generados por el mecanismo de espuma de la técnica anterior se indican mediante puntos de datos de forma de rombo, mientras que los puntos de datos correspondientes a la espuma 600, ilustrados en la Fig. 6, se representan por puntos cuadrados con forma de cuadrado. Se ha añadido un ajuste de curva a cada uno de los dos conjuntos de muestras. Como puede verse en el gráfico, cuando se compara con la espuma 500, la espuma 600 tiene una mayor densidad de burbujas en el intervalo de 40 micrómetros a 100 micrómetros, con un máximo de alrededor de 53 micrómetros. Además, puede verse que la

mayoría de las burbujas en la muestra de espuma 600 se encuentran en el intervalo de 40 a 100 micrómetros. Tener un gran número de burbujas en este intervalo produce una espuma de alta calidad que tiene una textura "más rica". Además, puede verse a partir del gráfico de la Fig. 7 que la desviación estándar de la espuma 600 es menor que la de la espuma 500 generada por el mecanismo dispensador de la técnica anterior. Tener una desviación estándar más pequeña en los tamaños de burbujas aumenta la homogeneidad y, por lo tanto, la calidad de la espuma.

**[0121]** Ventajosamente, los dispositivos dispensadores, el sistema y la sección de formación de espuma descritos permiten la creación de espumas cremosas ricas (altos volúmenes de fase gaseosa de >95 %, burbujas de aire con un diámetro medio preferible de 60 micrómetros y una distribución de tamaño estrecha, desviación estándar preferible: <25 micrómetros), sin el uso de compuestos orgánicos volátiles (VOC).

**[0122]** El sistema, los dispositivos y las secciones descritas proporcionan espumas de mejor calidad que las producidas usando otros posibles mecanismos y gases disueltos en soluciones de tensioactivos. Esto se debe a que el volumen máximo de fase gaseosa de las espumas formadas usando gases disueltos en soluciones de tensioactivo es típicamente sólo 4 veces el volumen del líquido, ya que éste es el límite superior de la cantidad de gas que puede disolverse en la solución de tensioactivo.

**[0123]** El sistema, los dispositivos y las secciones de formación de espuma descritas también son ventajosos sobre dispositivos de formación de espuma alternativos que, por ejemplo, pueden implicar la creación de burbujas usando pequeñas aperturas.

**[0124]** La presente invención no requiere el mecanizado de pequeñas aperturas, que pueden ser costosas de fabricar y requieren a menudo técnicas especiales como perforación por láser. En su lugar, en la presente invención, un gas y un tensioactivo líquido son ambos forzados a través de una sección de formación de espuma que tiene una geometría con un área de superficie interna muy grande. El líquido recubre las superficies internas de la sección de formación de espuma y crea así un área de superficie de gas-líquido similarmente grande. La relación del área de superficie interna superior con respecto al volumen de la presente invención asegura que existe una superficie muy grande sobre la cual las fases gaseosa y líquida pueden interactuar y una multitud de oportunidades para que los flujos sean divididos y recombinados hasta que se forme una microespuma lisa. A diferencia de los dispositivos de formación de espuma de pequeño orificio donde se forman burbujas a través de inestabilidades de Rayleigh-Taylor en un orificio discreto y generalmente que tienen un diámetro similar que el diámetro del orificio, en la presente invención, las burbujas producidas son típicamente de un orden de magnitud menor que el orificio más pequeño en la sección de formación de espuma.

**[0125]** En realizaciones preferidas, los orificios más pequeños en el dispensador están en los elementos de retención (por ejemplo, elementos de retención 465, 467 mostrados en la Fig. 4). Estos orificios sólo necesitan ser lo suficientemente pequeños para evitar que los elementos que mejoran la espuma pasen a través. En contraste con los dispositivos de formación de espuma de orificios pequeños conocidos descritos en la introducción, los elementos de mejora de espuma de la presente invención pueden ser del orden de milímetros y, por lo tanto, los orificios en los elementos de retención pueden ser del orden de milímetros, mientras que aún se permite que se produzcan microespumas.

**[0126]** Dado que la presente invención no se basa en la formación de burbujas a través de inestabilidades de Rayleigh-Taylor en un orificio discreto, los orificios en los elementos de retención no necesitan estar situados varios diámetros entre sí, por lo tanto, los elementos de retención pueden fabricarse a partir de materiales de bajo coste como mallas o material sinterizado o poroso.

**[0127]** Además, el dispositivo dispensador de espuma descrito tiene una multitud de orificios grandes (comparados con el tamaño de burbuja) y una multitud de trayectorias de flujo a través de la sección de formación de espuma, y por lo tanto, el dispositivo dispensador no es propenso a bloqueos.

**[0128]** Además, en el dispositivo dispensador de espuma descrito, el tamaño de la entrada de aire no está relacionado con el tamaño de burbuja deseado, por lo que el diámetro de la entrada de aire puede ser grande comparado con el diámetro de las burbujas producidas. Por lo tanto, es posible introducir grandes cantidades de gas en el flujo de líquido de tensioactivo incluso cuando se usan caudales de flujo de líquido modestos y una única entrada de aire. Esto es ventajoso para crear espumas con altos volúmenes de fase gaseosa (en algunos casos, del 98 % de gas).

**[0129]** El sistema descrito de dispositivo dispensador de espuma permite producir microespumas de buena

calidad, incluso cuando al someterse a cambios en la presión de conducción. Por ejemplo, la calidad de espuma consistente en términos de tamaño de burbuja de gas, la uniformidad de tamaño de burbuja y el volumen de fase gaseosa se puede lograr con la presente invención sobre un amplio intervalo de presiones, por ejemplo, desde 0,1 bar hasta 10 bar, o desde 0,5 bar hasta 10 bar.

5

Como se ilustra en la Fig. 2, en las realizaciones preferidas, el dispensador de espuma incluye una entrada de gas que permanece por encima del nivel de líquido de la solución de tensioactivo, mientras que la bifurcación en cuyo punto el gas entra en el conducto de fluido (colector 31 en la Fig. 2) generalmente permanece por debajo del nivel líquido. Esto es ventajoso porque una porción del conducto de fluido permanecerá por debajo del nivel del líquido, lo que fomenta a atraer la solución de tensioactivo líquida hasta el conducto de fluido a través de la acción capilar. A su vez, esto ayuda a mantener una solución de tensioactivo líquida dentro del conducto de fluido y la sección de formación de espuma incluso cuando el dispensador de espuma no se ha descargado durante algún tiempo. Por lo tanto, se evita el secado del conducto de fluido y la sección de formación de espuma, lo que de otro modo podría provocar bloqueos. Además, la ubicación de la bifurcación por debajo del nivel de líquido permite que se proporcione una longitud de flujo de dos fases más larga dentro del conducto de fluido.

**[0130]** Los dispositivos dispensadores, el sistema y la sección de formación de espuma descritos pueden usarse para generar, por ejemplo, espumas de afeitar, espumas limpiadoras, mousse para el cabello, espumas de productos lácteos y otras espumas alimenticias, espumas industriales, espumas para equipos agrícolas, espumas para uso médico y espumas farmacéuticas. El dispositivo dispensador 20 ilustrado en la Fig. 2 utiliza un gas comprimido como propulsor y, por lo tanto, el dispositivo dispensador 20 puede producir un flujo sustancialmente continuo de espuma cuando se abre la válvula. Esto hace que el dispositivo dispensador 20 sea particularmente adecuado para producir las espumas de afeitar, la mousse para el cabello y las espumas lácteas, en las que a menudo se desea utilizar una cantidad relativamente grande de espuma. Por otra parte, el dispositivo dispensador 120 ilustrado en la Fig. 3 no utiliza un gas comprimido como propulsor y, por lo tanto, requiere que el receptáculo 137 sea comprimido con el fin de propulsar la solución de tensioactivo y el gas dentro de la sección de formación de espuma del dispositivo dispensador 120. El dispositivo dispensador 120 ilustrado en la Fig. 3 es particularmente adecuado para producir espumas limpiadoras, por ejemplo, espumas para jabón de manos, en las que generalmente se requiere una cantidad relativamente pequeña de espuma para cada uso.

30

**[0131]** Si esta tecnología se utiliza junto con la tecnología de congelación (por ejemplo, un ciclo de refrigeración, un disipador de temperatura fría o un material de cambio de fase a baja temperatura), entonces se podría fabricar un aparato dispensador de helado.

35 **[0132] Parámetros clave: Valores preferidos según se indica por la experimentación inicial**

**Tabla 1.**

#	Parámetro	Valor	Comentarios
1	Área de superficie mojada $A_{ws}$	$>1800 \text{ mm}^2$	Ésta es el área de superficie total dentro de la sección de formación de espuma, desde la bifurcación del conducto de fluido hasta el extremo del conducto de fluido (por ejemplo, el extremo donde el conducto de fluido se conecta a la válvula). Incluye el área superficial de la superficie interna de la sección de formación de espuma más el área superficial de cualquier elemento de mejora de espuma contenido dentro de la sección de formación de espuma.
2	Relación de área de superficie mojada con respecto a volumen de espacio vacío	$> 4 \text{ mm}^2/\text{mm}^3$	Ésta es el área superficial dentro de la sección de formación de espuma dividida por el volumen de espacio libre dentro de la sección de formación de espuma.
3	Diámetro de sección de formación de espuma	$0,1 \text{ mm} < a < 10 \text{ mm}$ (preferiblemente menos de 4 mm)	

4	Longitud de flujo de dos fases	> 40 mm  (preferiblemente mayor de 60 mm)	Es el menor de:  a) la distancia que la mezcla de gas/tensioactivo recorre desde el punto en el que el gas y la solución de tensioactivo se ponen primero en contacto entre sí hasta el punto en que el área de superficie mojada con respecto al volumen de espacio vacío se reduce (y permanece) por debajo de $4 \text{ mm}^2/\text{mm}^3$ b) la distancia que la mezcla de gas/tensioactivo recorre desde el punto en el que el gas y la solución de tensioactivo se ponen primero en contacto entre sí hasta el punto de dispensación (por ejemplo, la boquilla de actuador)
5	Tamaño mínimo de constricción en la válvula	0,1 mm <sup>2</sup>	
6	Diámetro de entrada de gas	0,1 mm <sup>2</sup> a 4 mm <sup>2</sup>	
7	Diámetro de entrada de líquido	0,1 mm <sup>2</sup> a 4 mm <sup>2</sup>	
8	Tensión superficial del tensioactivo	< 50 dinas/cm	
9	Viscosidad del tensioactivo	<200 centiPoise	
10	Presión del espacio superior	2 bar a 25 bar	
11	Diámetro medio de burbujas en la espuma	<60 micrómetros	
12	Desviación estándar de burbujas en la espuma	<25 micrómetros	
13	Tamaño máximo de la burbuja	<130 micrómetros	

**Método utilizado para obtener los datos de tamaño de burbuja en la experimentación inicial**

**5 [0133]**

1. Se preparó una formulación de muestra que consistía en 1 parte de Original Fairy Liquid® y 4 partes de agua.
2. Se pusieron 100 ml de esta muestra en una botella de 210 ml que se selló con una válvula de aerosol con un tamaño mínimo de constricción de 1 mm de diámetro.
- 10 3. Como sección de formación de espuma se utilizó un tubo de 60 mm con un diámetro interno de 3.175 mm. El tubo se llenó con esferas de globo de vidrio en el intervalo de tamaño 1-1,3 mm con un tamaño medio de partícula de 1,23 mm. El área superficial interna/mojada total del sistema era de 5294 mm<sup>2</sup> y la relación de área de superficie mojada con respecto al volumen de espacio vacío para este mezclador era de 22,5 mm<sup>2</sup>/mm<sup>3</sup>. El mezclador tenía un líquido circular de 2,5 mm de diámetro y entradas de aire.
- 15 4. El mezclador se incorporó en el tubo de inmersión de una válvula de aerosol con constricciones de 3 x 1 mm.
5. El pliego de la válvula de selló la botella y se utilizó nitrógeno para presurizar el espacio superior a un calibre de 5 bares.
6. Se dispensó una muestra de la espuma sobre un portaobjetos de microscopio de vidrio y se tomó una imagen 3 segundos después de la dispensación.
- 20 7. La imagen se muestra en la Fig. 6 a continuación.
8. La distribución del tamaño de la burbuja se determinó a partir de la imagen. La distribución de la densidad numérica se muestra en la Fig. 7 y se encontró que tenía un diámetro de burbuja medio de 60 micrómetros y una desviación estándar de 25 micrómetros (que representaba una desviación estándar del 42 % del diámetro medio de burbuja). La burbuja más grande en esta imagen tenía un diámetro de 130 micrómetros. Los diámetros de las burbujas se determinaron como la longitud máxima de una línea que se puede dibujar dentro de las curvas cerradas en la imagen.
- 25

9. Se colocaron 100 ml de la muestra en una botella equipada con un mecanismo de la técnica anterior.

10. Se dispensó una muestra de la espuma sobre un portaobjetos de microscopio de vidrio y se tomó una imagen 3 segundos después de la dispensación.

11. La imagen se muestra en la Fig. 5 a continuación.

- 5 12. La distribución del tamaño de la burbuja se determinó a partir de la imagen. La distribución de la densidad numérica se encontró que tenía un diámetro de burbuja medio de 80 micrómetros y una desviación estándar de 60 micrómetros (que representaba una desviación estándar del 75% del diámetro medio de burbuja). La burbuja más grande en esta imagen tenía un diámetro de 278 micrómetros. Los diámetros de las burbujas se determinaron como la longitud máxima de una línea que se puede dibujar dentro de las curvas cerradas en la imagen.

10

### Trabajo experimental adicional

[0134] La Fig. 9 ilustra, de forma simplificada, un aparato 90 utilizado en un trabajo experimental adicional. El aparato 90 comprende un compresor de aire 910, un regulador de presión 904, un medidor de flujo de gas 921, una  
15 válvula de retención 905, un recipiente de líquido 912 para contener el tensioactivo líquido 911, un recipiente de gas 913, válvulas de cierre 917a y 917b, válvulas de aguja 918a y 918b, un dispositivo espumador 915 (equivalente a la sección de formación de espuma descrita previamente) y una salida 919. Se apreciará que el aparato 90 mostrado en la Fig. 9 se usa para experimentación, y que un sistema comercial práctico puede no incluir todos los elementos del aparato 90.

20

[0135] El compresor de aire 910 se utiliza para suministrar aire a presión al recipiente de líquido 912 y al recipiente de gas 913. Este suministro de aire presurizado mantiene un volumen de aire a presión 914 en el recipiente de gas 913 y suministra aire al recipiente de líquido 912 para mantener el tensioactivo líquido bajo presión. El regulador de presión 904 controla la presión del aire suministrado por el compresor de aire 910.

25

[0136] La válvula de cierre 917a y la válvula de aguja 918a están situadas en una línea de salida desde el recipiente de líquido 912, mientras que la válvula de cierre 917b y la válvula de aguja 918b están situadas en una línea de salida del recipiente de gas 913. Las válvulas de aguja 918a, 918b se usan para hacer un ajuste fino de los caudales de tensioactivo líquido 911 y aire 914 que salen de los recipientes de líquido y gas y que fluyen hacia el  
30 dispositivo de formación de espuma 915.

30

[0137] Las dos líneas de salida se alimentan en un conector en T 923 (de manera similar al tubo bifurcado descrito anteriormente) que combina y suministra el tensioactivo líquido 911 y el aire 914 al dispositivo de formación de espuma 915. El tensioactivo líquido 911 y el aire 914 pasan a través del dispositivo de formación de espuma 915  
35 y salen de la salida 919 del dispositivo de formación de espuma 915.

35

[0138] La válvula de retención 905 está situada aguas arriba del recipiente de líquido 912 para evitar que el tensioactivo líquido 911 o la espuma fluyan a través del medidor de flujo de gas 921 o al recipiente de gas 913 durante la despresurización del sistema.

40

[0139] En ciertas condiciones, el líquido y el gas salen del dispositivo de formación de espuma 915 como una microespuma. Como se ha explicado anteriormente, se trata de una espuma en la que el diámetro de burbuja medio es inferior a 100 micrómetros. Bajo otras condiciones operativas, el líquido y el gas salen de la salida como una espuma con grandes burbujas (1-3 mm) o con salpicaduras intermitentes de aire y espuma. Estos últimos dos  
45 estados son indeseables para las microespumas.

45

[0140] Aunque en la Fig. 9 se ilustra un único dispositivo de formación de espuma, en la experimentación adicional se ensayaron varios dispositivos de formación de espuma diferentes 915. Estos dispositivos de formación de espuma 915 comprendían secciones de tubo con longitudes que variaban de 20 mm hasta 100 mm y diámetros  
50 de 2,5 mm, 3,75 mm, 6 mm y 12 mm.

50

[0141] Las secciones de tubo de los dispositivos de formación de espuma 915 se llenaron con una pluralidad de elementos de relleno que se seleccionaron para variar el área de superficie mojada " $A_{ws}$ " y la porosidad del dispositivo de formación de espuma 915. El área de superficie mojada " $A_{ws}$ " varió entre 269 milímetros cuadrados y  
55 4163 milímetros cuadrados. Las porosidades variaron entre 0,38 y 0,78.

55

[0142] La Fig. 10 ilustra algunos materiales de relleno ejemplares, incluyendo sus dimensiones de llave, tales como altura 1001, radio 1002 y longitud lateral 1003. Estas dimensiones pueden ser utilizadas por los expertos en la técnica para determinar el área de superficie mojada " $A_{ws}$ " de un dispositivo de formación de espuma 915, usando

métodos conocidos para calcular áreas superficies.

**[0143]** Para el tensioactivo líquido 911, se diluyó Fairy líquido a diferentes concentraciones que van desde 1 parte de Fairy líquido: 1 parte de agua a 1 parte de fairy líquido: 10 partes de agua.

5

### Procedimiento experimental

**[0144]**

- 10 1. Cada dispositivo de formación de espuma 915 se caracterizó en términos de: longitud, diámetro, porosidad y área de superficie mojada " $A_{WS}$ ".
2. El recipiente de líquido 912 se llenó con un volumen predefinido de tensioactivo líquido, que comprendía Fairy líquido de dilución predeterminada con agua como se ha descrito anteriormente.
3. El regulador de presión 904 se ajustó a una presión predefinida.
- 15 4. El compresor de aire 910 se encendió y las válvulas de cierre 917a, 917b se abrieron ambas, permitiendo que el aire 914 y el tensioactivo líquido 911 fluyeran a través del aparato.
5. Las válvulas de aguja 918a, 918b se ajustaron y se aplicaron diferentes presiones de aire variando los ajustes del regulador de presión 904, con el fin de identificar caudales en los que se formó o no una microespuma. En cada caso, se tomó la lectura del caudal de aire del medidor de flujo de gas. El caudal líquido se determinó llenando el
- 20 recipiente de líquido 912 con un volumen predeterminado de tensioactivo líquido 911 y midiendo el tiempo requerido para vaciar el recipiente para una presión de regulador particular y ajustes en las válvulas de aguja 918.
6. La etapa 5 se repitió con cada dispositivo de formación de espuma 915 usando un tensioactivo líquido 911 que comprende diferentes diluciones de Fairy líquido (que varía tanto la viscosidad como la tensión superficial).
7. Además, para cada dispositivo de formación de espuma 915 en el que se formó con éxito una microespuma en la
- 25 etapa 5, se usó el regulador de presión 904 para ajustar la presión de aire, y las válvulas de aguja 918a, 918b se ajustaron para variar el nivel de restricción de flujo para determinar qué caudales de tensioactivo líquido 911 y aire 914 dieron como resultado buenas microespumas, y que dieron como resultado una microespuma de baja calidad. Como se ha descrito anteriormente, una microespuma de buena calidad producida por un dispositivo de formación
- de espuma es generalmente lisa y continua sin la presencia de bolsas de aire, teniendo, por ejemplo, un diámetro de
- 30 burbuja medio inferior a 100 micrómetros, un volumen de fase gaseosa superior al 90 % y una desviación estándar de menos de 25 micrómetros. Los ejemplos de espumas de baja calidad producidas por los dispositivos de formación de espuma incluyen salpicadura intermitente de aire y espuma, líquido que tiene grandes burbujas, espumas que consisten en burbujas grandes, y espumas con bajas relaciones de gas con respecto a líquido.
8. A continuación, se repitió la etapa 7 con cada dispositivo de formación de espuma 915 usando un tensioactivo
- 35 líquido 911 que comprendía diferentes diluciones de Fairy líquido.

### Resultados

**[0145]** La Fig. 11 es un gráfico que ilustra el éxito de la producción de una microespuma utilizando un

40 dispositivo de formación de espuma particular 915 contra los parámetros clave del dispositivo de formación de espuma 915. La porosidad, o P, está representada en el eje x, mientras que el parámetro Y está representado en el eje y (donde Y es igual al área de superficie mojada " $A_{WS}$ " multiplicada por la longitud de flujo de dos fases  $L_{TP}$  y dividida por el volumen total V, que en este caso se ha simplificado a Área de superficie húmeda/Área en sección transversal, o la relación de la relación " $R_{WS-CS}$ " del área de superficie mojada " $A_{WS}$ " con respecto a la zona

45 transversal  $A_{CS}$ ). Se encontró que para parte del dispositivo de formación de espuma 915 no era posible crear una microespuma bajo ningún conjunto de condiciones de funcionamiento. Los dispositivos de formación de espuma fallidos 915 para los que se ha encontrado que no se pueden producir microespumas se indican en la gráfica usando marcadores circulares, mientras que el dispositivo de formación de espuma exitoso 915 para el que se encontró que se podría producir una microespuma se indica en la gráfica usando marcadores cuadrados.

50

**[0146]** Como se muestra, se encontró que los dispositivos de formación de espuma exitosos y no exitosos 915 forman dos grupos distintos sin solapamiento.

**[0147]** En la gráfica de la Fig. 11 se incluye una línea que representa el límite entre estos dos grupos. La ecuación de la línea es  $y = 1994(x) - 821,58$  (donde y es el área de superficie mojada/área en sección transversal y x es la porosidad del dispositivo de formación de espuma 915).

**[0148]** Por lo tanto, los dispositivos de formación de espuma que tienen dimensiones internas que se ajustan a  $y > 1994,5x + 821,58$ , y donde y es positivo, pueden utilizarse con éxito para producir una microespuma (una

espuma en la que el diámetro de burbuja medio es inferior a 100 micrómetros). Como apreciarán los expertos en la técnica, basándose en el gráfico de la Fig. 12, las constantes 1994,5 y 821,58 pueden variar hasta un 10 %.

5 [0149] La Fig. 12 es un gráfico que ilustra el éxito de la producción de una buena microespuma frente a las velocidades superficiales del tensioactivo líquido 911 y el aire 914. La velocidad superficial del líquido " $V_L$ " está representada en el eje X mientras que la velocidad superficial del gas " $V_G$ " está representada en el eje Y.

[0150] Como se muestra, se encontró que las buenas microespumas y las malas espumas forman dos grupos distintos sin solapamiento. La línea  $y = 18,397x + 507,420$  representa el límite entre estos dos grupos.

10 [0151] Por lo tanto, cuando  $y < 18,397x + 507,420$  se formó entonces una buena microespuma. Como apreciarán los expertos en la técnica, basándose en el gráfico de la Fig. 12, las constantes 18,397 y 507,420 pueden variar hasta un 10 %.

15 [0152] Adicionalmente, se encontró que si todos los parámetros del aparato fueran tales que los puntos de datos resultantes estuvieran en las regiones de "buena espuma" de la Fig. 12, entonces el aparato formó una microespuma lisa mientras la tensión superficial del tensioactivo líquido 911 estaba por debajo de 50 dinas/cm (pero preferiblemente en el intervalo de 20-30 dinas/cm).

20 [0153] Además, se encontró que si todos los parámetros del aparato fueran tales que los puntos de datos resultantes estuvieran en las regiones de "buena espuma" de la Fig. 12 entonces el aparato formaba una microespuma lisa siempre y cuando la viscosidad del tensioactivo líquido 911 estuviera por debajo de 200 c.P o más preferiblemente por debajo de 50 c.P.

25 [0154] Proporcionar dispositivos de formación de espuma en los que la sección de formación de espuma tiene dimensiones internas donde  $R_{WS-CS}$  no es menor de 1994 multiplicado por P y menos 821 permite ventajosamente a los expertos en la técnica producir una sección de formación de espuma que producirá con éxito una microespuma, seleccionando las configuraciones apropiadas del dispositivo de formación de espuma que cumplan esta condición.

30 [0155] Por ejemplo, si un parámetro particular de la sección de formación de espuma es fijo, digamos si las perlas 100a ilustradas en la Fig. 10 se usaron como elementos de mejora de espuma, entonces seleccionar una sección de formación de espuma con un diámetro interno de 3,175 mm y con una longitud de 80 mm garantizará que  $R_{WS-CS}$  no sea menor de 1994 multiplicado por P y menos 821 y, por lo tanto, la sección de formación de espuma  
35 permitirá la producción exitosa de una microespuma. Por el contrario, seleccionar una sección de formación de espuma con un diámetro interno de 3,175 mm y con una longitud de 60 mm no cumplirá los criterios de que  $R_{WS-CS}$  no sea menor que 1994 multiplicado por P y menos 821 y, por lo tanto, la sección de formación de espuma no permitirá la producción de una microespuma.

40 [0156] De manera similar, proporcionar un dispensador de espuma en el que " $V_G$ " no es mayor que 18,4 multiplicado por " $V_L$ " y sumado a 507,4, permite ventajosamente a los expertos en la técnica producir un dispensador de espuma que producirá una microespuma de buena calidad, seleccionando valores apropiados de presión de gas y/o líquido o restricciones en la línea de gas/líquido, o densidad o viscosidad de tensioactivo líquido, para asegurar que se cumple la condición anterior.

45 **Modificaciones y alternativas**

[0157] El gas utilizado en cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente puede comprender cualquier gas adecuado que no esté licuado a la presión operativa del gas, que es preferiblemente entre 0,1 bar y 25  
50 bar, y más preferiblemente entre 2 bar y 8 bar y, además, preferiblemente entre 4 bar y 6 bar.

[0158] Preferiblemente, la concentración de gas 13 en la solución de tensioactivo 11 es de 350 miligramos por kilogramo de solución de tensioactivo más o menos 50 miligramos por kilogramo, o la concentración puede ser inferior a 350 miligramos por kilogramo, o inferior a 100 miligramos por kilogramo de la solución de tensioactivo 11.

55 [0159] Las características deseadas predefinidas pueden incluir adicionalmente, o como alternativa, un volumen de fase gaseosa diana, que cumpla con un tamaño de burbuja medio diana, que cumpla con una desviación estándar diana, que cumpla con una concentración de burbuja diana por unidad de volumen, y/o que tenga una distribución de tamaño de burbuja diana.

**[0160]** La sección de formación de espuma que tiene elementos de mejora de la espuma como se ha descrito anteriormente puede configurarse adicionalmente o como alternativa para producir una espuma con las características deseables descritas proporcionando un medio para aumentar el área de superficie mojada "A<sub>WS</sub>" de la sección de formación de espuma 25, la relación del área de superficie mojada con respecto al volumen de espacio vacío de la sección de formación de espuma 25 y la relación del área de superficie mojada con respecto a la longitud de flujo de dos fases (véanse los comentarios sobre los parámetros identificados en la experimentación inicial en la Tabla 1). Preferiblemente, la sección de formación de espuma 25 se ajusta a al menos uno de los parámetros clave 1 a 4 enumerados en la Tabla 1 y, más preferiblemente, se ajusta a todos los parámetros 1 a 4. Se apreciará que, en otras realizaciones, se puede producir una espuma similar de alta calidad sin el uso de elementos de mejora de espuma 53. También se apreciará que para cualquiera de los parámetros enumerados en la Tabla 1 se puede elegir un valor (preferiblemente dentro del intervalo preferido dado) con el fin de producir una espuma que tenga una calidad deseada.

**[0161]** Si se utilizan elementos de mejora de espuma sustancialmente esféricos, tales como perlas, entonces si los elementos de mejora de espuma son todos del mismo tamaño, entonces la fracción de relleno máxima teórica es ~0,66 y, por lo tanto, la porosidad es ~0,33. Si se usan perlas de tamaño más pequeño que son todas del mismo diámetro, entonces el conjunto de perlas más pequeñas tendrá un área superficial más grande, pero la fracción de relleno permanecerá igual. Sin embargo, es posible disminuir la porosidad de la sección de formación de espuma aumentando la polidispersidad de los elementos de mejora de espuma, por ejemplo utilizando una mezcla de perlas de diferentes tamaños.

**[0162]** Se apreciará que aunque en la ilustración simplificada de la Fig. 1 la válvula 17 está situada aguas abajo de la sección de formación de espuma, es posible que el valor se proporcione en cualquier lugar adecuado, por ejemplo, aguas arriba de la sección de formación de espuma entre la sección de formación de espuma y un conector/colector T o Y, y adicionalmente o como alternativa se pueden proporcionar dos o más valores respectivamente en las líneas de gas y líquido, por ejemplo, como se ilustra en la Fig. 10.

**[0163]** Como se ha descrito anteriormente, puede proporcionarse un único receptáculo para contener tanto gas como tensioactivo líquido. En este caso, el gas y el tensioactivo líquido se proporcionan preferiblemente en una relación que asegura que el sistema se encuentre dentro del espacio paramétrico definido con referencia a la Fig. 12, donde se pueden producir espumas de buena calidad. El gas y el tensioactivo líquido se pueden convertir en una espuma gruesa (con burbujas de varios mm de tamaño o incluso mayores) sacudiendo el recipiente o pasando el gas y el tensioactivo líquido a través de una malla o uno o más orificios (que puede ser grandes en comparación con las dimensiones de las burbujas de la microespuma). Si el recipiente se presuriza y se alimenta a una sección de formación de espuma (con parámetros que se encuentran en el espacio paramétrico definido con referencia a la Fig. 11), entonces se puede producir una microespuma de buena calidad.

**[0164]** Aunque los elementos de mejora de la espuma 53, 153, 453 se han descrito como perlas generalmente esféricas de vidrio, los elementos de mejora de la espuma pueden ser generalmente bolas esféricas de cualquier otro material adecuado, tal como un material plástico, y pueden ser perlas de diferente forma, por ejemplo, generalmente cuboide, generalmente cilíndricas o generalmente cónicas. Los elementos de mejora de la espuma pueden comprender, como alternativa, cualesquiera otras características, por ejemplo, cerdas o salientes que se extienden desde la superficie interna del conducto de fluido a la trayectoria de flujo de la solución de tensioactivo y gas. Se apreciará que en una realización alternativa los elementos de mejora de la espuma pueden formarse como parte del propio conducto de fluido, por ejemplo, salientes que se extienden desde la superficie interior del conducto de fluido hasta la trayectoria de flujo de la solución de tensioactivo y gas. Además, los elementos de mejora de espuma pueden comprender como alternativa un único elemento de mejora de espuma, por ejemplo un material poroso.

**[0165]** Además, puede utilizarse cualquier combinación de diferentes tipos de elementos de mejora de espuma.

**[0166]** La sección de formación de espuma 25, 125, 425 puede no comprender ningún elemento de mejora de espuma 52, 153, 453. La sección de formación de espuma puede estar adaptada para mejorar la generación de espuma dentro de la sección de formación de espuma.

**[0167]** La sección de formación de espuma puede seguir una trayectoria serpentina, helicoidal u otra no lineal con el fin de aumentar la longitud de la sección de formación de espuma y aumentar la mezcla y posiblemente

inducir turbulencia en el flujo de solución de tensioactivo y gas a través del conducto de fluido, sin aumentar en gran medida el espacio que ocupa el conducto de fluido. Esto es especialmente beneficioso en realizaciones en las que la sección de formación de espuma se proporciona como un tubo largo y delgado sin contener ningún elemento de mejora de espuma.

5

**[0168]** La sección de formación de espuma puede proporcionarse como una sección distinta, y puede conectarse a la válvula y al colector, o a las partes de conducto de fluido situadas a ambos lados de la sección de formación de espuma. La sección de formación de espuma puede tener un diámetro más estrecho o más ancho que el resto del conducto de fluido.

10

**[0169]** Aunque los retenedores 65, 67, 465, 467 se describen como formados a partir de un material tipo malla, el experto en la técnica apreciará que los retenedores pueden adoptar cualquier forma adecuada siempre que permitan que la solución de tensioactivo y gas (junto con una espuma que comprende la solución de tensioactivo y el gas) pase a través de y también inhiba el movimiento de los elementos de mejora de espuma. Por ejemplo, cada retenedor puede comprender al menos una apertura dimensionada de tal manera que los elementos de mejora de espuma no puedan pasar a través de la apertura. Específicamente, el elemento de retención puede comprender un orificio que es más grande que los propios elementos de mejora de espuma, pero lo suficientemente pequeño para bloquear el movimiento de los elementos de mejora de espuma. Se ha encontrado que cuando los elementos de mejora de espuma son perlas de 1 mm de diámetro, el retenedor puede comprender un único orificio de 1,5 mm de diámetro, en el que el orificio está bloqueado por varias perlas de 1 mm que quedan atrapadas en su entrada.

15

20

**[0170]** En una realización alternativa, no se proporcionan retenedores, y en su lugar los elementos de mejora de espuma se mantienen en posición en la sección de formación de espuma en virtud de la fricción que existe entre los elementos de mejora de espuma y la superficie interna de la sección de formación de espuma y la fricción entre los propios elementos de mejora de espuma. En esta realización alternativa, los elementos de mejora de espuma se disponen dentro de la sección de formación de espuma de tal manera que la sección de formación de espuma experimenta alguna deformación en torno a los elementos de mejora de espuma, ayudando a mantener los elementos de mejora de de espuma en su sitio. Además, la sección de formación de espuma puede ser elástica y, como resultado, ejerce una fuerza de compresión sobre los elementos de mejora de espuma, aumentando la fricción entre la sección de formación de espuma y los elementos de mejora de espuma, así como entre los propios elementos de mejora de espuma.

25

30

**[0171]** En las figuras 2, 3 y 4 se muestra que los elementos de mejora de espuma 53, 153, 453 están dispuestos a lo largo de parte de la longitud de la sección de formación de espuma. Sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán que puede ser ventajoso proporcionar elementos de mejora de espuma a lo largo sustancialmente de toda la longitud de la sección de formación de espuma.

35

**[0172]** Se describe anteriormente que la sección de formación de espuma 25, 125, 425 se extiende desde la bifurcación del conducto de fluido hasta el extremo del conducto de fluido distal de la bifurcación, por ejemplo, el punto de conexión entre el conducto de fluido y la válvula. Como alternativa, la sección de formación de espuma puede extenderse sustancialmente por la totalidad de la longitud de flujo de dos fases del dispositivo dispensador, siendo la longitud de flujo de dos fases la distancia que la mezcla gas/tensioactivo se desplaza desde el punto de bifurcación hasta el punto de dispensación (por ejemplo, la boquilla del actuador), siempre y cuando la relación del área de superficie mojada con respecto al volumen de espacio vacío se mantenga por encima de  $4 \text{ mm}^2/\text{mm}^3$ .

40

45

**[0173]** Las válvulas a las que se hace referencia en la descripción anterior pueden comprender cualquier tipo de válvula adecuada no limitada a los tipos de válvulas ilustradas en las figuras.

**[0174]** Aunque en las realizaciones anteriores el gas utilizado como propulsor se ha descrito como gas comprimido, se puede usar un gas licuado en lugar de o además de un gas comprimido como propulsor.

50

**[0175]** El gas propulsor comprimido puede comprender cualquier gas adecuado, por ejemplo aire, nitrógeno, óxido nitroso, oxígeno o gas noble. Además, se puede usar gas disuelto (por ejemplo, dióxido de carbono u óxido nitroso) en lugar, o además, de gas comprimido, mejorando además ventajosamente la calidad de la espuma producida por el dispositivo dispensador.

55

**[0176]** Aunque la Fig. 3 ilustra que la entrada de gas y el gas 123 se proporcionan en el recipiente 137, en una realización alternativa, la entrada de gas puede proporcionarse externamente del recipiente 137 como se ilustra en la Fig. 8. La Fig. 8 es una ilustración simplificada de una sección a través de un dispositivo dispensador 220 de

acuerdo con esta realización alternativa. En esta realización, el recipiente 137 no contiene ningún suministro de gas sustancial. En su lugar, el gas usado para crear una espuma se toma del aire ambiente que rodea al dispositivo dispensador 220, utilizando la entrada de gas externa 135. La entrada de gas 135 puede incluir un valor unidireccional con el fin de evitar que el aire o la solución de tensioactivo escape de la entrada de gas. Esta  
5 realización del dispositivo dispensador podría usarse junto con un mecanismo de bombeo accionado a mano con el fin de proporcionar un espumador de cabeza de gatillo accionado manualmente.

**[0177]** Los dispositivos de distribución, el sistema y la sección de formación de espuma descritos se pueden utilizar como parte de un módulo en un aparato más grande para crear espuma, por ejemplo, un dispensador de  
10 jabón de espuma montado en la pared o un espumador de leche.

**[0178]** Los dispositivos dispensadores, el sistema y la sección de formación de espuma descritos también pueden usarse en un aparato accionado por aire o vapor o incorporarse en una vaina desechable para generar espumas. Esto permitirá la generación de espumas (por ejemplo, espumas lácteas) sin el requisito de sifones  
15 desechables. Por ejemplo, la sección de formación de espuma podría formar parte de una vaina que contiene leche o saporífero. La vaina se puede insertar en un aparato, para crear un batido espumoso o leche espumosa para cubrir un café.

**[0179]** El sistema dispensador, los dispositivos y la sección de formación de espuma pueden usarse para  
20 generar emulsiones, que comprenden una suspensión de glóbulos de un primer líquido dentro de un segundo líquido, en el que el primer líquido no es miscible. Las entradas de gas y líquido podrían utilizarse como entradas para el primer y el segundo líquidos, respectivamente. Si es necesario, el receptáculo 37, 137 podría modificarse para mantener el primer y el segundo líquidos en secciones separadas. El paso del primer y segundo líquidos a  
25 través de una sección de formación de espuma 25, 125, 425 mejora ventajosamente la mezcla del primer y segundo líquidos, produciendo una emulsión bien mezclada y homogénea, formando el primer líquido pequeños glóbulos. De este modo, será posible generar emulsiones bajo demanda, tales como emulsiones para aplicaciones médicas. Esto permitirá la generación de emulsiones en el punto de uso y, por lo tanto, relajará los requisitos de estabilidad en muchos productos de emulsión.

30 **[0180]** Específicamente, las emulsiones se podrían crear bajo demanda en un aerosol, vaina reutilizable o aparato, para crear, por ejemplo, aderezos para ensaladas, cremas para la piel, microemulsiones antimicrobianas, emulsiones farmacéuticas, champús, acondicionadores y pinturas.

**[0181]** El presente sistema dispensador y los dispositivos, pueden utilizarse para producir un aerosol, que  
35 comprende una suspensión de gotitas de líquido en un gas. La solución de tensioactivo podría reemplazarse con un líquido para su expulsión como un aerosol, y se podría usar un propulsor de gas licuado en lugar, o además, de un gas comprimido. El paso del líquido y el gas a través de la sección de formación de espuma mejorará ventajosamente la mezcla del líquido-gas para producir un aerosol fino de gotitas de líquido muy pequeñas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispensador para producir una microespuma sin requerir el uso de gas licuado, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador:
- 5 un receptáculo (11) para contener una solución de tensioactivo; medios (13) para suministrar un gas; medios para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de una trayectoria de flujo hacia dicha salida;
- 10 en el que dichos medios de transporte comprenden un conducto que tiene una sección de formación de espuma (15) para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; en el que dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas que comprenden un área de superficie mojada interna "A<sub>WS</sub>", una longitud de flujo de dos fases L<sub>TP</sub>, un volumen total V y una porosidad "P"; y en el que dichas dimensiones internas están **caracterizadas por** una relación entre un parámetro Y igual al área de superficie mojada "A<sub>WS</sub>" multiplicada por la longitud de flujo de dos fases L<sub>TP</sub> y dividida por el volumen V, la porosidad "P", y las constantes K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub>, en las que Y es positivo y no menor de K<sub>1</sub> multiplicado por P y menos K<sub>2</sub> y las constantes K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub> tienen los valores 1994 y 821 respectivamente dentro de una tolerancia del 10 %.
- 15
2. El dispensador según la reivindicación 1, en el que dicha sección de formación de espuma comprende al menos un elemento de mejora de espuma (53) dispuesto en dicha trayectoria de flujo; y en el que dichas dimensiones internas de la sección de formación de espuma están proporcionadas, al menos en parte, por al menos un elemento de mejora de espuma (53).
- 20
3. El dispensador según la reivindicación 2, en el que dicho al menos un elemento de mejora de espuma (53) comprende al menos uno de:
- 25 un elemento generalmente esférico; un elemento generalmente cuboide; un elemento generalmente cilíndrico; un elemento generalmente cónico; un elemento poroso; y un elemento que se extiende desde una superficie interna de la sección de formación de espuma en dicha trayectoria de flujo.
- 30
4. El distribuidor según la reivindicación 2 o 3, en el que dicha sección de formación de espuma comprende además al menos un elemento de retención (67) para retener el al menos un elemento de mejora de espuma (53) dentro de la sección de formación de espuma.
- 35
5. El dispensador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dichas dimensiones internas comprenden al menos una de: un área de superficie mojada de más de 1800 milímetros cuadrados;
- un área de superficie humedecida de más de 3000 milímetros cuadrados; y un área de superficie humedecida entre 4500 y 6000 milímetros cuadrados.
- 40
6. El dispensador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dichas dimensiones internas comprenden al menos una de: una relación de área de superficie mojada con respecto al volumen espacial en vacío de más de 4 milímetros cuadrados por milímetro cúbico;
- 45 una relación de área de superficie mojada con respecto a un volumen de espacio vacío de más de 16 milímetros cuadrados por milímetro cúbico; y una relación de área de superficie mojada con respecto a un volumen de espacio vacío de entre 20 y 25 milímetros cuadrados por milímetro cúbico.
- 50
7. El dispensador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que dichas dimensiones internas comprenden al menos una de: una relación de área de superficie mojada con respecto a una longitud de flujo de dos fases de más de 3 milímetros cuadrados por milímetro;
- una relación de área de superficie mojada con respecto a una longitud de flujo de dos fases de más de  $\pi$  milímetros cuadrados por milímetro; y una relación de área de superficie mojada con respecto a una longitud de flujo de dos fases de más de 8 milímetros cuadrados por milímetro.
- 55
8. El dispensador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dichas dimensiones internas

comprenden al menos una de: una longitud de flujo de dos fases de más de 40 milímetros;

una longitud de flujo de dos fases se más de 60 milímetros.  
una longitud de flujo de dos fases se más de 1200 milímetros.

5

9. El dispensador según cualquier reivindicación anterior, que comprende además:

medios para aplicar presión a la solución de tensioactivo en dicho receptáculo para accionar dicha solución de tensioactivo a lo largo de dicho conducto y hacia dicha sección de formación de espuma y para conducir la espuma generada por dicha sección de formación de espuma hasta dicha salida.

10

10. El dispensador según la reivindicación 9, en el que dichos medios de aplicación de presión se proporcionan por dicho gas que se mantiene bajo presión dentro de dicho receptáculo.

15

11. El dispensador según la reivindicación 10, en el que dicho gas se mantiene a una presión de entre 0,1 bar y 25 bar, y/o

en el que dicho gas se mantiene a una presión de entre 0,3 bar y 8 bar.

20

12. El dispensador según la reivindicación 10 o 11, en el que la concentración de dicho gas en dicha solución de tensioactivo es inferior a 350 miligramos por kilogramo de dicha solución de tensioactivo.

13. El dispensador según cualquier reivindicación anterior, en el que dicho gas comprende un gas no licuado.

25

14. El dispensador según la reivindicación 13, en el que dicho gas no licuado comprende al menos uno de: aire, nitrógeno, dióxido de carbono, uno o más gases nobles, óxido nitroso, oxígeno.

30

15. El dispensador según cualquier reivindicación anterior, en el que dichos medios de transporte comprenden un tubo bifurcado que tiene una entrada de gas y una entrada de solución de tensioactivo que se encuentran en un punto de bifurcación en el que dicho gas y dicha solución de tensioactivo se mezclan, en operación, antes de entrar en la sección de formación de espuma.

35

16. El dispensador según la reivindicación 15, en el que dicha entrada de gas y dicha entrada de solución de tensioactivo están separadas verticalmente entre sí.

17. El dispensador según la reivindicación 15 o 16, en el que dicho punto de bifurcación está configurado para permanecer generalmente por debajo del nivel de líquido de la solución de tensioactivo.

40

18. El dispensador según cualquier reivindicación anterior, en el que el dispensador está configurado para producir una espuma sin usar compuestos orgánicos volátiles, VOC.

19. El dispensador según cualquier reivindicación anterior, en el que dichas dimensiones internas están configuradas para producir una microespuma que tiene una calidad **caracterizada por** límites predefinidos.

45

20. El dispensador según la reivindicación 19, en el que dichos límites predefinidos comprenden al menos uno de: un diámetro de burbuja medio de menos de 100 micrómetros;

un diámetro de burbuja medio de menos de 60 micrómetros; y

50

un diámetro de burbuja medio de entre 30 y 70 micrómetros.

21. El dispensador según cualquiera de las reivindicaciones 19 a 20, en el que dichos límites predefinidos comprenden al menos uno de: una uniformidad **caracterizada por** una desviación estándar de menos de 35 micrómetros;

55

una uniformidad **caracterizada por** una desviación estándar de menos de 25 micrómetros;

una uniformidad **caracterizada por** una desviación estándar de entre 10 y 35 micrómetros;

una uniformidad **caracterizada por** una desviación estándar de menos del 60 % del diámetro de burbuja medio; y

una uniformidad **caracterizada por** una desviación estándar de menos del 50 % del diámetro de burbuja medio.

22. El dispensador según cualquier reivindicación anterior, en el que el receptáculo contiene una solución de tensioactivo que tiene una tensión superficial de menos de 50 dinas/cm.
- 5 23. El dispensador según cualquier reivindicación anterior, en el que el receptáculo contiene una solución de tensioactivo que tiene una viscosidad por debajo de 200 c.P; y/o una viscosidad por debajo de 50 c.P.
24. El dispensador según cualquier reivindicación anterior, en el que dichos medios de suministro de gas  
10 (13) y dichos medios de transporte son operables para proporcionar dicho gas y dicha solución de tensioactivo a la sección de formación de espuma con características de fluido que comprenden una velocidad superficial de gas " $V_G$ " y una velocidad superficial de líquido " $V_L$ ";
- en el que dichas características de fluido están **caracterizadas por** una relación entre la velocidad superficial de gas  
15 " $V_G$ ", la velocidad superficial de líquido " $V_L$ ", y las constantes  $C_1$  y  $C_2$ , en el que  $V_G$  no es más de  $C_1$  multiplicado por  $V_L$  y sumado a  $C_2$ , y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  tienen valores de 18,4 y 507,4 respectivamente dentro de una tolerancia del 10 %.
25. Un dispensador según la reivindicación 24, en el que dichos medios de suministro de gas (13) y dichos  
20 medios de transporte son operables para proporcionar dicho gas y dicha solución de tensioactivo a la sección de formación de espuma con características de flujo de fluido **caracterizadas por** dicha relación entre la velocidad superficial de gas " $V_G$ ", la velocidad superficial de líquido " $V_L$ ", y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  por medio de ajuste de al menos uno de:
- 25 una presión aplicada a al menos uno del gas y la solución de tensioactivo;  
un diámetro de una trayectoria de flujo de fluido.
26. Un elemento de formación de espuma para un dispensador de espuma según cualquier reivindicación  
30 anterior, para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, comprendiendo dicho elemento de formación de espuma:
- medios para transportar una solución de tensioactivo desde un receptáculo (11) y un gas a lo largo de una trayectoria de flujo;
- 35 en el que dichos medios de transporte comprenden un conducto que tiene una sección de formación de espuma (15) para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas;
- en el que dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas que comprenden un área de superficie  
40 mojada interna " $A_{WS}$ ", una longitud de flujo de dos fases  $L_{TP}$ , un volumen total  $V$  y una porosidad " $P$ "; y
- en el que dichas dimensiones internas están **caracterizadas por** una relación entre un parámetro  $Y$  igual al área de superficie mojada " $A_{WS}$ " multiplicada por la longitud de flujo de dos fases  $L_{TP}$  y dividida por el volumen  $V$ , la porosidad " $P$ ", y las constantes  $K_1$  y  $K_2$ , en las que  $Y$  es positivo y no menor de  $K_1$  multiplicado por  $P$  y menos  $K_2$  y las constantes  $K_1$  y  $K_2$  tienen los valores 1994 y 821 respectivamente dentro de una tolerancia del 10 %.  
45
27. Un método para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, utilizando un dispensador de espuma según la reivindicación 1 o 25, o utilizando un componente de formación de espuma según la reivindicación 26.
- 50 28. Una espuma producida sin requerir el uso de gas licuado, utilizando un dispensador de espuma según la reivindicación 1 o 25, o utilizando un componente de formación de espuma según la reivindicación 26.
29. La espuma según la reivindicación 28, en la que dicha espuma comprende al menos uno de uno de los siguientes límites:  
55
- un diámetro de burbuja medio de menos de 70 micrómetros; un diámetro de burbuja medio de menos de 60 micrómetros; un diámetro de burbuja medio de entre 30 y 70 micrómetros; una desviación estándar de menos de 35 micrómetros; una desviación estándar de menos de 25 micrómetros; una desviación estándar de entre 10 y 35 micrómetros.

30. Un método para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, comprendiendo dicho método:

- 5 contener, un receptáculo (11), una solución de tensioactivo;  
 transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y un gas de un suministro de gas a lo largo de una trayectoria de flujo hacia una salida;  
 en el que dicha etapa de transporte comprende transportar dicha solución de tensioactivo y dicho gas en un conducto que tiene una sección de formación de espuma (15) para generar dicha espuma a partir de dicha solución  
 10 de tensioactivo y dicho gas;  
 en el que dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas que comprenden un área de superficie mojada interna "A<sub>WS</sub>", una longitud de flujo de dos fases L<sub>TP</sub>, un volumen total V y una porosidad "P"; y  
 en el que dichas dimensiones internas están **caracterizadas por** una relación entre un parámetro Y igual al área de superficie mojada "A<sub>WS</sub>" multiplicada por la longitud de flujo de dos fases L<sub>TP</sub> y dividida por el volumen V, la  
 15 porosidad "P", y las constantes K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub>, en las que Y es positivo y no menor de K<sub>1</sub> multiplicado por P y menos K<sub>2</sub> y las constantes K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub> tienen los valores 1994 y 821 respectivamente dentro de una tolerancia del 10 %.

31. Un método según la reivindicación 30, en el que dicho gas y dicha solución de tensioactivo se proporcionan a la sección de formación de espuma con características de flujo de fluido **caracterizadas por** dicha  
 20 relación entre la velocidad superficial de gas "V<sub>G</sub>", la velocidad superficial de líquido "V<sub>L</sub>", y las constantes C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub> por medio de ajuste de al menos uno de:

una presión aplicada a al menos uno del gas y la solución de tensioactivo;  
 un diámetro de una trayectoria de flujo de fluido.

25

32. Un dispensador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 25, comprendiendo dicho dispensador:

- un receptáculo (11) para contener una solución de tensioactivo;  
 un suministro de gas para suministrar un gas;  
 30 un canal para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de una trayectoria de flujo hacia dicha salida;  
 en el que dicho canal comprende un conducto que tiene una sección de formación de espuma (15) para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas;  
 en el que dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas que comprenden un área de superficie  
 35 mojada interna "A<sub>WS</sub>", una longitud de flujo de dos fases L<sub>TP</sub>, un volumen total V y una porosidad "P"; y  
 en el que dichas dimensiones internas están **caracterizadas por** una relación entre un parámetro Y igual al área de superficie mojada "A<sub>WS</sub>" multiplicada por la longitud de flujo de dos fases L<sub>TP</sub> y dividida por el volumen V, la porosidad "P", y las constantes K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub>, en las que Y es positivo y no menor de K<sub>1</sub> multiplicado por P y menos K<sub>2</sub> y las constantes K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub> tienen los valores 1994 y 821 respectivamente dentro de una tolerancia del 10 %,
 40

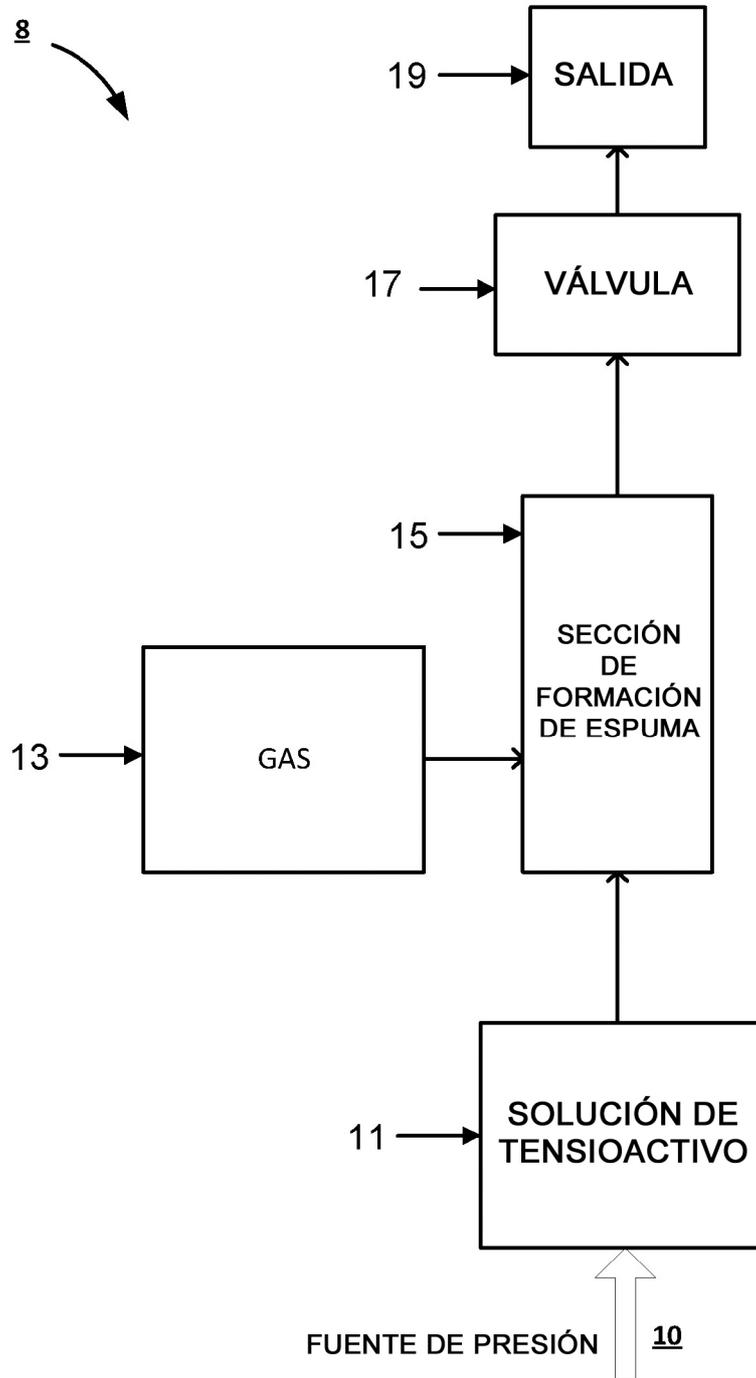


Figura 1

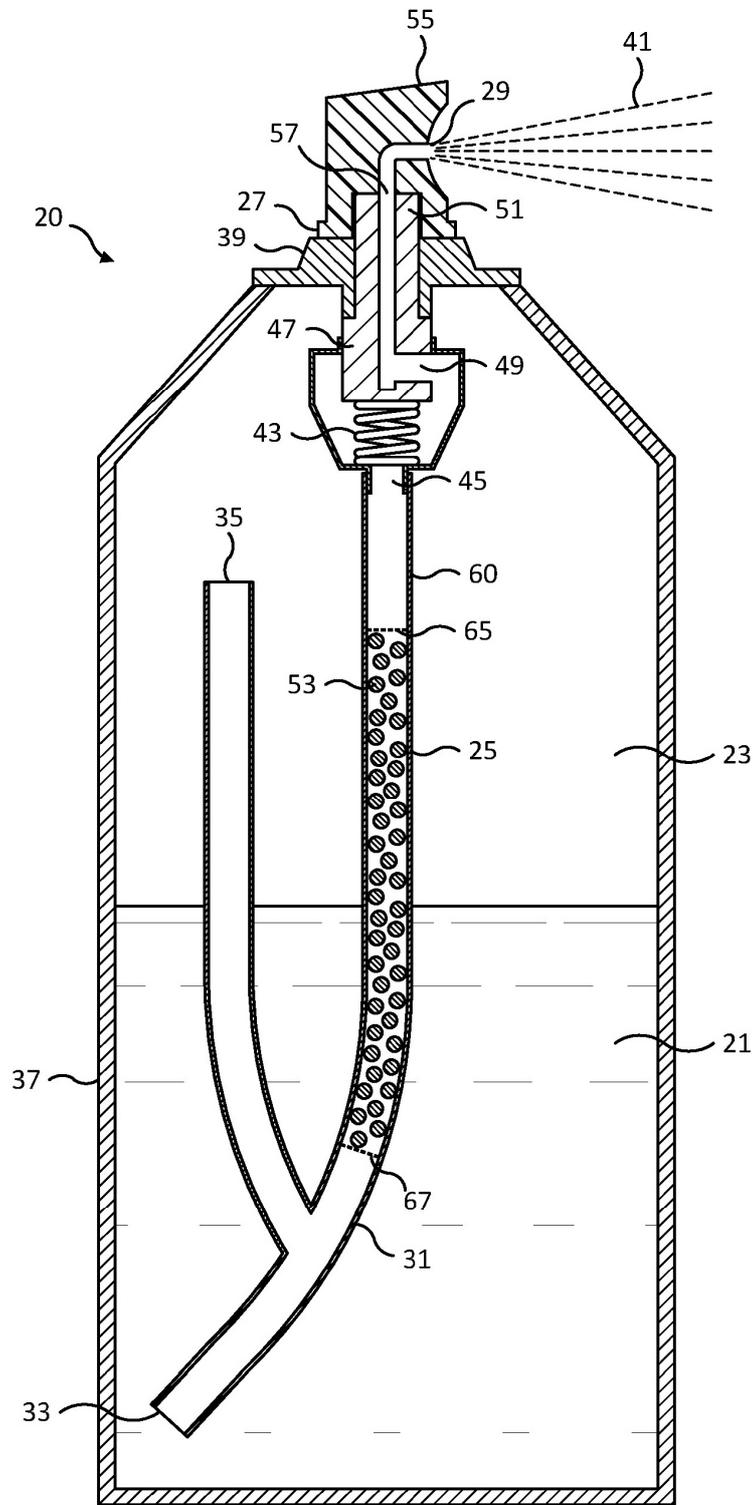


Figura 2

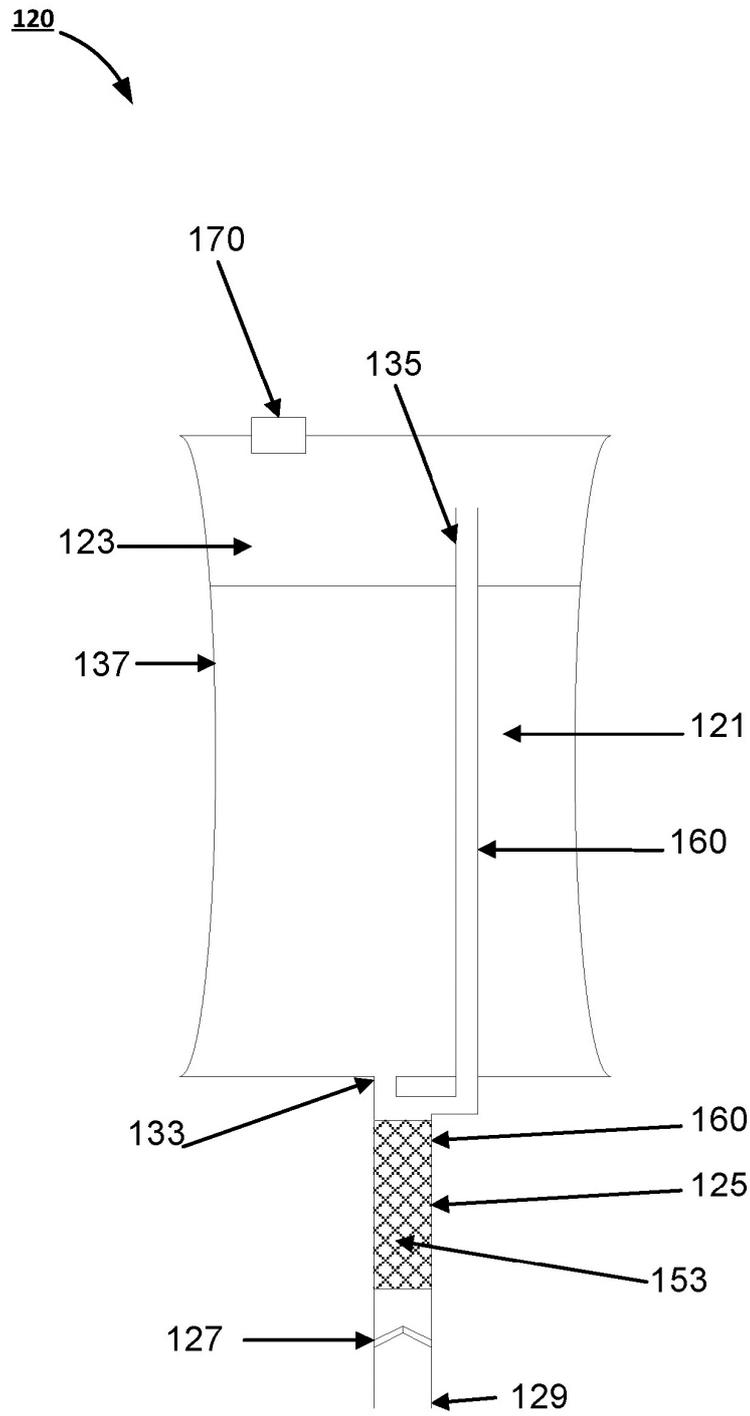


Figura 3

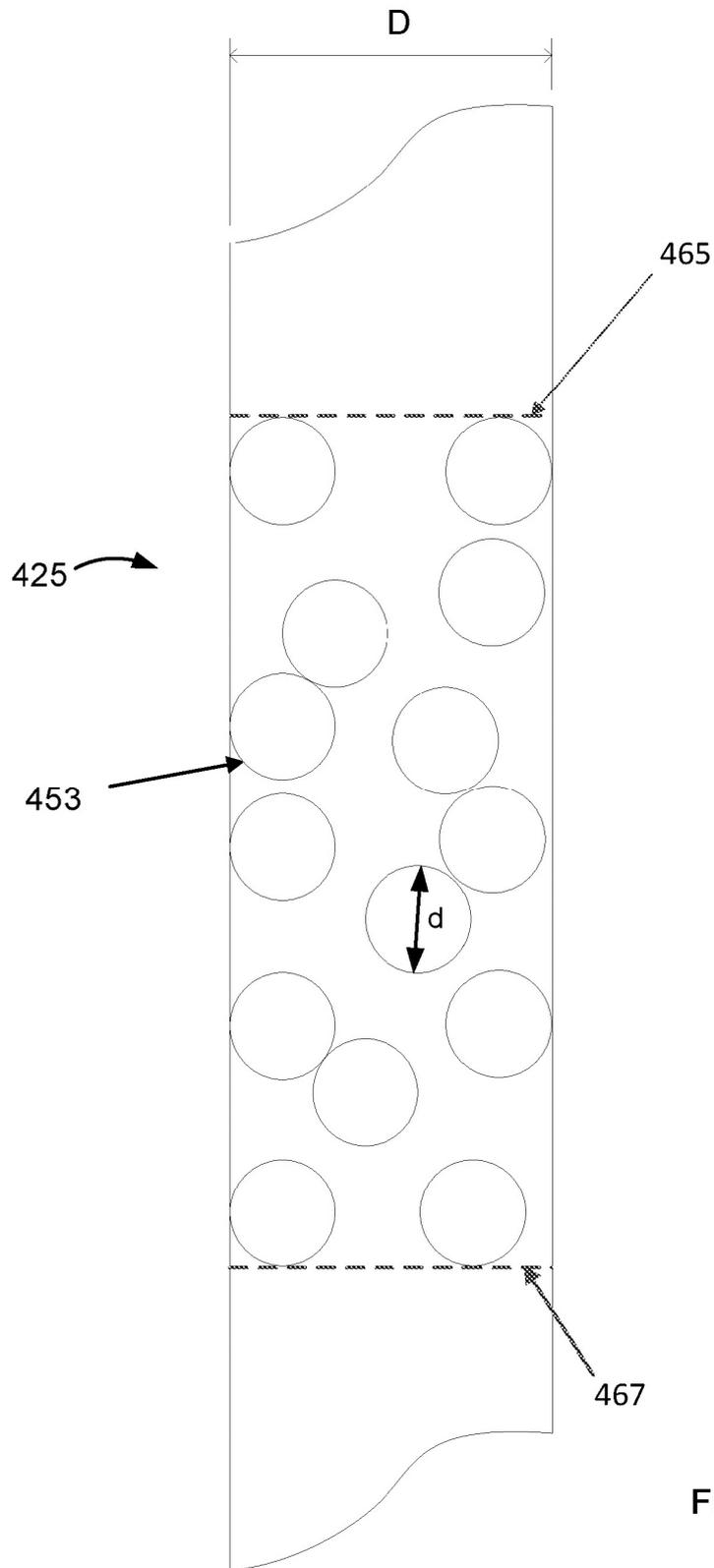


Figura 4

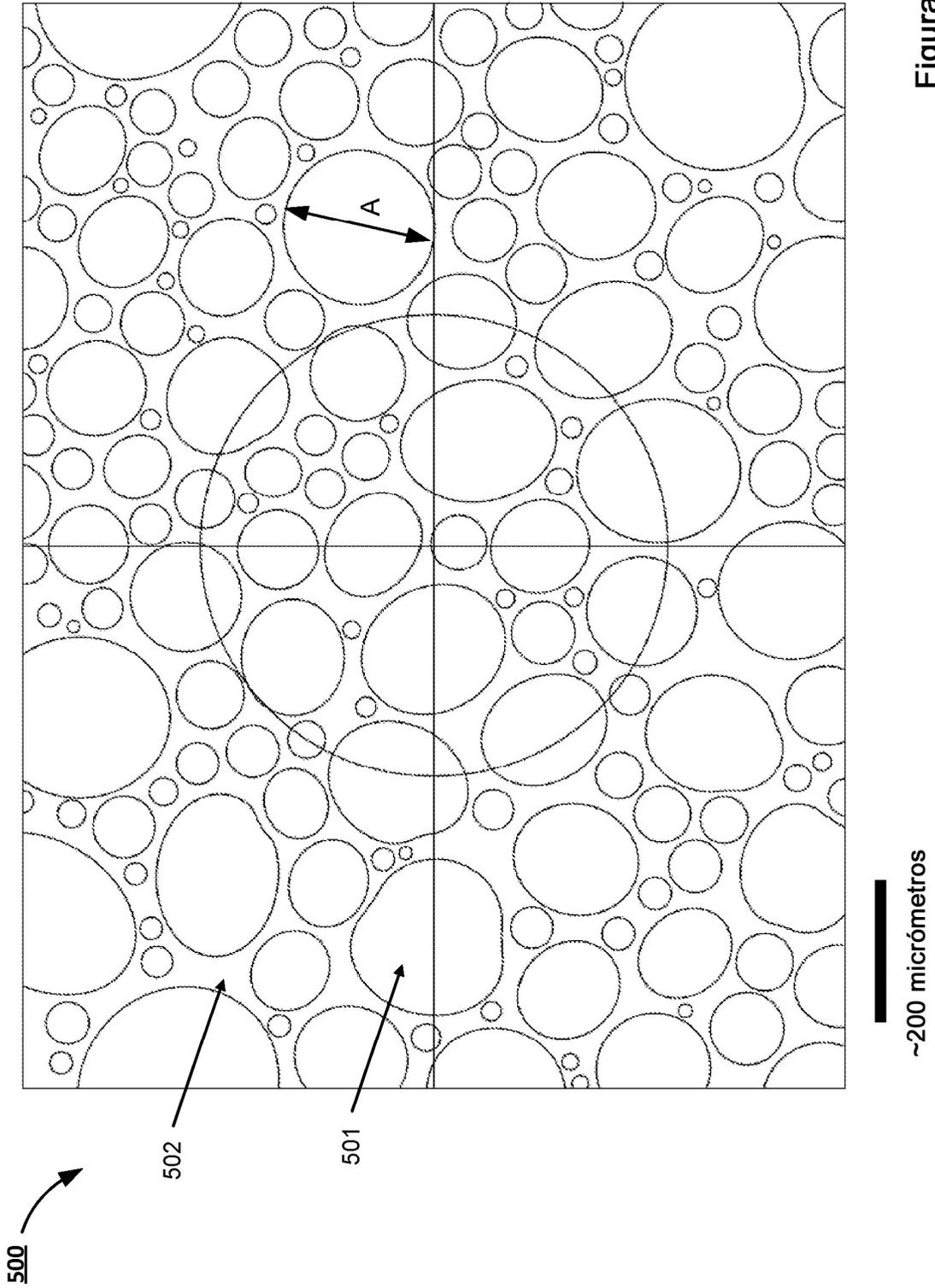


Figura 5

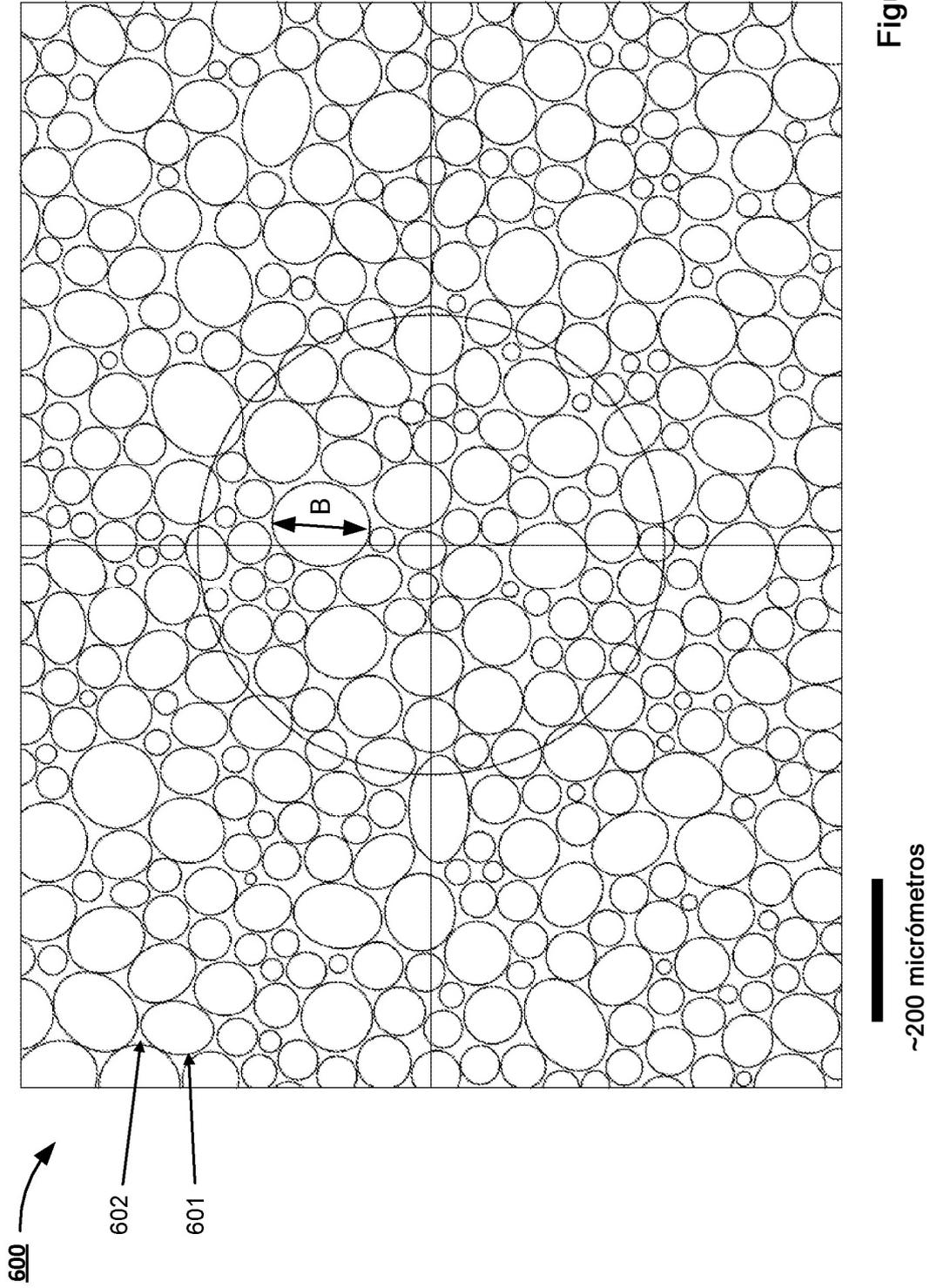


Figura 6

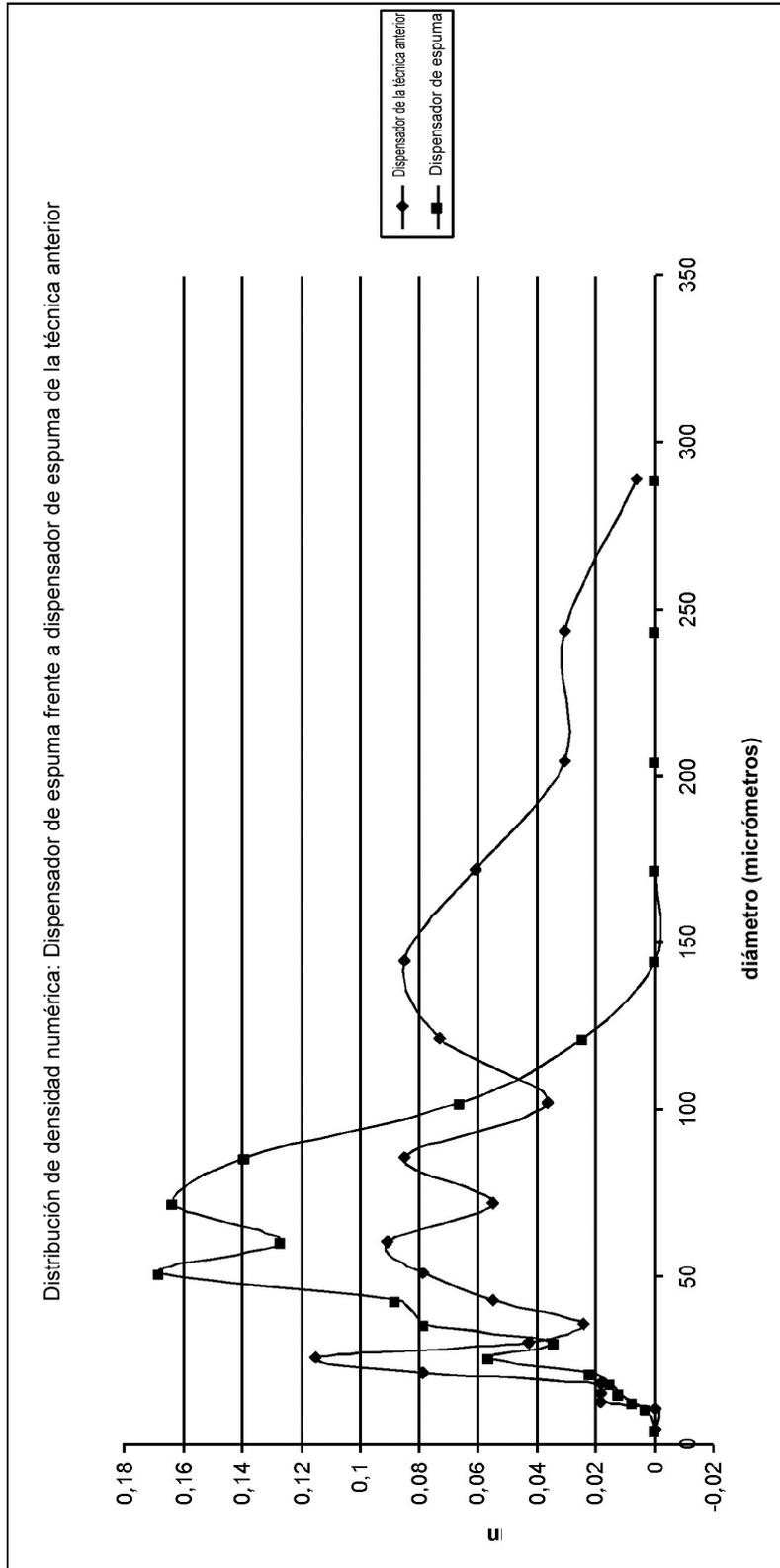


Figura 7

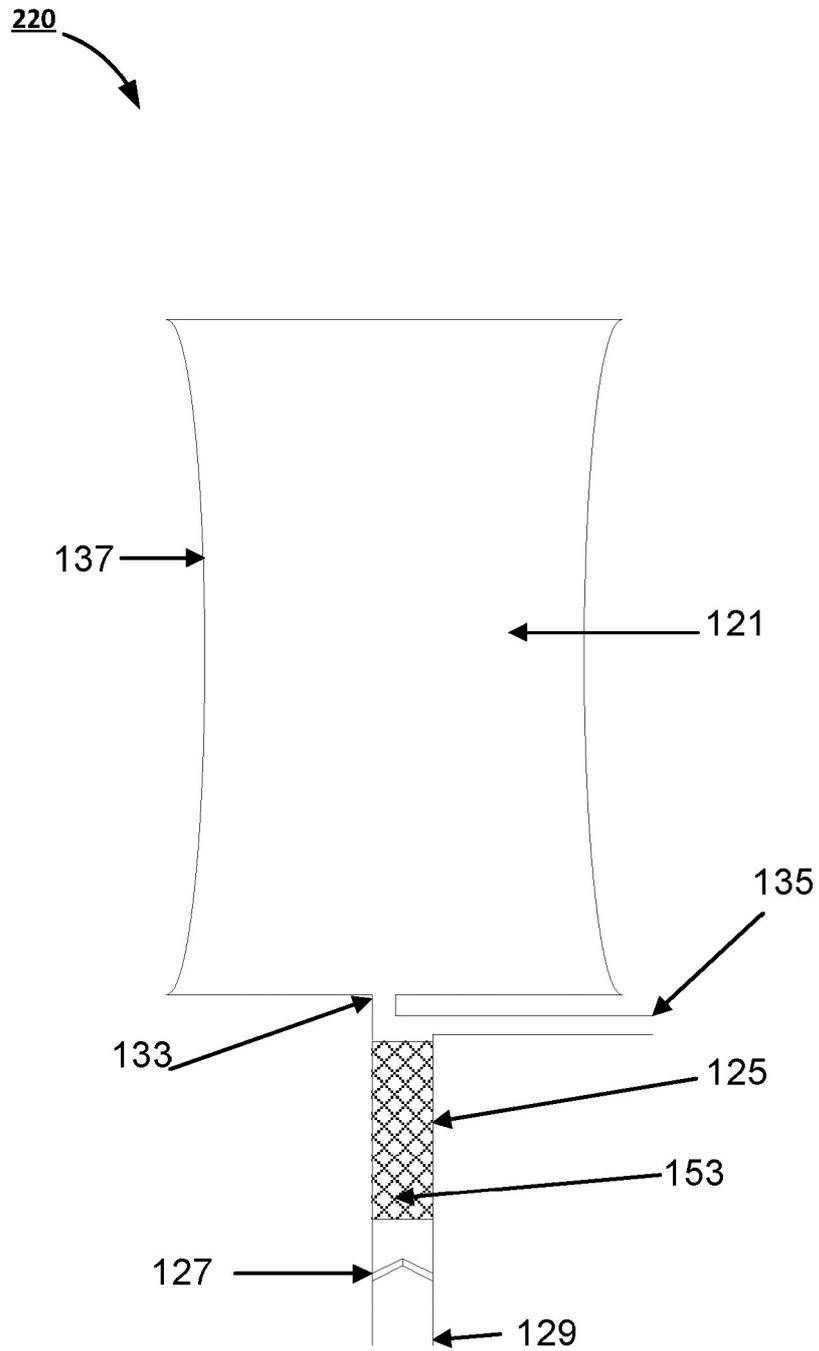


Figura 8

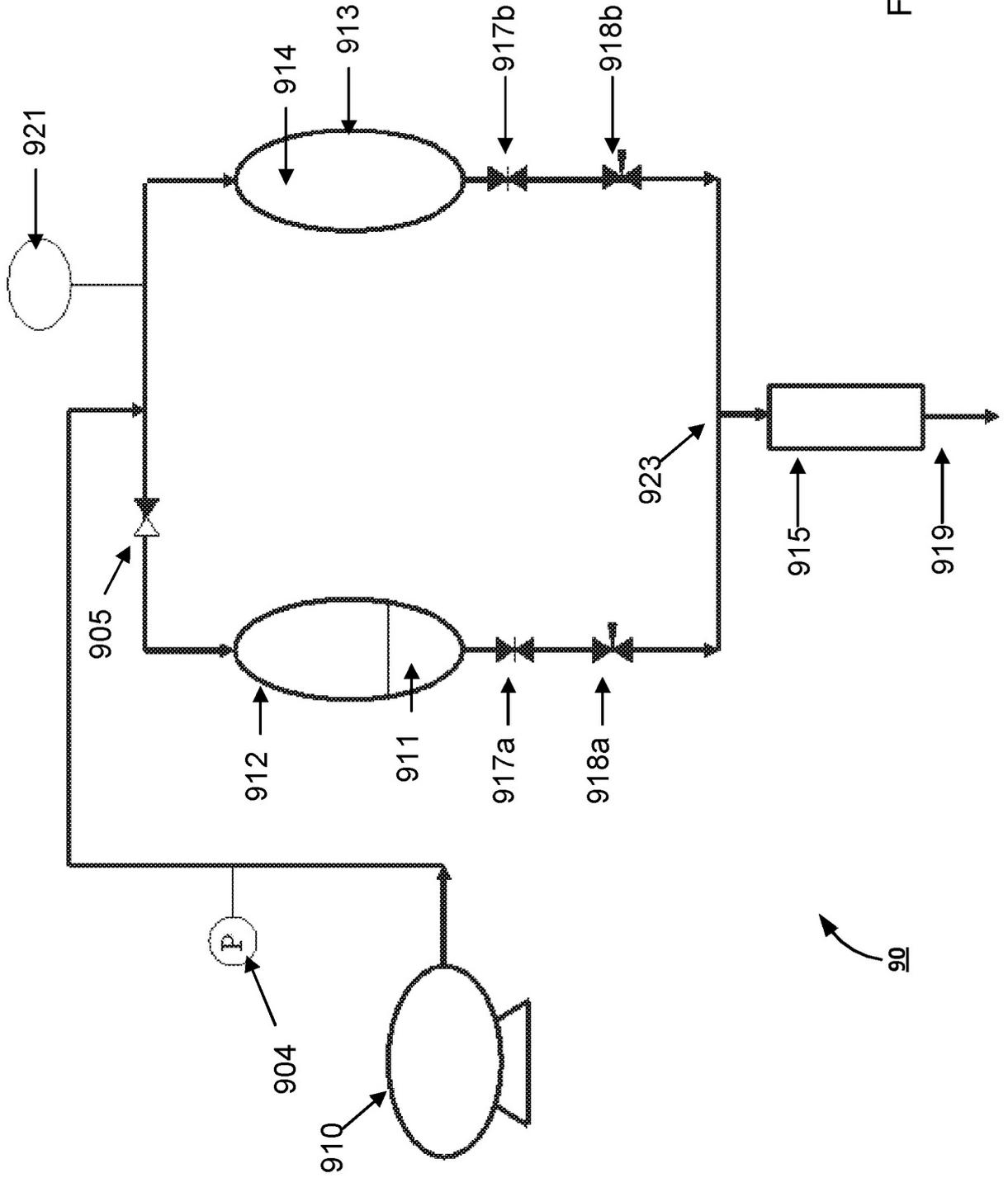


Figura 9

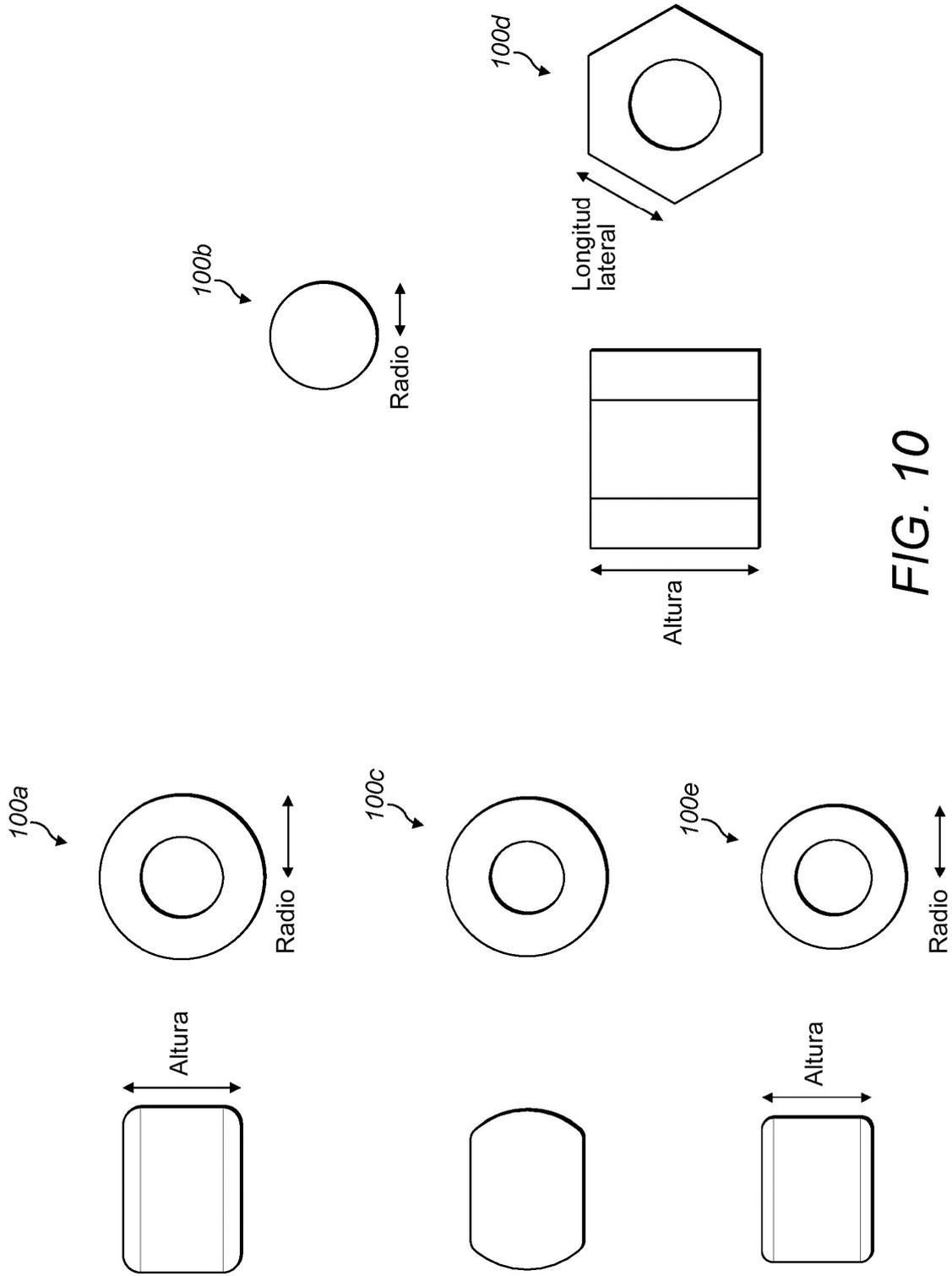


FIG. 10

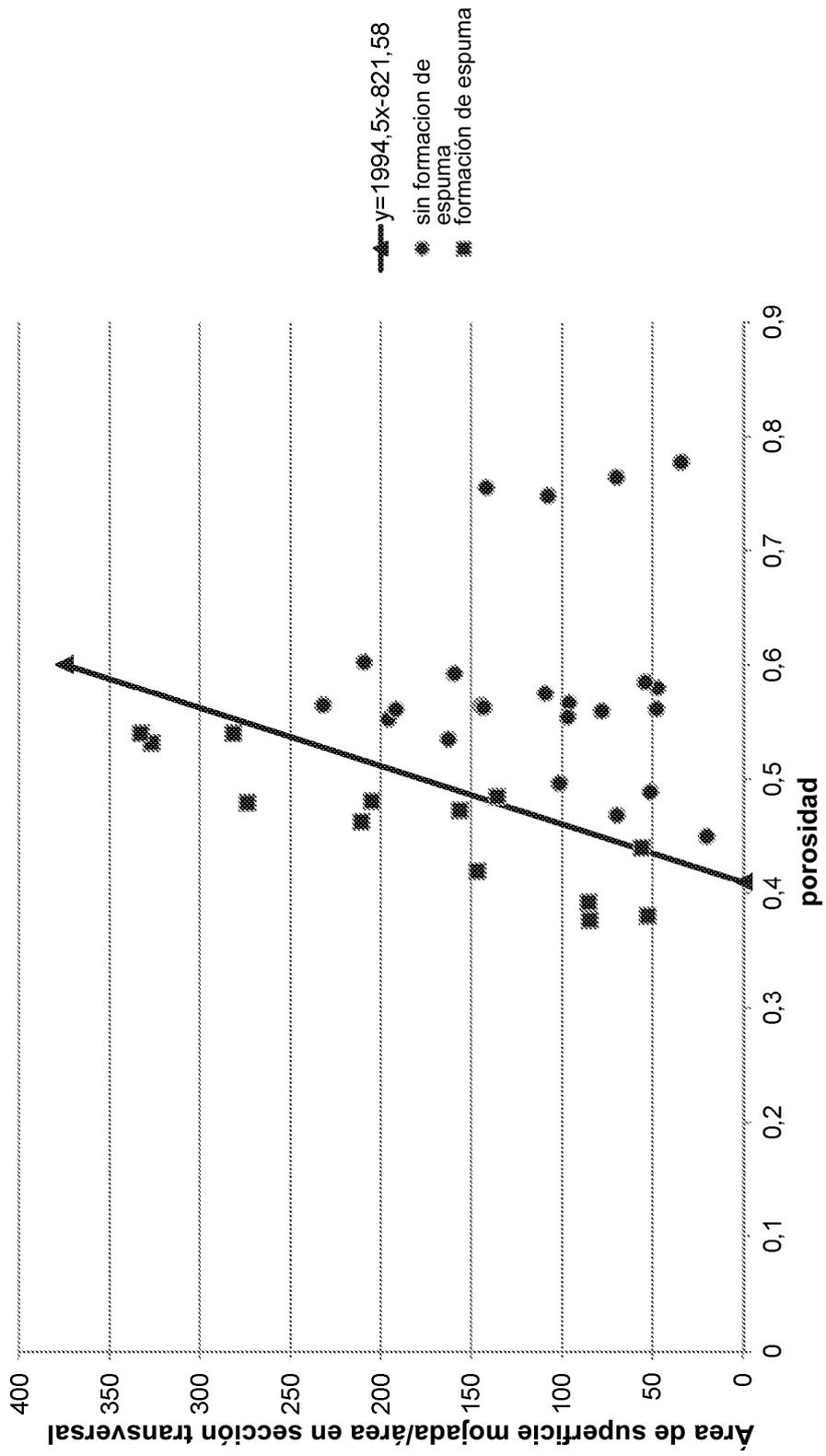


Figura 11

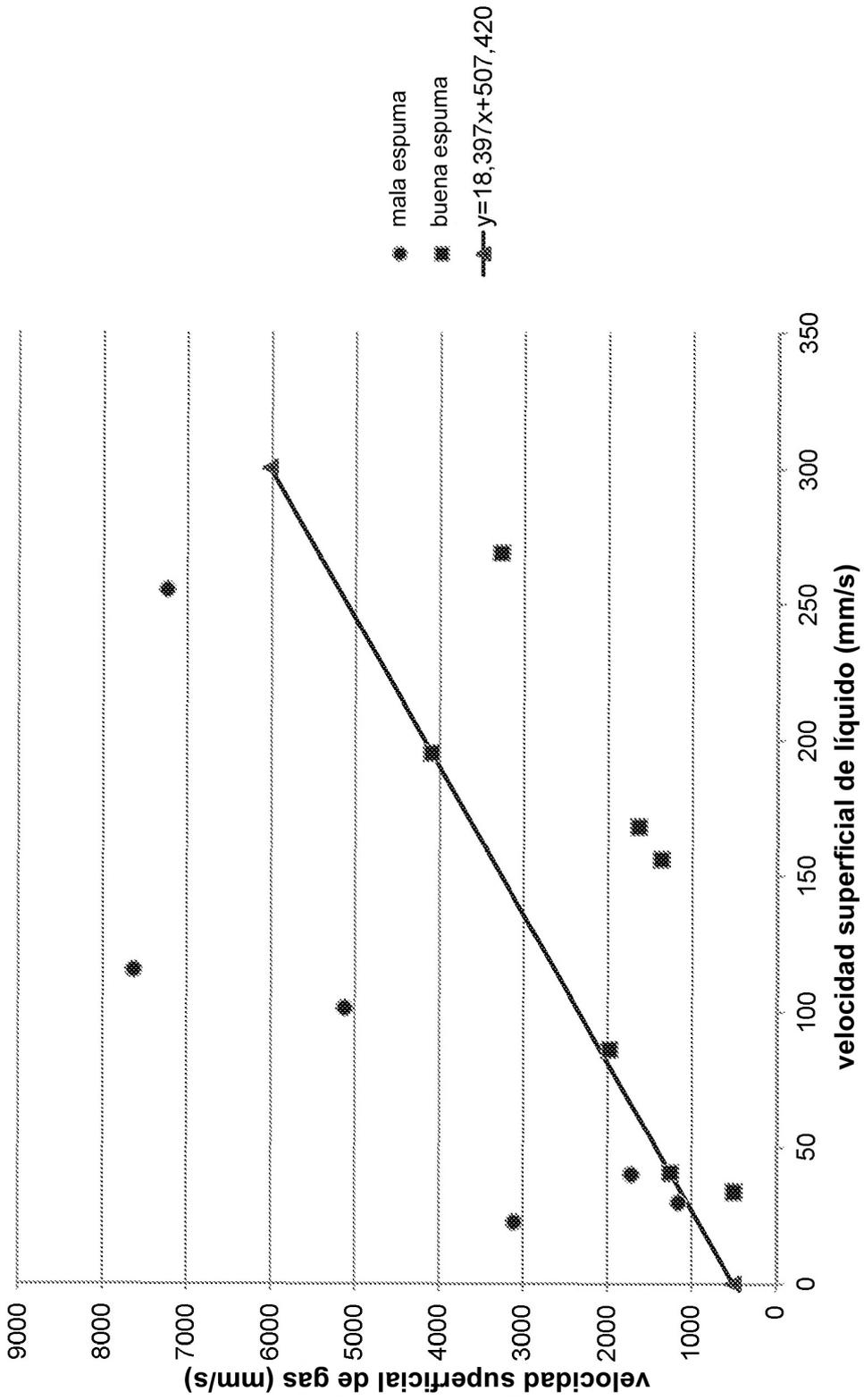


Figura 12