

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 788 164**

51 Int. Cl.:

B05B 7/04 (2006.01)

B05B 7/06 (2006.01)

B01F 5/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.04.2016 PCT/US2016/028139**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.10.2016 WO16168836**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.04.2016 E 16781012 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 3268306**

54 Título: **Aparato para la generación de nanopartículas**

30 Prioridad:

16.04.2015 US 201562148597 P

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

20.10.2020

73 Titular/es:

**NANOVAPOR INC. (100.0%)
2408 Timberloch Place, Suite B-1
The Woodlands, Texas 77380, US**

72 Inventor/es:

**UNRAU, CHAD JAMES y
RICE, JAMES LEONARD**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 788 164 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

Aparato para la generación de nanopartículas

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere, generalmente, al campo de la generación de nanopartículas y, más particularmente, a boquillas de múltiples fases y tubos Venturi con diseños modificados para la generación y distribución de aerosoles de nanopartículas.

10

Antecedentes de la invención

Las nanopartículas son útiles en muchas aplicaciones, tales como recubrimientos, descontaminación medioambiental y similares, debido a su pequeño tamaño. Sin embargo, las nanopartículas son difíciles de crear a partir de un líquido a granel. De hecho, no se pueden crear nanopartículas a partir de boquillas de atomización convencionales o de muchas boquillas de atomización de una fase individual o múltiples fases. En los métodos de generación actuales, la maquinaria especializada y las aplicaciones de alta energía son necesarias para la generación de nanopartículas a partir de líquidos a granel, lo que da como resultado procesos costosos y complejos. Además, incluso cuando se crean, las nanopartículas, particularmente, las partículas líquidas, a menudo colisionan y se unen rápidamente, lo que conduce a tamaños de partícula más grandes y a la pérdida del tamaño de nanopartícula deseado. Las boquillas de atomización convencionales de una fase individual y múltiples fases, tales como las que describen en la patente estadounidense n.º 7.036.753, no proporcionan un método de bajo coste para crear nanopartículas a partir de un líquido a granel, al tiempo que se mantiene el tamaño de nanopartícula.

15

20

25

En determinadas aplicaciones, tales como la descontaminación medioambiental, los aerosoles de nanopartículas no solo deben crearse y mantenerse, sino también distribuirse de manera eficaz con un flujo de ventilación. Un tubo Venturi o amplificador de flujo de gas, también conocido como, simplemente, un "Venturi" es un dispositivo que se puede usar para generar un flujo de ventilación mediante el aumento de la velocidad de una sustancia que se hace pasar a través del mismo. En términos más sencillos, un Venturi es un tubo o una tubería con una sección estrecha, o sección mínima de paso, que reduce la presión estática y aumenta la velocidad de la sustancia que se hace pasar a través del Venturi. Cuando la sustancia sale de la sección estrecha, la presión estática aumenta y la velocidad disminuye en consecuencia. La reducción de la presión y el aumento de la velocidad simultáneos en la sección estrecha del tubo Venturi se conoce como efecto Venturi y tiene una gran cantidad de usos en diversos campos.

30

35

Las patentes estadounidenses n.º 3.406.953; 4.411.846; 4.792.284; 5.279.646; 6.418.957; 6.491.479; 7.367.361; 7.673.659; y 8.905.079 desvelan diversos usos, ventajas y características de los tubos Venturi. Sin embargo, estas patentes no proporcionan un método de bajo coste para crear un flujo de ventilación adecuado a altas contrapresiones para distribuir las nanopartículas creadas a partir de un líquido a granel, al tiempo que se mantiene el tamaño de nanopartícula. Los documentos US 2003/178732 y EP 0 211 685 desvelan un aparato de inyección. El documento US 3.958.758 desvela un aparato de pulverización.

40

Por lo tanto, existe la necesidad en la técnica de alternativas a los aparatos y métodos costosos para generar aerosoles de nanopartículas y, en particular, un aparato de bajo coste para generar, mantener y distribuir un aerosol de nanopartículas en una localización remota que sea ligero, se fabrique a partir de materiales de bajo coste y se use fácilmente.

45

Breve resumen de la invención

Las realizaciones de la invención descritas en el presente documento proporcionan un aparato que puede generar y distribuir aerosoles de nanopartículas a través de un dispositivo de bajo coste y, más generalmente, un aparato Venturi que puede generar altos flujos de ventilación a altas contrapresiones.

50

En un aspecto de la divulgación, el dispositivo comprende un tubo Venturi modificado que tiene admisiones y salidas cónicas en las que una pluralidad de puertos están conectados a una parte de sección mínima de paso más estrecha. Se define una conexión para el suministro de gas comprimido a estos puertos que inyectan gas comprimido en la sección mínima de paso para inducir el flujo a través del tubo mediante el efecto Venturi. Los puertos conectados a la sección mínima de paso están dispuestos en un anillo alrededor de la circunferencia de la sección mínima de paso. Los puertos forman dos, tres, cuatro o más anillos de puertos de inyección de gas a lo largo del eje longitudinal de la sección mínima de paso. El aparato de la presente invención tiene partes de admisión y salida cónicas que tienen la forma de un tubo Venturi.

55

60

En métodos preferidos adicionales, se define un aparato para la generación y distribución de aerosoles de nanopartículas líquidas o sólidas. El aparato se define, particularmente, como una boquilla de múltiples fases con tres o más fases. Una primera fase se relaciona, principalmente, con la atomización mediante el contacto del aire comprimido a alta velocidad con el líquido en una disposición de boquilla bifluida tradicional que da como resultado gotitas de tamaño de micrómetro. Una segunda fase utiliza las gotitas de tamaño de micrómetro de la primera fase y,

65

además, utiliza el aire comprimido expresado a partir de un anillo de chorros para proporcionar un anillo de chorros de alta velocidad que rodea las gotitas creadas en la primera fase. Finalmente, la tercera fase se produce en la sección mínima de paso extendida y añade un segundo anillo de chorros de aire comprimido.

5 Una realización adicional se dirige a un aparato de generación de nanopartículas, que comprende: una boquilla, para crear un primer tamaño de partícula a partir de un flujo de líquido a granel, que está en comunicación fluida con un amplificador de flujo de gas, donde se proporciona un medio para la comunicación fluida con el gas ambiente entre la boquilla y el amplificador de flujo de gas; comprendiendo el amplificador de flujo de gas: un cono de admisión conectado a y en comunicación fluida con la admisión de una carcasa cilíndrica; un difusor conectado a y en comunicación fluida con el escape de dicha carcasa; y comprendiendo dicha carcasa al menos dos anillos de puertos dispuestos a lo largo de una circunferencia de la carcasa cilíndrica; y un medio para inyectar el gas comprimido en la carcasa a través de dichos puertos.

15 Una realización adicional se dirige a un amplificador de flujo de gas, que comprende: un cono de admisión conectado a y en comunicación fluida con la admisión de una carcasa cilíndrica; un difusor conectado a y en comunicación fluida con el escape de dicha carcasa; en donde dicha carcasa comprende al menos dos anillos de puertos para inyectar el gas comprimido en la carcasa, de tal manera que se induzca el flujo hacia la admisión de la carcasa; y un medio para la conexión de un suministro de gas comprimido a la carcasa.

20 Una realización adicional se dirige a un sistema de generación de nanopartículas, que comprende: una primera boquilla, adecuada para la generación de partículas atomizadas de un líquido a granel; un amplificador de flujo de gas, que comprende una carcasa cilíndrica que tiene, dispuesta sobre un extremo, una admisión cónica y, sobre el otro extremo, un difusor cónico; y, dispuestos dentro de dicha carcasa cilíndrica, hay al menos dos anillos de puertos dispuestos de manera circular a lo largo de la circunferencia de la carcasa cilíndrica y en donde los al menos dos anillos de puertos están separados por una distancia de al menos 0,5 D y en donde los al menos dos anillos de puertos están conectados a una cámara impelente presurizada, suficiente para la expulsión del gas presurizado en la carcasa cilíndrica; y en donde la primera boquilla está en comunicación fluida con la admisión de la carcasa cilíndrica y en donde un líquido se expulsa adecuadamente de la primera boquilla y en la carcasa cilíndrica, de tal manera que se atomice, mezcle, diluya y evapore el líquido para crear y mantener un aerosol de nanopartículas sólidas o líquidas.

35 Una realización adicional comprende un método de generación de nanopartículas, que comprende introducir un líquido a granel en un dispositivo de cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente; en donde el líquido a granel se mezcla con el gas a presión de la boquilla, se mezcla con el aire ambiente y, a continuación, se mezcla con el gas a presión de dos anillos de puertos dentro de una sección mínima de paso alargada para generar nanopartículas que se expulsan del difusor en el extremo de la carcasa cilíndrica.

40 Una realización adicional comprende un método para la creación de nanopartículas atomizadas, que comprende: introducir un líquido a granel en una primera boquilla, adecuada para la generación de partículas atomizadas de dicho líquido a granel; pulverizar el líquido a granel a través de dicha boquilla y en un amplificador de flujo de gas, que comprende una carcasa cilíndrica que tiene, dispuesta sobre un extremo, una admisión cónica y, sobre el otro extremo, un difusor cónico; y, dispuestos dentro de dicha carcasa cilíndrica, hay al menos dos anillos de puertos dispuestos de manera circular a lo largo de la circunferencia de la carcasa cilíndrica y en donde los al menos dos anillos de puertos están separados por una distancia de al menos 0,5 D y en donde los al menos dos anillos de puertos están conectados a una cámara impelente presurizada, suficiente para la expulsión del gas presurizado en la carcasa cilíndrica; introducir un gas comprimido en los al menos dos anillos de puertos, en donde el líquido a granel se introduce en la carcasa cilíndrica, de tal manera que se atomice, mezcle, diluya y evapore el líquido para crear y mantener un aerosol de nanopartículas sólidas o líquidas.

50 Breve descripción de los dibujos/las figuras

La FIG. 1 es un dibujo esquemático de una vista en sección transversal lateral que muestra partes de un aparato de una boquilla de generación de nanopartículas de múltiples fases.

55 La FIG. 2 es un dibujo esquemático de una vista en sección transversal lateral que muestra partes de un aparato de un aparato Venturi que tiene dos anillos para la incorporación de gases en la sección mínima de paso del aparato.

La FIG. 3 es un dibujo esquemático de una vista en sección transversal lateral que muestra la capacidad de utilizar una boquilla de atomización con un segundo aparato Venturi independiente en conjunto en serie.

60 La FIG. 4 representa una realización de un sistema de atomización que representa el flujo a través de una boquilla de generación de nanopartículas.

La FIG. 5 representa los resultados de una comparación entre un Venturi de una fase individual y un aparato de las realizaciones descritas en el presente documento, que tiene dos anillos de chorros de aire comprimido.

La FIG. 6 muestra el rendimiento mejorado del flujo de aire y la formación de nanopartículas a presiones más altas, cuando la distancia del anillo al difusor se aumenta hasta 2 D desde 0,5 D.

65 La FIG. 7 muestra que el aumento hasta 4 D entre las fases dos y tres da como resultado la modificación del rendimiento del aparato.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

5 Las realizaciones de la invención y las diversas características y ventajas de la misma se explican más completamente con referencia a las realizaciones y los ejemplos no limitantes que se describen y se exponen en las siguientes descripciones de aquellos ejemplos. Las descripciones de componentes y técnicas bien conocidos se pueden omitir para evitar la complicación de la invención y las diversas realizaciones de la invención. Los ejemplos usados en el presente documento están destinados simplemente a facilitar la comprensión de las maneras en las que se puede poner en práctica la invención y a permitir, además, a aquellos expertos en la materia poner en práctica la invención. Por consiguiente, los ejemplos y las realizaciones expuestos en el presente documento no se deben interpretar como limitantes del alcance de la invención, que se define mediante las diversas realizaciones descritas en todo el texto y mediante las reivindicaciones adjuntas.

15 Tal como se usa en el presente documento, los términos, tales como "un/uno", "una" y "el/la", incluyen los referentes en singular y plural, a menos que el contexto exija claramente lo contrario.

Hasta ahora, la generación de nanopartículas de líquidos y sólidos requería una maquinaria costosa, máquinas voluminosas, un aporte de energía alto y similares. Sin embargo, se entiende que la generación de nanopartículas sirve como mecanismo importante en los recubrimientos, la descontaminación medioambiental y diversas aplicaciones de otro tipo.

25 El aparato representado en la FIG. 1 proporciona un nuevo procedimiento hacia la generación de nanopartículas a partir de líquidos a granel y se puede fabricar ventajosamente a partir de materiales de bajo coste y "en existencia" que proporcionen un medio fácil para la creación de aerosoles de nanopartículas líquidas o sólidas.

30 En sentido amplio, el aparato se define como una boquilla de múltiples fases con tres o más fases. Una primera fase se relaciona, principalmente, con la atomización mediante el contacto del aire comprimido a alta velocidad con un líquido en una disposición de boquilla bifluida tradicional que da como resultado gotitas de tamaño de micrómetro. En otras realizaciones, la primera fase se define como cualquier boquilla que pueda producir gotitas de tamaño de micrómetro, tales como las boquillas electrostáticas o de ultrasonidos tradicionales. El líquido alimentado a la primera fase puede ser cualquier líquido adecuado para la atomización en gotitas de tamaño de micrómetro, tales como los líquidos, con una tensión de superficie de 0,015 N/m (15 dinas/cm) a 0,08 N/m (80 dinas/cm). El líquido también puede ser una solución para contener un disolvente y un soluto, donde el disolvente es adecuado para la evaporación y el soluto tiene las propiedades deseadas en la nanopartícula. Una segunda fase utiliza las gotitas de tamaño de micrómetro de la primera fase y, además, utiliza el aire comprimido expresado a partir de un anillo de chorros para proporcionar un anillo de chorros de alta velocidad que rodea las gotitas creadas en la primera fase. Finalmente, la tercera fase extiende la longitud de la sección mínima de paso de la segunda fase y añade un segundo anillo de chorros de aire comprimido. Estos chorros están, además, dispuestos para crear un efecto Venturi y, de este modo, arrastrar el gas ambiente entre la primera y la segunda fases.

40 La segunda fase proporciona tres efectos sobre las gotitas creadas en la primera fase para impulsar la formación de nanopartículas. En primer lugar, los chorros de aire de alta velocidad en la segunda fase proporcionan una atomización adicional del líquido procedente de la primera fase. En segundo lugar, la creación del efecto Venturi mediante los chorros de aire en la segunda fase crea una región de baja presión que potencia la evaporación de las gotitas de líquido creadas mediante la primera y la segunda fases. En tercer lugar, el efecto Venturi en la segunda fase crea un flujo altamente turbulento en la sección mínima de paso de la segunda fase mediante el arrastre del aire ambiente. Este flujo potencia adicionalmente la evaporación de las gotitas creadas y diluye rápidamente la concentración numérica de las gotitas para mantener su tamaño pequeño.

50 La tercera fase extiende la longitud de la sección mínima de paso de la segunda fase y añade un segundo anillo de chorros de aire comprimido. Los anillos de los chorros en la segunda y tercera fases están separados por una distancia mayor que o igual a 0,1 D, más preferentemente de 0,2 D a 10 D, incluso más preferentemente de 0,5 D a 4 D, donde D es el diámetro de sección mínima de paso. El anillo de chorros de la tercera fase extiende la región de baja presión de la fase dos y aumenta, además, el caudal y la turbulencia a través de la sección mínima de paso de Venturi, lo que da como resultado una evaporación y dilución de concentración numérica adicional de las gotitas, que dan como resultado nanopartículas sólidas o líquidas dependiendo del soluto y/o disolvente usado para la alimentación de líquido a granel.

60 La tercera fase también incluye una longitud adicional de la sección mínima de paso antes del difusor mayor que o igual a 0,1 D, más preferentemente de 0,2 D a 10 D, incluso más preferentemente de 0,5 D a 4 D, donde D es el diámetro de sección mínima de paso. El difusor está conectado al extremo de la sección mínima de paso extendida creada mediante las fases dos y tres. El aparato se potencia mediante gas comprimido, preferentemente aire ambiente, sin embargo, otros gases comprimidos son adecuados en determinadas realizaciones. Se pueden añadir, además, fases adicionales entre la primera, segunda o tercera fases con la adición de otro anillo de chorros o toma de aire.

De manera más detallada, la FIG. 1 representa, particularmente, una vista en sección transversal de un aparato de nanopartículas de múltiples fases, que comprende una boquilla y un amplificador de flujo de gas en combinación. La vista en sección transversal representa las características internas de la boquilla. Sin embargo, se entiende que la boquilla tiene una sección mínima de paso 20 generalmente de forma cilíndrica y que el difusor 22 tiene una forma algo cónica, en donde la parte más estrecha del cono es equivalente en diámetro al diámetro de la sección mínima de paso 25. El tamaño y la forma de los conos y la sección mínima de paso cilíndrica pueden mantener su forma general, pero también en donde la sección mínima de paso tiene una forma elíptica en el eje transversal. Además, el eje transversal y la forma de la abertura de sección mínima de paso pueden tener bordes cuadrados o angulados, no redondeados, sin desviarse de los principios del Venturi. De hecho, el difusor y el cono de admisión pueden mantener su forma generalmente cónica, pero tienen esquinas anguladas en determinadas realizaciones.

Comenzando en el lado izquierdo de la FIG. 1, se representa la admisión de líquido 6. La admisión de líquido 6 proporciona una abertura para que un líquido entre en la boquilla. Cualquier medio de unión adecuado conocido puede conectar una alimentación de líquido a la toma de líquido 6. El líquido fluye hacia el paso de líquido 27 y el líquido se libera finalmente de la ventilación de líquido 26, donde el líquido se mezcla con el gas comprimido de la cámara impelente de gas comprimido 4 y se produce la atomización primaria 7 en este punto.

El fin de la ventilación de líquido 26 es introducir una sustancia atomizada en la admisión de la carcasa o sección mínima de paso cilíndrica 20, donde se acelera a través del aire comprimido que entra en el aparato a través de la parte de sección mínima de paso. La distancia de la ventilación de líquido 26 al comienzo de la sección mínima de paso 23 puede ser cualquier distancia adecuada, de tal manera que el líquido expresado de la ventilación de líquido 26 se arrastre hacia la sección mínima de paso 20. Esta distancia puede ser, por ejemplo, de hasta $0,5 D/TAN(THETA/2)$, donde D es el diámetro 25 de la sección mínima de paso y THETA es el ángulo de difusión del chorro de líquido atomizado generado a partir de la ventilación de líquido 26. La ventilación de líquido 26 es preferentemente una boquilla, por ejemplo, una boquilla bifluida u otro diseño adecuado para proporcionar la atomización primaria del fluido a la sección mínima de paso del aparato, tal como una boquilla electrostática, de pulverización a presión o de ultrasonidos. La boquilla puede ser, por ejemplo, alimentada por sifón, gravedad o presión con un líquido adecuado para su pulverización a través del aparato diseñado. A medida que se libera el líquido de la ventilación, el líquido entra en contacto con el gas comprimido de la cámara impelente de gas comprimido 4 y se expulsa a través del cono de admisión 24 de la boquilla y en la sección mínima de paso 20. A medida que esta mezcla se introduce en la sección mínima de paso, simultáneamente, el aire ambiente se empuja hacia la boquilla a través de la admisión de aire ambiente 5 debido al gradiente de presión que se crea mediante el efecto Venturi en la sección mínima de paso 20.

Adyacente a la admisión de aire ambiente, hay una admisión de gas comprimido 3, que está conectada a la cámara impelente de gas comprimido 4. Tal como se identifica, la cámara impelente de gas comprimido 4 se extiende hasta la 1ª fase de la boquilla a la izquierda y también rodea la sección mínima de paso 20. La cámara impelente se alimenta mediante la admisión de gas comprimido 3 y tiene tres salidas primarias. La primera salida es adyacente a la admisión de líquido 6. La segunda y tercera salidas están en el primer anillo de gas comprimido de los puertos 1 y el segundo anillo de gas comprimido de los puertos 2.

A medida que el líquido parcialmente atomizado se mezcla con el aire ambiente, la sección mínima de paso 20, que tiene un diámetro reducido en comparación con el diámetro del cono de admisión 24, induce un efecto Venturi y aumenta la velocidad del aire y el líquido en la misma, al tiempo que disminuye la presión en la sección mínima de paso 20. Esta disminución de la presión es lo que arrastra el aire ambiente a través de la admisión de aire ambiente 5.

Después de la atomización primaria 7, el primer anillo de chorro de gas comprimido 1 comprende una pluralidad de puertos que circunscriben la sección mínima de paso. El primer anillo de chorro de gas comprimido 1 se localiza dentro de la sección mínima de paso a una distancia de aproximadamente $0,1 D$ a aproximadamente $10 D$ de la abertura de sección mínima de paso 23, en donde D es el diámetro 25 de la sección mínima de paso 20. Los puertos del anillo de chorro están espaciados uniformemente a lo largo de la circunferencia y proporcionan puertos de acceso y entrada entre la cámara impelente 4 y la sección mínima de paso. El gas comprimido, tal como se sopla en la sección mínima de paso 20, se mezcla, por lo tanto, con el líquido atomizado, el aire ambiente y el gas comprimido primarios en un punto de atomización, mezclado y dilución secundario 8.

Un segundo anillo de chorro de gas comprimido 2 se localiza a una distancia de $0,1 D$ a $10 D$ del primer anillo de chorro de gas comprimido 1. Este segundo anillo de chorro de gas comprimido 2 potencia la turbulencia en la sección mínima de paso y continúa mezclándose con la mezcla de gotitas del punto 8 para formar un punto de mezclado y dilución terciario 9. La sección mínima de paso mantiene el mismo diámetro a través de la distancia desde la abertura de sección mínima de paso 23 hasta el escape de sección mínima de paso 21. Por lo tanto, después, el segundo anillo de chorro de gas comprimido 2 forma el punto de mezclado y dilución terciario 9, en el escape de sección mínima de paso 21. El escape de sección mínima de paso es de $0,1 D$ a $10 D$ desde el segundo anillo de chorro de gas comprimido 2. Mediante el paso a través del escape de sección mínima de paso 21, la mezcla entra en el difusor y la zona de expansión 10, que tiene un diámetro mayor que la sección mínima de paso, y, por tanto, la mezcla se ralentiza ligeramente, la presión aumenta y la mezcla sale de la boquilla en el extremo del

cono de escape 22.

El resultado de la atomización y la mezcla con las fases de gas comprimido y aire ambiente es que las partículas líquidas se reducen rápidamente de tamaño mediante la evaporación del aire y la baja presión y dan como resultado nanopartículas sólidas o líquidas que se dispersan mediante el flujo de gases a través de la boquilla.

La sección mínima de paso de la boquilla de múltiples fases en la FIG. 1 se alarga para permitir caudales más altos para una contrapresión dada y un uso de aire comprimido que dé como resultado una formación de nanopartículas más eficaz. La sección mínima de paso 20 alargada proporciona la introducción de aire comprimido en varios puntos diferentes a lo largo de la sección mínima de paso 20. En una realización preferida, se localizan dos o más anillos de chorro en la sección mínima de paso 20 que introducen aire comprimido en la boquilla. La sección mínima de paso 20 alargada comprende tres o más longitudes, en donde el número de longitudes es siempre uno más que el número de anillos de chorro en la sección mínima de paso. Una primera longitud 30 es la distancia entre la abertura de sección mínima de paso 23 y el primer anillo de chorro 1. La segunda longitud es la distancia de chorro 31 entre el primer anillo de chorro 1 y el segundo anillo de chorro 2. La tercera longitud es la distancia de difusor 32 entre el segundo anillo de chorro 2 y la salida de sección mínima de paso 21. La longitud total de la sección mínima de paso es una longitud aproximada de XD , en donde X es entre 0,1 y 50 y D es el diámetro de la sección mínima de paso en el lado de admisión de la sección mínima de paso. La longitud óptima de la sección mínima de paso puede depender de factores adicionales, tales como el uso previsto de la boquilla.

La distancia de chorro 31 es la distancia entre el primer y el segundo conjunto de anillos de chorro. La distancia entre los anillos de chorro es preferentemente entre aproximadamente $0,1 D$ y $10 D$, pero la distancia se puede modificar basándose en el uso previsto de la boquilla. De hecho, mediante el aumento o la disminución de la distancia entre los anillos de chorro, el usuario final puede modificar y adaptar el tamaño resultante de las nanopartículas y el flujo total a través de la boquilla.

La parte de carcasa cilíndrica o sección mínima de paso de la boquilla también pueden incluir textura o rugosidad de superficie dentro de la sección mínima de paso entre los dos anillos de chorro, por ejemplo, a lo largo del área de sección mínima de paso 31. Esta rugosidad se puede lograr mediante cualquier medio adecuado, pero preferentemente mediante la alteración de la superficie con estrías axialmente espaciadas. Esta textura o rugosidad de superficie puede ayudar a modificar el rendimiento a contrapresiones particulares para determinadas realizaciones. Sin embargo, la superficie también puede ser generalmente lisa al tacto, tal como la superficie que se genera a través del moldeo de plástico o de la fabricación de la boquilla en un proceso de fabricación de colada en troquel o metálico de otro tipo.

Las nanopartículas de aerosol producidas y distribuidas mediante el aparato de la FIG. 1 se pueden usar para una diversidad de fines, incluyendo diversos recubrimientos y la descontaminación medioambiental. Por ejemplo, se pueden pulverizar nanopartículas de aerosol líquidas en el aire contaminado o en el suelo contaminado para retirar los contaminantes.

El aparato también puede servir como dispositivo de generación de flujo de gas, tal como se representa en la FIG. 2, con numerosas aplicaciones posibles adicionales, tales como los recipientes de ventilación. Los diversos usos del aparato de la presente invención se pueden combinar para lograr, ventajosamente, funciones industriales, comerciales y de recreación. Tales funciones incluyen la descontaminación medioambiental y la ventilación de tanques de almacenamiento.

El aparato de la FIG. 1 se puede fabricar o moler ventajosamente como un componente de una pieza individual, en donde la parte de boquilla está conectada a la parte de amplificación de flujo de gas por medio de la cámara impelente 4. Además, las admisiones de aire ambiente 5 conectadas al cono de admisión 24 pueden estar conectadas en uno o más puntos. Como alternativa, el aparato se puede fabricar como una primera parte de boquilla y una segunda parte de amplificación de flujo de gas que se pueden combinar para la comunicación fluida entre la boquilla y el cono de admisión 24 mediante medios conocidos por un experto habitual en la materia.

La FIG. 2 representa un amplificador de flujo de gas modificado para la generación de un flujo de gas. El lado izquierdo de la FIG. 2 representa el cono de admisión 24. Al igual que un sistema Venturi habitual, el cono de admisión 24 recoge un flujo y tiene forma cónica para comprimir el flujo en la sección mínima de paso 20 de diámetro reducido. La entrada de sección mínima de paso 23 tiene un diámetro 25 de D que es más estrecho que el diámetro en la entrada del cono de admisión 24. Una cámara impelente de gas comprimido 4 circunscribe el Venturi, de tal manera que el gas comprimido se fuerza a entrar en la sección mínima de paso 20 en un primer anillo de chorro de gas comprimido 1 y un segundo anillo de chorro de gas comprimido 2. La utilización de dos o más anillos de chorro de gas comprimido permite un uso más eficaz del gas comprimido para una contrapresión dada y un flujo total a través del dispositivo. En el extremo de sección mínima de paso 21, el diámetro se expande de nuevo hasta la salida de cono de escape 22.

La cámara impelente 4 se alimenta mediante una admisión de gas comprimido 3. Esto permite que un punto individual en el dispositivo Venturi alimente la totalidad de los puertos en cada uno del primer y segundo conjunto de

chorros. De hecho, en cada anillo de chorro, hay una pluralidad de puertos. En realizaciones preferidas, los puertos están espaciados uniformemente a lo largo de la circunferencia de la sección mínima de paso 20.

5 Al igual que el aparato de la FIG. 1, los componentes en el amplificador de flujo de gas o Venturi están separados por distancias entre los chorros y las aberturas en cada extremo de la sección mínima de paso. Las distancias entre el primer anillo de chorros 1 y el segundo anillo de chorros 2 y también las distancias entre los anillos de chorro y la entrada de sección mínima de paso 23 y la salida de sección mínima de paso 21 constituyen la longitud de la sección mínima de paso. Una primera distancia entre la entrada de sección mínima de paso 23 y el primer anillo de chorros 1 es la distancia primaria 30. La distancia 31 es la distancia entre el primer y el segundo anillos de chorro. 10 Esta distancia de chorro 31 espacia los dos anillos de chorro dentro de la sección mínima de paso 20. La distancia de difusor 32 es la distancia entre el segundo anillo de chorro 2 y la salida de sección mínima de paso 21. Cada una de las distancias 30, 31 y 32 tiene una longitud de aproximadamente $0,1 D$ a aproximadamente $10 D$, en donde D es el diámetro 25 de la sección mínima de paso o carcasa cilíndrica. En realizaciones preferidas, las distancias son entre aproximadamente $0,1$ y $4,0 D$, o de aproximadamente $0,5 D$ a aproximadamente $4,0 D$ o de aproximadamente $0,5 D$ a aproximadamente $2,0 D$. Las distancias no necesitan ser iguales. Por tanto, la primera distancia 30 no necesita ser equivalente a la segunda distancia 31, que no necesita ser equivalente a la tercera distancia 32. De hecho, la modificación de estas distancias cambia la presión relativa y el flujo del Venturi, tal como se representa en las figuras siguientes.

20 En realizaciones preferidas, el diseño del Venturi o amplificador de flujo de gas y la introducción de dos o más anillos de chorros de alta velocidad (o dispositivos similares) permiten un flujo total más alto a través del aparato al llegar al lado de escape más allá del de un Venturi convencional para una contrapresión y un caudal de aire comprimido dados.

25 La FIG. 3 proporciona una aplicación de la boquilla de múltiples fases de la FIG. 1 en serie con el Venturi modificado de la FIG. 2. Por consiguiente, un líquido entra a través de la admisión de líquido 6, se hace pasar a través de la sección mínima de paso 20 y sale por el cono de escape 22. A continuación, se hace pasar el flujo al cono de admisión 124 y al segundo Venturi 123, donde el flujo se estrecha mediante el Venturi. Los chorros 101 y 102 continúan el mezclado del flujo antes de que el flujo salga del segundo Venturi. Tal como se representa, el diámetro 30 25 es más pequeño que el diámetro 125. Sin embargo, en otras realizaciones, los diámetros pueden ser equivalentes o el primer diámetro ser más grande que el segundo diámetro. Además, se puede colocar una longitud de conducto o un recipiente entre el cono de escape 22 y el cono de admisión 124.

35 Por lo tanto, un sistema adecuado utiliza una combinación de aparatos. Un primer aparato comprende una boquilla para la generación de partículas de un líquido a granel y un primer amplificador de flujo de gas. Sin embargo, el sistema incluye, además, opcionalmente, un segundo amplificador de flujo de gas, de tal manera que las partículas generadas mediante la boquilla y el primer amplificador de flujo de gas se pueden ver afectadas adicionalmente por el segundo amplificador de flujo de gas.

40 La FIG. 4 proporciona un ejemplo de la dinámica de flujo a través de una boquilla de múltiples fases de las realizaciones desveladas en el presente documento. El aire comprimido entra en la boquilla a través de 3 y fluye a través de la cámara impelente 4 a la ventilación 26, el anillo de chorro 1 y el anillo de chorro 2. El líquido que entra en la boquilla a través de la admisión 6 entra en contacto con el aire comprimido en la ventilación 26 que proporciona la atomización primaria 7. El aire ambiente entra a través de la admisión 5 y se mezcla con el aire comprimido a través del anillo de chorro 1 y la mezcla de líquido atomizada 7 en la región de sección mínima de paso 8. El aire comprimido que entra a través del anillo de chorro 2 se mezcla, además, con la mezcla de flujo de la región de sección mínima de paso 8 en la región de sección mínima de paso 9 antes de salir de la sección mínima de paso y entrar en el cono de escape 22 y salir del dispositivo.

50 Los gases comprimidos adecuados para su introducción en el aparato incluyen, pero sin limitación, aire ambiente, nitrógeno, helio, argón, CO_2 y combinaciones de los mismos. El gas o la combinación de gases se introduce en la parte de sección mínima de paso 20 del aparato usando dos o más localizaciones a lo largo del eje longitudinal de la sección mínima de paso 20. Los puertos adecuados para la inyección de gas en cada localización pueden utilizar una boquilla individual, un anillo de boquillas para formar chorros de gas comprimido o aberturas indefinidas en cada 55 localización. Resulta preferible un anillo de chorros, para proporcionar la admisión del gas comprimido a lo largo de la circunferencia de la sección mínima de paso del Venturi, en donde el anillo comprende aberturas equidistantes para la expulsión de aire comprimido. Preferentemente, estas aberturas son puertos o boquillas para dirigir el flujo de aire y en donde cada anillo comprende entre aproximadamente 3 y 100 puertos, pero más preferentemente entre aproximadamente 5 y 50 puertos y entre aproximadamente 7 y 15 puertos e incluyendo todos los números de 60 puertos entre 1 y 100. Por lo tanto, un puerto individual puede ser una abertura completa que circunnavegue la sección mínima de paso. Como alternativa, un puerto individual puede ser un orificio individual que proporcione aire a la sección mínima de paso a lo largo de solo una parte de la circunferencia.

65 En algunas realizaciones, los dos o más puertos de inyección de gas pueden incluir un primer puerto de inyección que use gas comprimido y un puerto de inyección adicional que utilice gas aspirado naturalmente que se introduzca en la abertura del Venturi. En realizaciones preferidas adicionales, los dos o más puertos de inyección de gas

pueden ser gas comprimido o un gas comprimido y el resto de ambiente.

5 Por lo tanto, el uso de la boquilla y el amplificador de flujo de gas se puede utilizar en determinados métodos para generar nanopartículas mediante la administración de un líquido a granel a la boquilla y la aplicación de un gas comprimido a través de los puertos en la sección mínima de paso del aparato para la atomización.

10 Se realizaron determinados ensayos para comparar la eficacia de los dos aparatos de anillo de chorro en las FIG. 1 y 2, en comparación con un Venturi convencional/de anillo de chorro individual. En la FIG. 5, se sometieron a ensayo dos boquillas diferentes y se calcularon los resultados. La notación en la leyenda XX D/XX D se refiere a la longitud de la sección mínima de paso entre los dos anillos y la longitud de la sección mínima de paso entre el segundo anillo y el difusor, respectivamente. 0 D/2 D significa solo un anillo y 2 D entre ese anillo y el comienzo del difusor. 2 D/0,5 D significa dos diámetros de sección mínima de paso entre los dos anillos y 0,5 diámetros de sección mínima de paso entre el segundo anillo y el comienzo del difusor.

15 La FIG. 5 compara, por tanto, un Venturi convencional de anillo individual con un aparato de múltiples anillos, tal como se describe en el presente documento, que tiene dos anillos de chorros dentro de una sección mínima de paso alargada. La FIG. 5, por lo tanto, confirma que al dividir el aire comprimido en dos o más fases para obtener un diámetro de sección mínima de paso y una presión y un caudal de aire comprimido constantes, ese flujo se aumenta, particularmente, a contrapresiones más altas. Esto da como resultado una mayor turbulencia, una mayor dilución y, en consecuencia, una formación de nanopartículas más eficaz. Por lo tanto, la versión de anillo de dos chorros de la invención descrita en el presente documento es superior a un dispositivo Venturi de un anillo individual en el flujo de aire total para todas las presiones estáticas.

25 El rendimiento se sometió a ensayo para identificar, a continuación, cómo maximizar el rendimiento de las nuevas boquillas. La FIG. 6 representa que el rendimiento a contrapresiones más altas se puede mejorar mediante el aumento de la longitud de sección mínima de paso al difusor hasta 2 D, tal como se muestra en la FIG. 6, pero el rendimiento disminuye a contrapresiones más bajas. El rendimiento a contrapresiones más bajas se puede mejorar mediante la adición de rugosidad de superficie, tal como en la patente estadounidense 4.765.373, para potenciar la turbulencia local y el mezclado entre los dos anillos de chorro y entre el segundo anillo de chorro y el difusor. Por consiguiente, se puede añadir textura o rugosidad de superficie para modificar el rendimiento a determinadas contrapresiones.

30 La FIG. 7 representa, además, que si la longitud de la sección mínima de paso entre los anillos aumenta adicionalmente hasta 4 D, el flujo es algo más bajo en general para una presión dada debido a la caída de presión aumentada en el atomizador, lo que da como resultado una disminución de la eficiencia de la formación de nanopartículas.

40 Aunque la presente invención se ha mostrado y descrito particularmente con referencia a algunas realizaciones de la misma, aquellos expertos en la materia entenderán que estas se han presentado solo a modo de ejemplo y no como limitación y que se pueden realizar diversos cambios en la forma y los detalles en la misma sin apartarse del alcance de la invención. Por tanto, la amplitud y el alcance de la presente invención no deben estar limitados por ninguna de las realizaciones ilustrativas descritas anteriormente, sino que se deben definir solo de acuerdo con las siguientes reivindicaciones.

45 **PROCEDIMIENTOS Y MATERIALES**

50 En los ejemplos proporcionados, el diámetro de la sección mínima de paso usado para recopilar los datos para los Venturis de anillo individual y doble fue de 9,21 cm (3,625 pulgadas). La presión de gas comprimido aplicada a todos los Venturis fue de 621.000 N/m² (90 libras por pulgada cuadrada). El caudal de aire comprimido aplicado a todos los Venturis fue de 0,068 m³/s (144 pies cúbicos estándar por minuto).

El Venturi de anillo individual usado para proporcionar datos de ejemplo representaba un diseño de Venturi convencional existente, tal como en la patente estadounidense 4.765.373.

55 El Venturi de anillo doble usado para proporcionar datos de ejemplo se describe en la FIG. 2 con longitudes variables entre los dos anillos y entre el segundo anillo y el difusor.

RESULTADOS

60 Basándose en los resultados, una configuración que se prefiere es mayor que o igual a 0,5 D de longitud de sección mínima de paso entre los anillos y entre el anillo y el difusor. Se prefiere más de 0,5 D a 4 D. Se prefiere incluso más de 0,5 D a 2 D.

65 La rugosidad de superficie en las secciones de la sección mínima de paso, tal como se describe en la patente estadounidense 4.765.373, entre los anillos y entre el segundo anillo y el difusor también se prefiere a la turbulencia y al caudal de dilución mejorados para la formación de nanopartículas a contrapresiones más bajas. La

configuración de tres fases da como resultado el uso más eficaz del aire comprimido a una presión dada para la formación de nanopartículas para un caudal de líquido dado.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de generación de nanopartículas sólidas o líquidas, que comprende:

5 un amplificador de flujo de gas, que comprende:

un cono de admisión (24) conectado a, y en comunicación fluida con, la admisión de una carcasa cilíndrica (20);

10 un difusor (22) conectado a, y en comunicación fluida con, el escape de dicha carcasa cilíndrica (20); en donde dicha carcasa cilíndrica (20) comprende al menos dos anillos de puertos (1, 2) para inyectar gas comprimido en la carcasa cilíndrica (20), de tal manera que se induzca el flujo hacia la admisión de la carcasa cilíndrica (20);

15 un medio (3) para la conexión de un suministro de gas comprimido a la carcasa (20); y que comprende una boquilla (26), para crear un primer tamaño de partícula a partir de un flujo de líquido a granel, que está en comunicación fluida con dicho amplificador de flujo de gas, en donde se proporciona un medio para la comunicación fluida con el gas ambiente entre la boquilla y el amplificador de flujo de gas;

20 en donde dichos al menos dos anillos de puertos (1, 2) están dispuestos a lo largo de una circunferencia de la carcasa cilíndrica (20).

2. El aparato de la reivindicación 1, donde la distancia entre el escape de la carcasa cilíndrica (20) y el anillo de puertos más cercano y entre los al menos dos anillos de puertos (1, 2) es de al menos $0,5 D$, donde D es el diámetro de sección mínima de paso de la carcasa cilíndrica (20).

25 3. El aparato de la reivindicación 2, donde la distancia es de $0,5 D$ a $2 D$.

4. El aparato de la reivindicación 2, donde la distancia es de $0,5 D$ a $4 D$.

30 5. El aparato de la reivindicación 1, donde las paredes interiores de la carcasa cilíndrica (20), entre el escape de la carcasa cilíndrica (20) y el anillo de puertos más cercano y entre los al menos dos anillos de puertos (1, 2), comprenden un segmento de pared rugosa.

35 6. El aparato de la reivindicación 1, donde la distancia entre el escape de la boquilla y la admisión de la carcasa cilíndrica (20) es igual a o menor de $0,5 D/\text{TAN}(\text{Theta}/2)$, donde D es el diámetro de sección mínima de paso de la carcasa cilíndrica (20) y Theta es el ángulo de difusión de la pulverización emitida a partir de la boquilla.

7. El aparato de la reivindicación 1, que comprende, además, un segundo amplificador de flujo de gas, que comprende:

40 un cono de admisión (24) conectado a, y en comunicación fluida con, la admisión de una segunda carcasa cilíndrica (20);

un difusor (22) conectado a, y en comunicación fluida con, el escape de dicha segunda carcasa cilíndrica (20);

45 en donde dicha segunda carcasa cilíndrica (20) comprende al menos dos anillos de puertos (1, 2) para inyectar gas comprimido en la segunda carcasa cilíndrica (20), de tal manera que se induzca el flujo hacia la admisión de la carcasa (20); y

un medio para la conexión de un suministro de gas comprimido a la segunda carcasa cilíndrica (20);

en donde el cono de admisión (24) del segundo amplificador de flujo de gas está en comunicación fluida con el difusor (22) del primer amplificador de flujo de gas.

50 8. El aparato de la reivindicación 1, en donde se proporciona el medio para la conexión de un suministro de gas comprimido a la carcasa (20) mediante una cámara impelente conectada a los al menos dos anillos de puertos (1, 2).

55 9. El aparato de la reivindicación 1, en donde los al menos dos anillos de puertos (1, 2) están separados por una distancia de al menos $0,5 D$ y en donde los al menos dos anillos de puertos (1, 2) están conectados a una cámara impelente presurizada, suficiente para la expulsión del gas presurizado en la carcasa cilíndrica (20); y

en donde la primera boquilla está en comunicación fluida con la admisión de la carcasa cilíndrica (20) y en donde un líquido se expulsa adecuadamente de la primera boquilla y en la carcasa cilíndrica (20), de tal manera que se atomice, mezcle, diluya y evapore el líquido para crear y mantener un aerosol de nanopartículas sólidas o líquidas.

60 10. El aparato de la reivindicación 9, que comprende, además, un segundo amplificador de flujo de gas, en donde el extremo del difusor (22) está en comunicación fluida con una admisión cónica del segundo amplificador de flujo de gas.

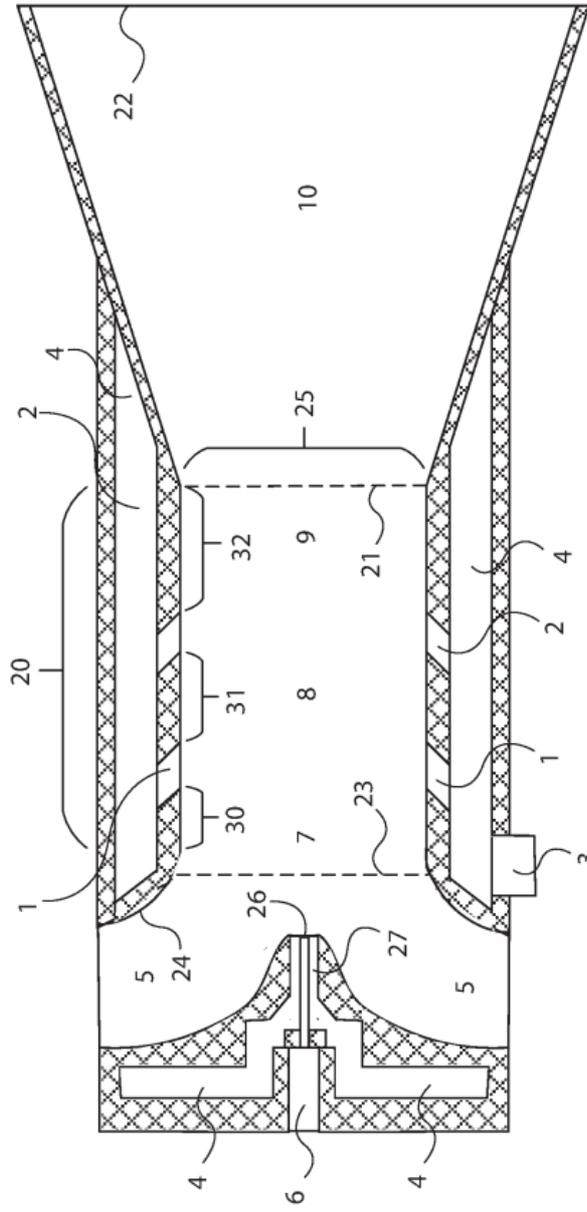


FIG. 1

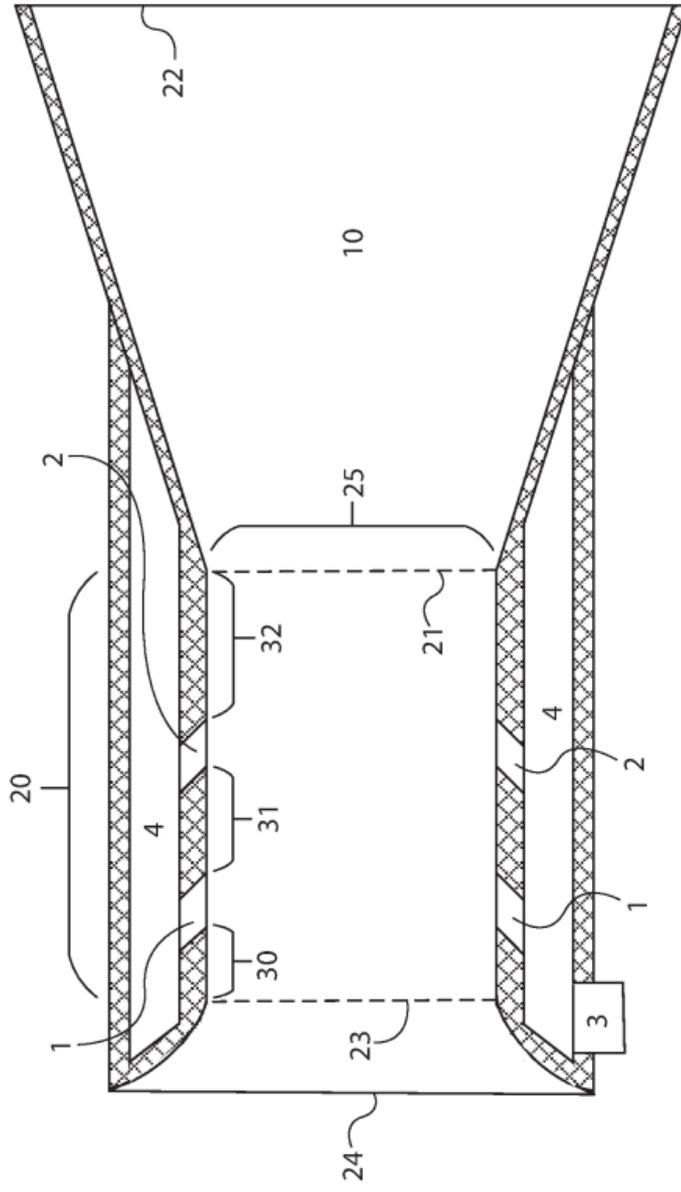


FIG. 2

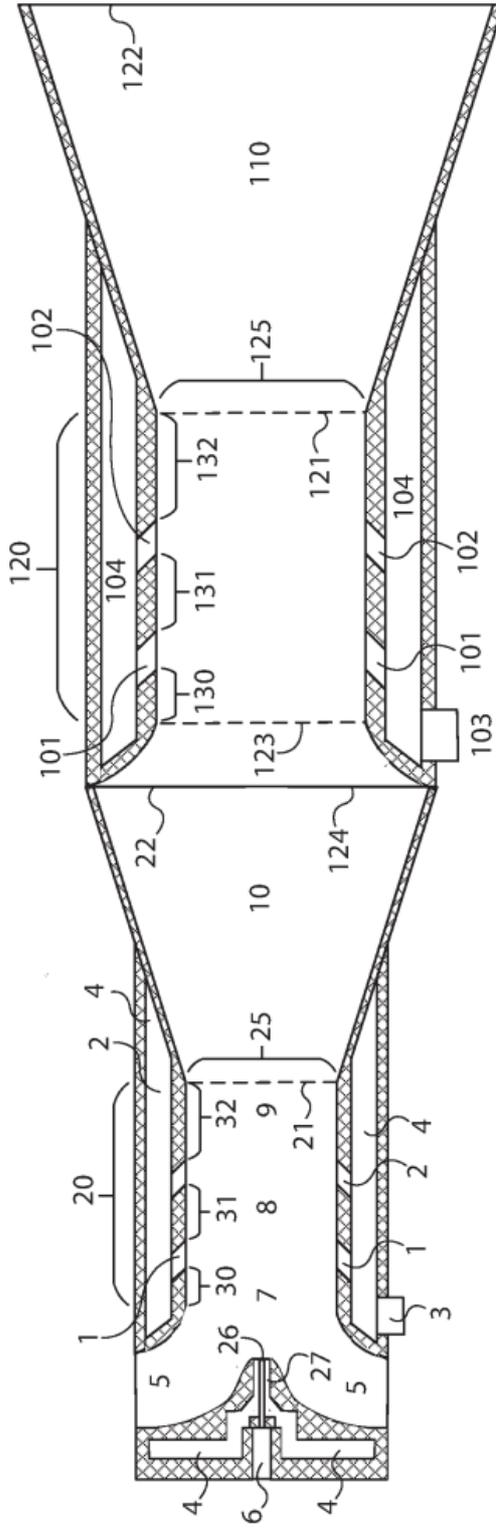


FIG. 3

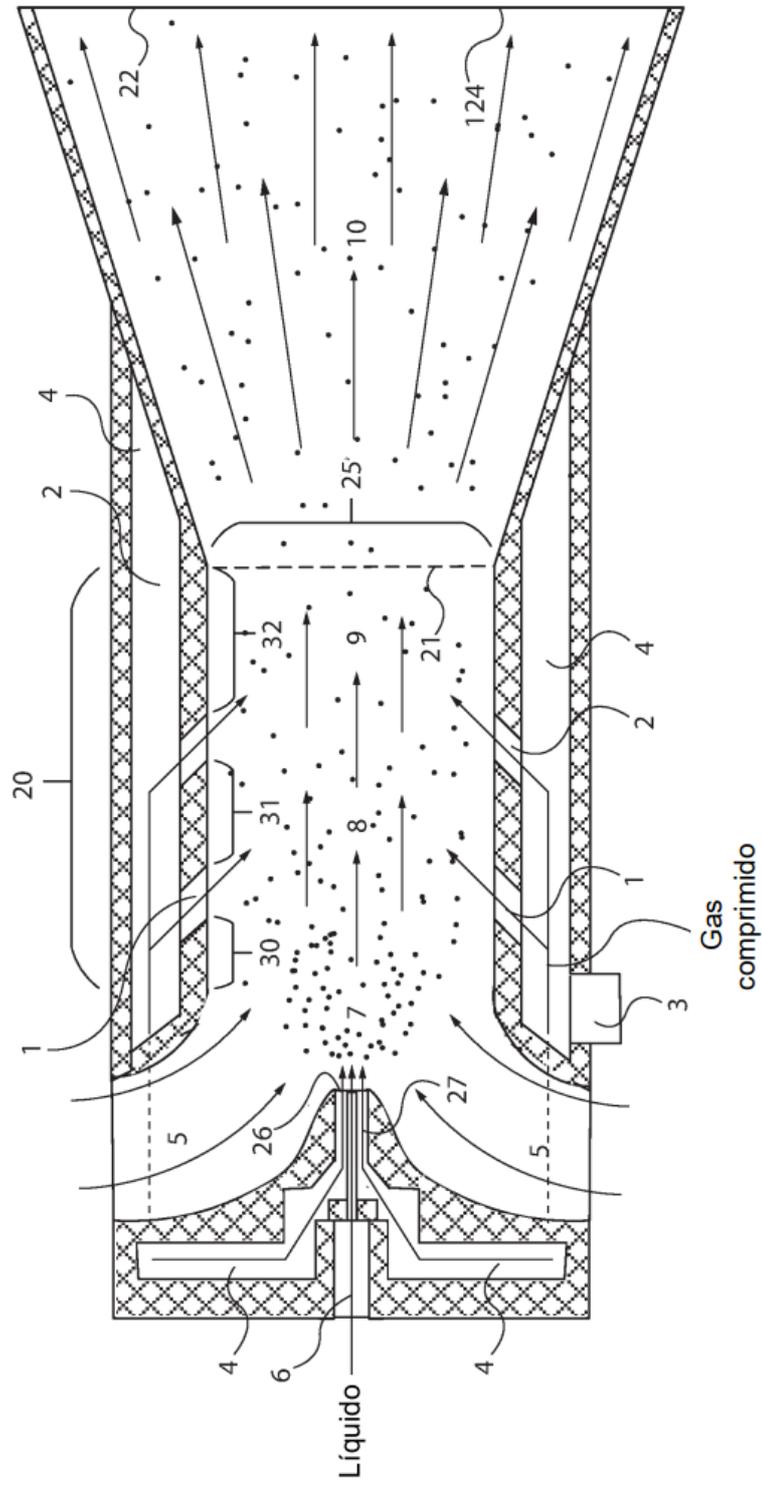


FIG. 4

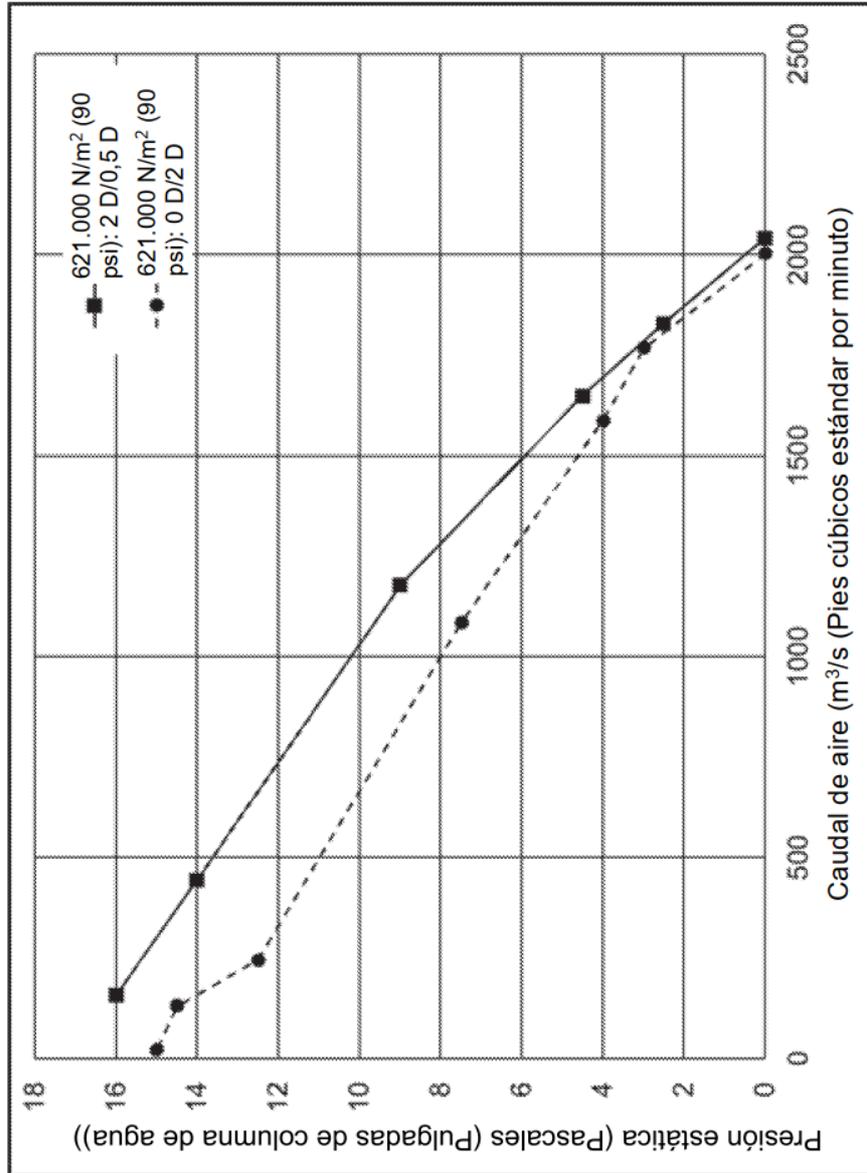


FIG. 5

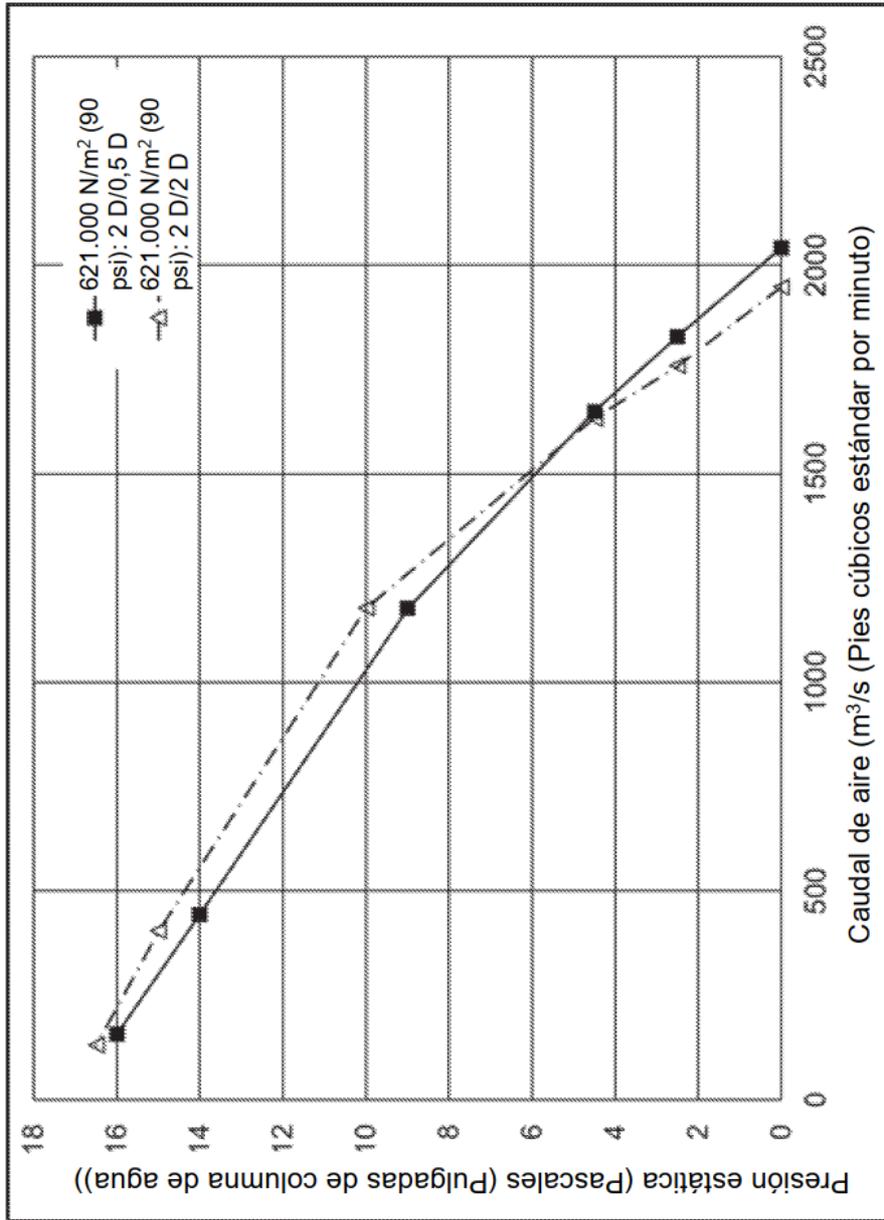


FIG. 6

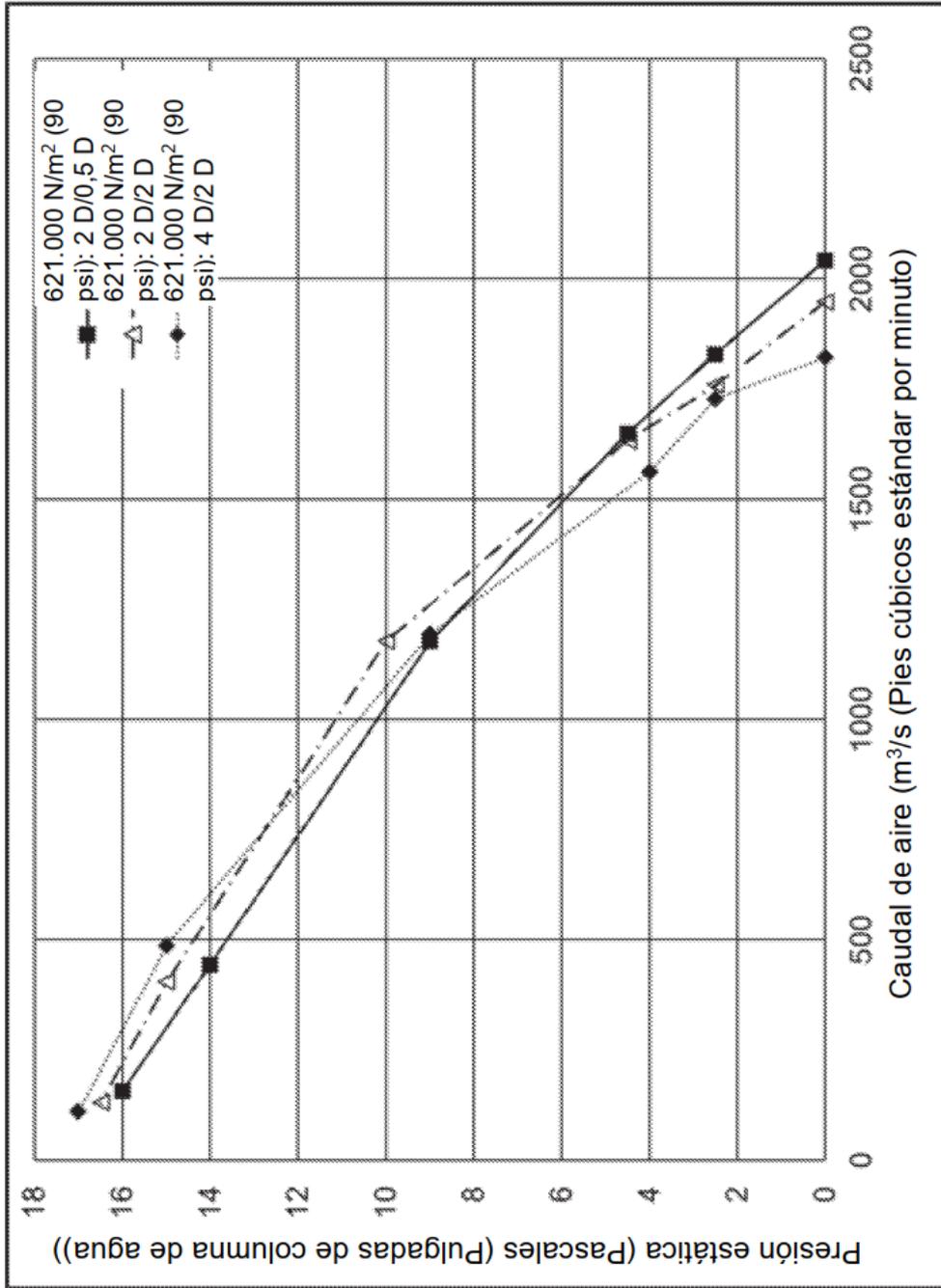


FIG. 7