

OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 275 425**

② Número de solicitud: 200502367

⑤ Int. Cl.:  
**B05B 7/24** (2006.01)  
**F24F 6/12** (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑫ Fecha de presentación: **23.11.2005**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.06.2007**

Fecha de la concesión: **17.10.2007**

⑭ Fecha de anuncio de la concesión: **16.11.2007**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**16.11.2007**

⑰ Titular/es: **Universidad de Sevilla**  
**OTRI-Pabellón de Brasil**  
**Paseo de las Delicias, s/n**  
**41012 Sevilla, ES**

⑱ Inventor/es: **Gañán Calvo, Alfonso M.;**  
**Ojeda Monje, Antonio y**  
**Mendoza Simón, Eladio**

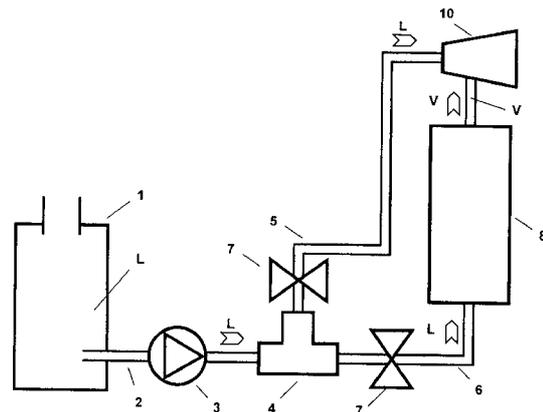
⑳ Agente: **No consta**

㉑ Título: **Dispositivo neumático para la producción de un aerosol esterilizado mediante vaporización parcial.**

㉒ Resumen:

Dispositivo neumático para la producción de un aerosol esterilizado mediante vaporización parcial.

El objeto de la presente invención es un dispositivo de producción de aerosol esterilizado o limitado en su potencial actividad microbiana patógena a partir de un líquido mediante el uso de un vapor de impulsión que es obtenido por vaporización de una parte de la propia corriente líquida destinada a ser atomizada. El dispositivo consta de un depósito de líquido, abierto o no a la atmósfera; un conducto de alimentación, que tiene su origen en el citado depósito; y una bomba de impulsión situada en dicho conducto que facilita la extracción de líquido.



ES 2 275 425 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo neumático para la producción de un aerosol esterilizado mediante vaporización parcial.

5 **Objeto de la invención**

El objeto de la presente invención es un dispositivo de producción de aerosol esterilizado o limitado en su potencial actividad microbiana patógena a partir de un líquido mediante el uso de un vapor de impulsión que es obtenido por vaporización de una parte de la propia corriente líquida destinada a ser atomizada. El dispositivo consta de un depósito de líquido, abierto o no a la atmósfera; un conducto de alimentación, que tiene su origen en el citado depósito; y una bomba de impulsión situada en dicho conducto que facilita la extracción de líquido. Aguas abajo de la bomba, el conducto de alimentación se bifurca originando dos líneas: una línea de producción de vapor y una línea de líquido; ambas líneas disponen de válvulas para regular el reparto de caudales; el cambio de fase en la línea de producción de vapor tiene lugar en una cámara de vaporización, donde se dispone de algún medio de adición de calor (por ejemplo, una resistencia eléctrica). La línea de líquido puede opcionalmente contar con un intercambiador de calor que eleve la temperatura del líquido sin llegar a evaporarlo. Los dos extremos de la línea de vapor y línea de líquido alimentan un cabezal de mezclado y atomización basado en la producción de una interfase libre e inestable entre dos corrientes fluidas. El aerosol que se obtiene en el cabezal sale a la atmósfera exterior para su uso. La incorporación de energía térmica en, al menos, la producción de la fase de vapor, que tiene un efecto concomitante limitando la presencia de agentes patógenos, se puede regular para asegurar la esterilización parcial o completa del aerosol.

**Introducción al estado de la técnica**

La generación de aerosoles a partir de un líquido está presente en infinidad de aplicaciones en todos los sectores de actividad. En particular, en muchos de ellos se parte de líquidos en los que existe la posibilidad de que haya presencia de agentes patógenos, como por ejemplo agua o disoluciones de base acuosa.

Por ejemplo, los aparatos humidificadores aportan vapor de agua a recintos secos con objeto de aumentar su humedad relativa y garantizar el confort de las personas. También son empleados en procesos industriales en donde se requiere una humedad en el ambiente determinada incluso saturándolo, como podría ser el caso de un invernadero. Por otro lado, también hay unos dispositivos usados para enfriar/acondicionar un recinto a través del enfriamiento evaporativo, es decir, se extrae calor del ambiente a través de la evaporación de un líquido, generalmente agua, que se encuentra en contacto con el ambiente a acondicionar.

Para ambos dispositivos existen diversas técnicas de ejecución entre las que se encuentra la generación de un aerosol que se pone en contacto con el ambiente de modo que las gotas generadas se evaporen. En el caso de que dicho líquido se trate de agua, el efecto conseguido es aumentar la humedad relativa del recinto (humidificadores) y enfriar la estancia (enfriadores evaporativos). Este último sistema es cada vez más empleado por la eficiencia energética del proceso en comparación con un equipo convencional de aire acondicionado que use gas refrigerante y compresor.

En un proceso de humidificación a partir de la evaporación de las gotas de un aerosol, es importante que el tamaño de las gotas sea inferior a un determinado tamaño crítico (dependiente de las condiciones climáticas pero que suele ser inferior a unas 50 micras) para que queden en suspensión en el ambiente y posteriormente se evaporen. De no ser así, las gotas pueden no completar su evaporación en el tiempo deseado e impactar contra superficies cercanas generando deposición de agua en las mismas. Las técnicas de atomización de líquidos se podrían enumerar en atomización centrífuga, por presión hidrostática o hidrodinámica, neumática, electrohidrodinámica y ultrasónica. En la atomización neumática se recurre a un segundo fluido, generalmente un gas, que interacciona con el líquido atomizado transmitiéndole parte de su energía que se invierte en generación de superficie, es decir, en romper el líquido en gotas para formar un aerosol. La atomización neumática, en general consigue buenos rendimientos con una presión moderada.

Otras técnicas para humidificar ambientes se basan en la evaporación directa de agua y la introducción de este vapor generado en el ambiente. También se recurre a un sistema que consiste en pasar una corriente de aire por una cortina de agua con la consecuente transferencia de humedad a esta corriente de aire.

En todos estos procesos de humidificación se necesita un reservorio de agua líquida que nutrirá a los sistemas generadores de humedad. Las condiciones para que surjan colonias de bacterias patógenas, como el caso de *Legionella pneumophila*, son muy favorables en estos sistemas de almacenamiento de agua destinada a la humidificación y otros usos, por lo que los humidificadores ambientales han sido asociados a amplios brotes de legionelosis comunitaria.

Existen métodos para descontaminar estos depósitos de *Legionella*, principalmente mediante la hipercloración del agua, aunque también puede usarse como alternativa el precalentamiento a 71-77°C. También se encuentran otras patentes como la WO2005092473-A1 en la que se describe un filtro constituido por materiales tratados con agentes con propiedades antimicrobianas. La patente JP2004209395-A se refiere a otro método en el cual se añade al agua distintos compuestos que eliminan microbios como la *Legionella*. Definitivamente en la patente US2003089651-A1 se recoge un sistema en el que se trata una corriente de agua mediante una unidad de rayos ultravioleta esterilizadora, un dispositivo en el cual el agua es químicamente alterada y un mecanismo que mezcla el agua con vapor, todo con el fin de esterilizar completamente la corriente de agua.

### Explicación de la invención

Constituye el objeto de la presente invención un dispositivo de atomización neumática de un líquido mediante el uso de vapor de impulsión, de manera que ambos fluidos son expulsados al exterior tras su mezcla, produciéndose la salida del líquido en forma de aerosol o suspensión de gotas arrastrada por la corriente de gas. El dispositivo (ver figura 1) consta de un depósito de líquido (1), abierto o no a la atmósfera; un conducto de alimentación (2), que tiene su origen en el citado depósito; una bomba de impulsión (3) situada en dicho conducto que provee la extracción de líquido; aguas abajo de la bomba, el conducto de alimentación se bifurca en un conector (4) originando dos líneas: una línea de producción de vapor (6) y una línea de líquido (5); ambas líneas disponen de válvulas o elementos pasivos de regulación (7) para asegurar un reparto de caudales tal que el caudal másico de líquido a vaporizar está entre 0.01 y 0.99 veces el caudal másico total del líquido; el cambio de fase en la línea de producción de vapor tiene lugar en una cámara de vaporización (8), donde se dispone de algún medio de adición o recepción de calor (por ejemplo, una resistencia eléctrica, o una zona donde inciden los rayos de un colector solar); los dos extremos de dichas línea de vapor y línea de líquido alimentan un cabezal de mezclado y atomización (10) basado en la producción de una interfase libre e inestable entre dos corrientes fluidas; el aerosol que se obtiene en dicho cabezal sale a la atmósfera exterior para su uso; la aportación térmica en dicha cámara de vaporización (8) y el caudal de ambas fases se puede ajustar para satisfacer el objetivo de esterilizar total o parcialmente el aerosol generado.

Opcionalmente, el dispositivo incluye en la línea de líquido un intercambiador de calor (9) que eleva la temperatura del líquido sin producir su evaporación.

### Breve descripción de las figuras

Figura 1: esquema del dispositivo de atomización

Figura 2: esquema del dispositivo de atomización incluyendo un intercambiador de calor en la línea de líquido.

1. depósito de líquido destinado a ser atomizado
2. conducto de alimentación
3. bomba de impulsión
4. bifurcación en T
5. línea de líquido
6. línea de producción de vapor
7. válvulas de regulación de caudal
8. cámara de vaporización
9. intercambiador de calor (opcional)
10. cabezal de mezclado y atomización
11. conducto extracción de líquido

### Descripción detallada de la invención

El dispositivo objeto de la presente invención consta de un cabezal atomizador neumático (10) donde convergen dos corrientes, la del líquido a ser atomizado (5) y la del gas (6), que será vapor proveniente de un líquido vaporizable. Para conseguir la impulsión de ambas corrientes al cabezal se emplea una bomba (3). El caudal que impulsa esta bomba se divide en dos mediante una bifurcación (4). Una parte será vaporizada y la otra atomizada. El reparto de caudales se controla con elementos pasivos de regulación (7). El caudal destinado a ser atomizado se conduce al cabezal atomizador, mientras el otro atraviesa un sistema vaporizador (8) para después dirigirse al cabezal atomizador. Al entrar en contacto el vapor y el líquido en el proceso de atomización, la corriente de líquido eleva su temperatura, ocasionándose una esterilización parcial o total del mismo. Por lo tanto con este sistema que se basa en asegurar el contacto íntimo entre la corriente de líquido y el vapor, al menos en el instante de ser atomizado el líquido, se realiza la tarea doble de atomización y esterilización del líquido.

El sistema de vaporización se realiza al paso del agua por éste, por lo que permite al sistema trabajar en régimen continuo, debiéndose ceder la potencia térmica justa para vaporizar a este caudal.

Una de las ventajas de este sistema de atomización en su función humidificadora es el menor consumo de potencia, sobre todo en los arranques del dispositivo, frente a otros sistemas de vaporización en los cuales se suministra la potencia térmica a todo un volumen de agua para producir la completa evaporación del agua aportada al ambiente.

Por contra, el sistema que se presenta en esta invención sólo invierte energía en vaporizar una parte del agua aportada utilizando además la presión de vapor del vapor generado para romper la corriente de líquido en gotas. El resto del líquido sale al exterior y completa su evaporación mediante la absorción de la energía necesaria del entorno (al cual enfría por tanto). De este modo, la energía que se precisa aportar en el dispositivo es mucho menor que la de otros sistemas humidificadores que producen la evaporación total del agua.

Las ventajas en cuanto al potencial esterilizador del dispositivo son intrínsecas al propio sistema, ya que el empleo de vapor como gas de alimentación para un atomizador neumático, asegura que en el proceso de formación de gotas existirá un mezclado íntimo entre líquido y vapor, con la consiguiente esterilización del líquido.

En el caso de que fuese no suficiente el contacto entre el líquido y el vapor en el proceso de atomización para la esterilización se podría modificar el sistema, incluyendo algún elemento intercambiador de modo que se le ceda calor al conducto del líquido aumentando su temperatura consiguiendo disminuir la actividad microbiana. Como última opción, se podría inyectar todo el caudal de agua en el vaporizador y hacer una extracción del fondo del depósito de la cámara de vaporización del líquido a atomizar y una extracción de la parte superior del vapor que servirá de gas para llevar a cabo la atomización neumática, de modo que el líquido que se atomiza, alcanza la temperatura de vaporización en equilibrio con su vapor dentro de la cámara de vaporización, por lo que se maximiza la esterilización del líquido.

### Modo de realización de la invención

Se puede realizar un ejemplo de esta invención usando como líquido agua. Para llevar a cabo el montaje del dispositivo se construye un sistema a escala reducida. Para ello se usa un depósito de almacenamiento de agua (1). La impulsión del agua desde el depósito al circuito se consigue con microbombas volumétricas (3) basadas en un diodo que controla un pequeño pistón que son capaces de suministrar caudales del orden de los 0 a 20 ml/min a presiones de 0 a 4 bares. El consumo eléctrico de dicha bomba es de unos 20 W. El circuito hidráulico del sistema se puede materializar con conducciones metálicas, de plástico de alta temperatura o una combinación de ambas, con diámetros internos de la sección de paso menores a 1 mm. El circuito hidráulico se compone de un conducto principal (2) que se divide en una bifurcación (4). Los dos conductos que surgen tras la bifurcación contienen los caudales destinados a atomizar (5) y a vaporizar (6). La regulación de caudales se lleva a cabo con válvulas de aguja (7). Se inyecta continuamente un porcentaje del caudal total de agua a un sistema de vaporización (8) cuya presión de vapor generado sea menor a 4 bares, manteniendo una vaporización continua. El vaporizador (8) consta de un recipiente en cuyo interior existe una resistencia eléctrica que cede potencia térmica al agua que se vaporiza en su interior. El volumen de dicha cámara de vaporización es de 8 cm<sup>3</sup>. La entrada de agua al vaporizador se sitúa en el fondo del recipiente y la salida del vapor en la parte superior. La potencia térmica suministrada por el vaporizador debe ser ajustada al caudal que se pretenda vaporizar. El caudal de líquido restante es enviado al cabezal atomizador para ser atomizado. Se emplea un cabezal atomizador neumático (10) de alta eficiencia para la generación del aerosol.

El sistema descrito ha sido probado con un caudal total de 10 ml/min, del cual 3 ml/min son evaporados y el resto (7 mL/min) se destina a ser atomizado (6). La potencia térmica consumida es de unos 100 W, provenientes de una resistencia eléctrica. En estas condiciones se consigue un aerosol con un tamaño medio de gota inferior a 25 micras.

### Efecto esterilizador

Para estudiar el efecto esterilizador que se consigue mediante el dispositivo de la invención se ha llevado a cabo una experiencia con *Legionella pneumophila* serogrupo 1 que comprendía los siguientes pasos:

#### a) Preparación del inóculo inicial

Inocular 250 ml de agua destilada estéril con un cultivo de 48-72 horas de *L. pneumophila* serogrupo 1 ATCC hasta alcanzar una turbidez equivalente al 0,5 de McFarland (Abs 0.08-0.10 a 620 nm).

#### b) Siembra del total del volumen recuperado con un separador de vapor.

a. Se recoge en un recipiente estéril el total del volumen líquido de salida (aproximadamente el 70% del tanque inicial) con un dispositivo de recogida del vapor de agua. Dicho dispositivo fue diseñado y fabricado para recoger todo el líquido atomizado que sale del nebulizador mediante una superficie de impacto en la que las gotas se depositaban para posteriormente caer por gravedad en un colector inferior.

b. Se filtran con un filtro de nitrocelulosa estéril de 0,2 µm con bomba de presión.

c. Se toman el filtro con pinzas estériles y se introducen en contenedores con 10 ml de agua estéril. Se agitan en vortex durante 5 minutos.

d. Se mezcla, agitando en un vortex, 10 ml de muestra con 10 ml de solución ácida 0.2 M HCl/KCl pH 2.2 durante 4 minutos.

e. Se diluyen las muestras tratadas con agua destilada estéril 1/10, 1/100, 1/1000, 1/10000.

## ES 2 275 425 B2

- f. Se siembran 100  $\mu$ l de las muestras tratadas directamente y 100  $\mu$ l de las correspondientes diluciones en 2 placas de medio BCYE y 2 placas de medio GVPC.

c) Incubación y recuento de colonias

- a. Se incuban todas las placas inoculadas a  $36^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 10 días
- b. Se efectúan recuentos a los 5 y 7 días, realizando una identificación preliminar mediante pase a Agar sangre y BCYE.

d) Comparación entre el tanque (control) y la salida del atomizador (prueba)

Se compara la disminución del log10 de colonias viables de *Legionella* a la salida del atomizador respecto al recuento obtenido del tanque con los diferentes procedimientos de siembra. Los resultados se resumen en la tabla

		Recuento (ufc/ml)			
		5 días		7 días	
	Dilución	GVPC	BCYE	GVPC	BCYE
Control	$10^{-3}$	$3 \times 10^4$	$1 \times 10^4$	$3 \times 10^4$	$1 \times 10^4$
Prueba	Sin diluir	0	0	0	0
	$10^{-1}$	0	0	0	0
	$10^{-2}$	0	0	0	0
	$10^{-3}$	0	0	0	0

Tras 7 días no se recupera *Legionella* tras la salida del nebulizador en las condiciones del experimento.

### Aplicación industrial

La presente invención tiene aplicación en todas aquellas actividades en las que se necesite la generación de un aerosol a partir de un líquido en el que pueda haber presencia de agentes patógenos, microorganismos, etc.

Las aplicaciones en el sector industrial recorten todos aquellos procesos en los que se vea involucrada la necesidad de generación de spray a partir de un líquido y se disponga de una corriente de vapor. En procesos de humidificación es realmente ventajoso por su eficiencia energética y por su carácter esterilizador. En depuración de aguas se puede aplicar en algún tratamiento intermedio o final para garantizar la esterilización del agua.

En las aplicaciones de pinturas se puede usar debido a la ventaja de obtenerse una atomización más fina de la pintura por verse alterada su viscosidad por el efecto de la temperatura del vapor sobre la pintura. En el campo de inyección de combustibles, por ejemplo en calderas de gas, al introducir vapor en la cámara de combustión, las temperaturas dentro de ésta serán menores, lo que conlleva una disminución de formación del contaminante NOx, cuyas reacciones de formación están gobernadas por la temperatura dentro de la cámara de combustión. Especialmente interesante en turbinas de vapor o ciclos combinados, donde el vapor necesario para la atomización se podría obtener de extracciones de los últimos escalonamientos de la turbina de vapor.

Dentro del lavado de gases en centrales térmicas, para reducir el contaminante NOx, se emplean equipos donde se pulveriza urea o agua con el fin de combinarse con este contaminante y reducir su concentración en el gas y pasar al fango. De nuevo se podría obtener el vapor necesario de extracciones de los escalonamientos finales de la turbina a presiones bajas, tal que la contribución a aportar potencia de este vapor sea despreciable y su uso para descontaminar los gases de combustión sea más apropiado. Además, haciendo uso de atomizadores neumáticos, en vez de las duchas convencionales, los tamaños de las gotas son menores. Así se obtiene mayor superficie de transferencia y por tanto los tamaños de los equipos de lavado de gases se ven reducidos en igual proporción que aumentamos la superficie de transferencia. Si se emplea vapor en vez de aire para asistir los atomizadores neumáticos dentro de este interés de purificación de gases contaminados, ya se estaría introduciendo agua como agente para reducir el NOx.

REIVINDICACIONES

5 1. Dispositivo de atomización neumática de un líquido mediante el uso de vapor de impulsión, siendo ambos fluidos  
expulsados al exterior tras su mezcla, produciéndose la salida del líquido en forma de aerosol o suspensión de gotas  
arrastrada por la corriente de gas; el dispositivo consta de un depósito de líquido (1), abierto o no a la atmósfera; un  
conducto de alimentación (2), que tiene su origen en el citado depósito; una bomba de impulsión (3) situada en dicho  
conducto que provee la extracción de líquido; aguas abajo de la bomba, el conducto de alimentación se bifurca en  
un conector (4) originando dos líneas: una línea de producción de vapor (6) y una línea de líquido (5); ambas líneas  
10 disponen de válvulas o elementos pasivos de regulación (7) para asegurar un reparto de caudales tal que el caudal  
máximo de líquido a vaporizar está entre 0.01 y 0.99 veces el caudal máximo total del líquido; el cambio de fase en  
la línea de producción de vapor tiene lugar en una cámara de vaporización (8), donde se dispone de algún medio de  
adición o recepción de calor (por ejemplo, una resistencia eléctrica, o una zona donde inciden los rayos de un colector  
solar); los dos extremos de dichas línea de vapor y línea de líquido alimentan un cabezal de mezclado y atomización  
15 (10) basado en la producción de una interfase libre e inestable entre dos corrientes fluidas; el aerosol que se obtiene  
en dicho cabezal sale a la atmósfera exterior para su uso; la aportación térmica en dicha cámara de vaporización (8)  
y el caudal de ambas fases se puede ajustar para satisfacer el objetivo de esterilizar total o parcialmente el aerosol  
generado.

20 2. Dispositivo para la atomización neumática de un líquido según la reivindicación primera, **caracterizado** porque  
dicha línea de líquido dispone de un intercambiador de calor (9) que eleva la temperatura del líquido sin producir su  
evaporación.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

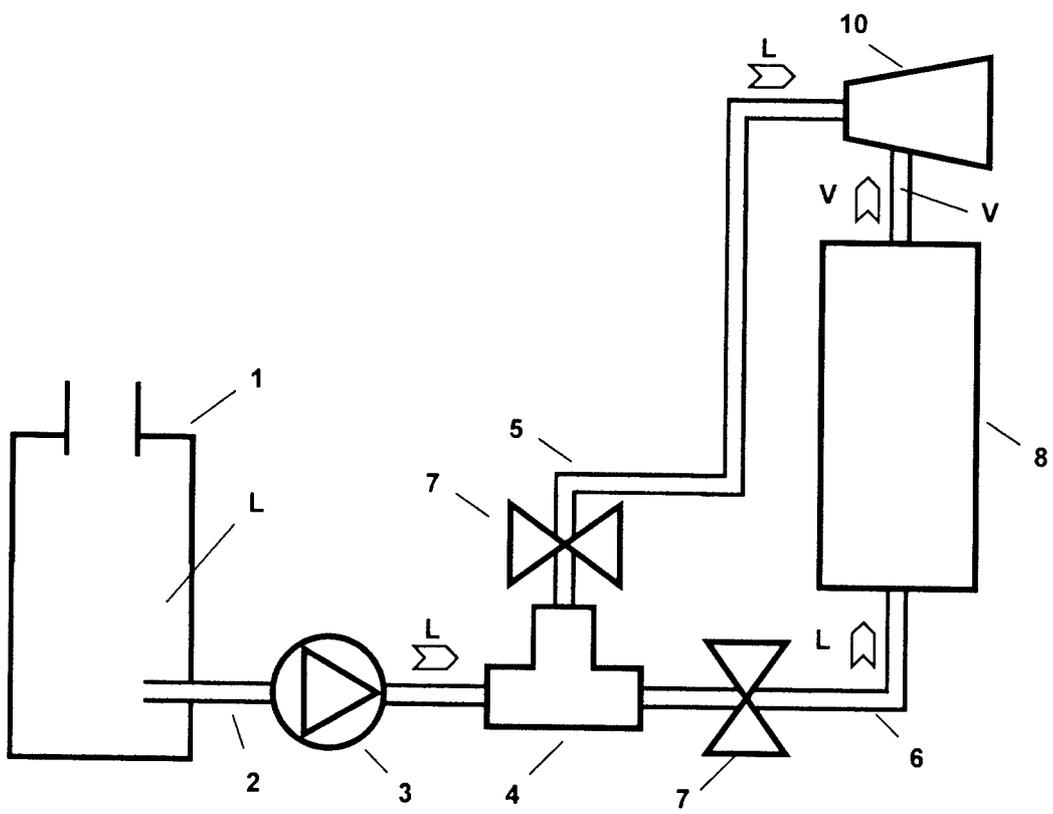


Figura 1

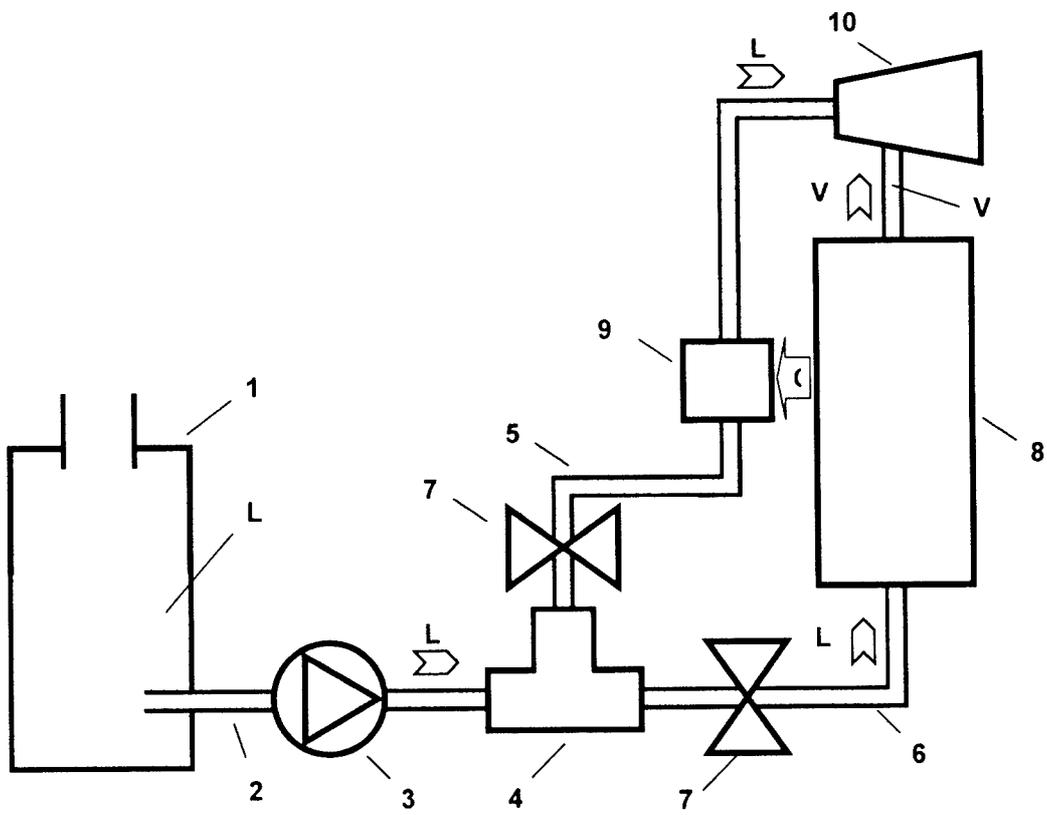


Figura 2



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 275 425

② N° de solicitud: 200502367

③ Fecha de presentación de la solicitud: 23.11.2005

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **B05B 7/24** (2006.01)  
**F24F 6/12** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	JP 2002048365 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 15.02.2002, resumen; párrafos [0009-0012]; figuras.	1,2
A	US 4663091 A (SEO et al.) 05.05.1987, resumen; figuras 2,3.	1
A	DE 3406831 A1 (SCHUNK HELMUT) 29.08.1985, resumen;	1
A	US 5547615 A (JANE et al.) 20.08.1996, resumen; figuras.	1
A	GB 2182029 A (SWIFT THOMAS RICHARD; DESTY DENNIS) 07.05.1987, resumen; figuras.	1
A	JP 2002089895 A (SANYO ELECTRIC CO) 27.03.2002, resumen; figuras.	1
A	US 2790063 A (FREDERIK et al.) 23.04.1957, columna 6, líneas 10-54; figura 16.	1

**Categoría de los documentos citados**

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

**Fecha de realización del informe**

24.04.2007

**Examinador**

D. Hernández Fernández

**Página**

1/1