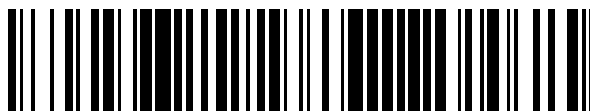


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 337**

51 Int. Cl.:

B01D 1/18 (2006.01)

B01D 9/00 (2006.01)

B04C 9/00 (2006.01)

B01J 2/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.02.2013 PCT/EP2013/052478**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.08.2013 WO13117671**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2013 E 13702660 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 2812104**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de preparación de nanopartículas por evaporación súbita**

30 Prioridad:

07.02.2012 FR 1251143

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.03.2020

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) (50.0%)
3, rue Michel-Ange
75016 Paris, FR y
I.S.L. INSTITUT FRANCO-ALLEMAND DE
RECHERCHES DE SAINT-LOUIS (50.0%)**

72 Inventor/es:

**RISSE, BENEDIKT;
HASSLER, DOMINIQUE y
SPITZER, DENIS**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 751 337 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

Procedimiento y dispositivo de preparación de nanopartículas por evaporación súbita

- 5 **[0001]** La invención se refiere al campo de la preparación de nanopartículas. En particular, la invención proporciona un procedimiento y un dispositivo que permiten preparar nanopartículas orgánicas o inorgánicas por evaporación instantánea o evaporación súbita, por ejemplo, para la fabricación de nanopartículas de fertilizantes, principios activos farmacéuticos o fitofarmacéuticos o materiales energéticos insensibles.
- 10 **[0002]** El procedimiento según la invención comprende el calentamiento de una solución de un compuesto orgánico o inorgánico a una temperatura superior al punto de ebullición del disolvente a presión estándar, evitando al mismo tiempo la evaporación de este disolvente mediante la acción de una fuerte presión sobre la solución. La atomización de la solución después de su paso a través de una boquilla provoca la expansión y evaporación del disolvente en un tiempo extremadamente corto, generalmente del orden de una fracción de segundo. La evaporación del disolvente provoca una sobresaturación extrema de las gotas y el compuesto cristaliza para formar nanopartículas.
- 15 **[0003]** Una de las ventajas del procedimiento según la invención es que permite el control sobre el tamaño de las nanopartículas, en particular actuando sobre la presión, la temperatura, el disolvente, la concentración o según la boquilla implementada.
- [0004]** Existen procedimientos para preparar nanopartículas de compuestos.
- 25 **[0005]** Sin embargo, estos procedimientos conocidos no siempre permiten alcanzar tamaños de partícula que son realmente de tamaño submicrométrico.
- [0006]** Otros procedimientos conocidos no permiten la preparación de grandes cantidades de nanopartículas en un tiempo razonable. Los procedimientos conocidos a menudo tienen capacidades de producción reducidas, en particular debido a las dificultades encontradas al recuperar las partículas.
- 30 **[0007]** Por lo tanto, se conocen diferentes procedimientos para preparar nanopartículas en un fluido supercrítico, aplicado, por ejemplo, a derivados de carotenoides (documento DE-2943267) y derivados de proteínas (documento WO-2006/101352) o para depositar una película nanométrica (documentos US-4734451, US-4970093). Estos documentos describen la tecnología RESS (expansión rápida de soluciones supercríticas) que solo es eficiente a escala reducida y, por lo tanto, no puede transferirse a nivel industrial.
- [0008]** Otro procedimiento describe la preparación de nanopartículas y micropartículas, aplicadas a compuestos lipídicos mediante el uso sucesivo de dos fluidos supercríticos (documento WO-2007/028421). El primer fluido se usa para preparar una solución que comprende estos derivados lipídicos y el segundo fluido permite obtener la dispersión de esta solución. Este procedimiento describe la obtención de nanopartículas y micropartículas modificando la solubilidad de la composición lipídica en los dos fluidos supercríticos.
- 40 **[0009]** Uno de los inconvenientes de los procedimientos que implementan fluidos supercríticos es que están limitados por la solubilidad de la composición en estos fluidos supercríticos.
- [0010]** Además, estos procedimientos del estado de la técnica no permiten la preparación de nanopartículas compuestas con una relación de elementos de compuesto determinada. De hecho, la relación de los elementos de compuesto en la solución inicial no corresponde a la relación de los elementos de compuesto objetivo. Esta diferencia entre la relación inicial y la relación final de los elementos de compuesto proviene de la solubilidad respectiva de los elementos de compuesto en la solución inicial implementada y tratada con el fluido supercrítico.
- [0011]** Además, no se pueden aplicar universalmente, independientemente de la naturaleza de la composición.
- 55 **[0012]** Se conoce también la preparación de nanopartículas por nebulización por medio de transductores (documento FR-2897281).
- [0013]** Finalmente, se conoce un procedimiento de captura semicontinua de nanopartículas para purificar el agua e integra una etapa de evaporación (documento US-7628893).
- 60 **[0014]** Por lo tanto, existe la necesidad de un procedimiento para preparar nanopartículas que proporcione soluciones a los problemas de los procedimientos conocidos. La invención se refiere a un procedimiento para preparar nanopartículas que aporta una solución a todos o parte de los problemas de los procedimientos conocidos.
- 65 **[0015]** En particular, el procedimiento según la invención es más fácil de implementar ya que usa una solución

y no un gas comprimido y las presiones a alcanzar son más bajas que para los procedimientos en un medio supercrítico.

5 **[0016]** Además, el procedimiento según la invención permite la preparación de nanopartículas de muy pequeño tamaño en grandes cantidades, que se dispersan y no se aglomeran.

[0017] De manera particularmente ventajosa, el procedimiento según la invención puede implementarse a escala industrial.

10 **[0018]** Por lo tanto, la invención proporciona un procedimiento para preparar nanopartículas, según la reivindicación 1, al menos una dimensión de las cuales es inferior a 100 nm, de al menos un compuesto, que comprende las siguientes etapas:

15 ■ preparar una solución que comprende al menos un compuesto orgánico o inorgánico y al menos un disolvente:

- suministrar dicha solución de un reactor de un dispositivo de cristalización;

20 ■ calentar la solución, a una presión que varía de 3 a 300 bar, a una temperatura superior al punto de ebullición del disolvente o a una temperatura superior al punto de ebullición de la mezcla de disolventes;

■ atomizar la solución en una cámara de atomización por medio de al menos un dispositivo de dispersión y a un ángulo que varía de 30 a 150° a una presión que varía de 0,0001 a 2 bar;

■ separar el disolvente en forma gaseosa en un dispositivo de separación del disolvente de la cámara de atomización, eliminándose dicho disolvente por medio de una bomba de vacío;

25 **[0019]** El tamaño de las nanopartículas de compuesto preparadas según la invención es submicrométrico para al menos una de las dimensiones de estas partículas, preferiblemente el tamaño de las nanopartículas preparadas varía de 2 a 100 nm, más preferiblemente de 5 a 90 nm o 10 a 80 nm.

30 **[0020]** El procedimiento según la invención es adecuado para preparar nanopartículas de numerosos compuestos orgánicos o inorgánicos. En particular, el procedimiento según la invención es particularmente eficiente y ventajoso para preparar nanopartículas de compuestos energéticos, compuestos farmacéuticos, compuestos fitofarmacéuticos, compuestos colorantes, pigmentos, tintas, pinturas y óxidos metálicos.

35 **[0021]** Numerosas soluciones que comprenden al menos un compuesto orgánico o mineral son adecuadas para el procedimiento según la invención.

[0022] De manera particularmente ventajosa, el compuesto orgánico o mineral se selecciona de compuestos solubles en disolventes cuyo punto de ebullición es inferior a 80 °C.

40 **[0023]** El procedimiento según la invención puede implementarse para la preparación de nanopartículas continua o bien semicontinua.

45 **[0024]** El procedimiento según la invención comprende una etapa final para recuperar las nanopartículas de compuestos. Esta recuperación se puede realizar por medio de uno o más dispositivos seleccionados de un separador electrostático, un ciclón, un ciclón ciclónico que comprende un dispositivo electrostático.

[0025] Para aumentar la velocidad de evaporación y, por lo tanto, el grado de saturación, el calentamiento de la solución se realiza antes de la atomización.

50 **[0026]** Para el procedimiento de la invención, el calentamiento se realiza por encima del punto de ebullición del disolvente y permite un fuerte aumento en la solubilidad del compuesto en el disolvente elegido. En la solución sobrecalentada, el calor de vaporización se almacena en forma de energía térmica.

55 **[0027]** El procedimiento según la invención permite hacer que la tasa de disolvente vaporizado varíe según el grado de sobrecalentamiento aplicado a la solución.

[0028] Numerosos disolventes son adecuados para el procedimiento según la invención. Se pueden usar en solitario o en una mezcla.

60 **[0029]** Los disolventes preferidos tienen las siguientes propiedades:

- bajo punto de ebullición;
- baja entalpía de evaporación;
- alto calor específico.

65

[0030] Entre los disolventes utilizados para el procedimiento según la invención, se da preferencia a los disolventes cuyo punto de ebullición es inferior a 80 °C, incluso inferior a 60 °C.

[0031] Como ejemplos de disolventes adecuados para el procedimiento según la invención, se pueden citar
 5 alcanos, por ejemplo, pentano (PE = 36 °C) o hexano (PE = 68 °C); alcoholes, por ejemplo, metanol (PE = 65 °C) o etanol (PE = 78-79 °C); tioles, por ejemplo, etano-tiol (PE = 35 °C); aldehídos, por ejemplo, etanal (PE = 20 °C) o aldehído propiónico (PE = 48 °C); cetonas, por ejemplo, acetona (PE = 56 °C); éteres, por ejemplo, metil terc-butil éter (PE = 55 °C) o tetrahidrofurano (PE = 66 °C); ésteres de ácidos, especialmente ésteres de ácido fórmico, por ejemplo, formiato de metilo (PE = 32 °C), ésteres de ácido acético, por ejemplo, acetato de metilo (PE = 57-58 °C); aminas, por
 10 ejemplo, trimetilamina (PE = 2-3 °C).

[0032] Para evitar que el disolvente se evapore demasiado rápido cuando se calienta la solución, se aplica una fuerte sobrepresión con respecto a la presión atmosférica a la solución. Por lo tanto, el calentamiento de la solución se realiza ventajosamente a una presión que varía de 5 a 150 bar, preferiblemente a una presión que varía de 10 a
 15 60 bar.

[0033] Ventajosamente, la presión aplicada a la solución durante el calentamiento se aplica bajo la presión de un gas inerte, en particular un gas inerte seleccionado de nitrógeno, argón, helio, neón, xenón. Se prefiere nitrógeno.

[0034] La disminución de la sobrepresión provoca la evaporación instantánea del disolvente en una etapa de evaporación súbita eficaz en una fracción de segundo. Esta evaporación instantánea conduce a tal sobresaturación que el compuesto disuelto en el disolvente cristaliza inmediatamente.

[0035] Por lo tanto, esta cristalización se inicia en el momento de la atomización de la solución en la cámara de atomización. Esta atomización de la solución se realiza ventajosamente a una presión que varía de 0,001 a 2 bar.

[0036] Preferiblemente, la atomización se realiza por medio de un dispositivo de dispersión que se selecciona de una boquilla de cono hueco, una boquilla de cono lleno, una boquilla de chorro plano, una boquilla de chorro recto, un atomizador neumático y sus asociaciones. El dispositivo preferido es una boquilla de cono hueco.
 30

[0037] El procedimiento según la invención es adecuado para atomizar la solución en una cámara de atomización por medio de al menos un dispositivo de dispersión. La atomización se realiza por medio de varios dispositivos de dispersión que suman entre 1 y 100, ventajosamente entre 1 y 50, más ventajosamente entre 3 y 5.

[0038] De manera particularmente ventajosa, especialmente a escala industrial, el procedimiento según la invención puede implementarse atomizando la solución en una cámara de atomización por medio de varios dispositivos de dispersión que suman 100 o más dispositivos.

[0039] También preferiblemente, la atomización se realiza a un ángulo de 60 a 80°.

[0040] Después de atomizar la solución, la separación de las nanopartículas de la fase gaseosa se realiza ventajosamente en un precipitador electrostático, en un ciclón axial, o en una combinación de un precipitador electrostático y un ciclón axial.

[0041] El precipitador electrostático funciona a presión atmosférica mientras que el ciclón axial funciona a una presión inferior a la presión atmosférica.

[0042] De manera particularmente ventajosa, la combinación de dos ciclones axiales en paralelo permite la producción semicontinua de nanopartículas.

[0043] Un ejemplo de un precipitador electrostático adecuado para el procedimiento según la invención se describe en el documento FR-2897281 (página 4) y comprende un dispositivo cilíndrico que incluye un electrodo central y un electrodo periférico metálico. El electrodo central es un cable de pequeño diámetro y el electrodo periférico es un electrodo de cobre. La diferencia de potencial entre los dos electrodos está entre 5 y 20 kV para una distancia de
 55 aproximadamente 4 a 5 cm.

[0044] Un ejemplo de ciclón axial adecuado para el procedimiento según la invención se describe en el documento US-6969420, en particular en las realizaciones 1 y 2 de los ejemplos.

[0045] Tal dispositivo permite la separación de nanopartículas en función de su diámetro dinámico debido al movimiento circular impartido a las partículas dentro del ciclón. Las partículas finalmente se recogen en un recipiente o casete portafiltras.

[0046] El disolvente en estado gaseoso se elimina, por ejemplo, mediante una bomba de vacío. Después, se
 65 puede recoger o reciclar.

[0047] Además de un procedimiento para preparar nanopartículas, la invención se refiere a un dispositivo que permite la implementación de este procedimiento. Por lo tanto, la invención proporciona un dispositivo para la cristalización de nanopartículas de al menos un compuesto que comprende

5

■ un reactor que comprende

- un suministro de una solución del compuesto y al menos un disolvente;
- un dispositivo para presurizar la solución del compuesto y el disolvente a una presión que puede variar de 3 a 300 bar;

10 - un dispositivo de calentamiento;

■ una cámara de atomización que comprende

- al menos un dispositivo de dispersión de la solución a un ángulo que varía de 30 a 150° y a una presión que varía de 0,0001 a 2 bar;

15 - un dispositivo de separación del disolvente que elimina el disolvente en forma gaseosa por medio de una bomba de vacío;

20 ■ uno o más dispositivos de recuperación de nanopartículas de compuesto seleccionados de un separador electrostático, un ciclón, un ciclón que comprende un dispositivo electrostático.

[0048] Un modo de implementación de un dispositivo según la invención se ilustra en la figura 1.

25 **[0049]** El dispositivo está compuesto por cuatro partes principales: un recipiente (1) para almacenar a presión fuerte la solución de disolvente y el precursor, una cámara de atomización que comprende una boquilla caliente (3) integrada, dos ciclones axiales (5) montados en paralelo y que permiten la producción semicontinua, una bomba de vacío (6).

30 **[0050]** En el recipiente de 5 l (1) que contiene el disolvente con el soluto, se aplica una sobrepresión de nitrógeno comprimido. Inicialmente, esta sobrepresión permite el desplazamiento del oxígeno y evita la evaporación del disolvente. El caudal volumétrico en este sistema se induce por la sobrepresión de nitrógeno comprimido.

[0051] Un filtro de 15 µm (2) repele todas las impurezas sólidas en la solución inicial.

35 **[0052]** Se instala una boquilla de cono hueco (3), con calentamiento eléctrico, en la cámara de atomización. Se controlan los parámetros de presión, temperatura y distribución del tamaño de partícula. El tipo de ramificación permite el cambio rápido de boquillas. La temperatura de calentamiento eléctrico se elige por el usuario.

40 **[0053]** Un recipiente o depósito de disolvente (4) se llena con el mismo disolvente que el recipiente (1) y se usa para enjuagar la línea y la boquilla después de su uso.

45 **[0054]** Los ciclones axiales (5) se instalan en paralelo. Durante el funcionamiento, solo un ciclón está operativo; el segundo ciclón está en modo inactivo. Gracias a la fuerza centrífuga, las partículas sólidas se depositan en el interior del ciclón, saliendo los componentes gaseosos del ciclón a través de un tubo de succión. Para drenar el ciclón primero, se abre el circuito que conduce al segundo ciclón y después se cierra el primer circuito que conduce al primer ciclón. La bomba de vacío (6) asegura un flujo permanente en la instalación y permite la extracción de vapores de disolvente del sistema.

50 **[0055]** La preparación de nanopartículas según la invención se describe a continuación en realizaciones particulares usando los siguientes ejemplos.

Ejemplo 1: Preparación de nanopartículas de perclorato de bis-5-nitrotetrazolato tetra-amina cobalto (BNCP)

55 **[0056]** Se utiliza el dispositivo según la figura 1.

[0057] Se disolvieron 4,3 g de BNCP (perclorato de bis-5-nitrotetrazolato tetra-amina cobalto) en 2300 ml de acetona. La solución se calentó a 160 °C a una presión de 20 a 25 bar. Por medio de una boquilla de cono hueco, la solución se dispersó en una cámara de atomización con un ángulo de atomización de 60°. La presión en la cámara de atomización fue de 5 mbar. La separación de partículas se realizó por medio de un ciclón axial. La cámara de atomización y el ciclón axial se calentaron externamente a 100 °C.

60 **[0058]** Se obtuvieron 2,3 g de nanopartículas de BNCP.

[0059] Las partículas de BNCP producidas tienen una forma esférica. El tamaño medio evaluado por análisis de imágenes con microscopio electrónico de barrido (SEM) es de 300 ± 200 nm (figura 2).

[0060] Además, la nanocristalización da como resultado la desensibilización de BNCP. De hecho, en comparación con el producto inicial, la nanocristalización de BNCP permite una desensibilización a la fricción del 400 % y una desensibilización a la descarga electrostática (DES) del 65 % (véase la Tabla 1). La sensibilidad a la fricción se midió utilizando el procedimiento BAM (*Bundesanstalt für Materialprüfung*) y un aparato de prueba de fricción del tipo “Julius Peters”. La sensibilidad a la descarga electrostática se midió usando un aparato de prueba de chispa, modelo ESD 2008, OZM Research s.r.o.

Tabla 1

	Impacto (J)	Fricción (N)	DES (mJ)
BNCP amarillo	1,56	20	120,74
BNCP amarillo y nanocristalizado	<1,56	84	199,59

10

Ejemplo 2: Preparación de un compuesto de nanopartículas de ciclotrimetilentrinitramina (RDX) y trinitrotolueno (TNT)

[0061] Se utiliza el dispositivo según la figura 1.

15 **[0062]** Se disolvieron 1,2 g de RDX (ciclotrimetilentrinitramina) y 0,8 g de TNT (trinitrotolueno) en 500 ml de acetona. La solución se calentó a 150 °C a una presión de 25 bar. Por medio de una boquilla de cono hueco, la solución se dispersó en una cámara de atomización con un ángulo de atomización de 60°. La presión en la cámara de atomización fue de 5 mbar. La separación de partículas se realizó por medio de dos ciclones axiales en paralelo.

20 **[0063]** Después de una hora, se obtuvieron 0,75 g de nanopartículas compuestas RDX-TNT. El tamaño medio evaluado por análisis de imágenes está comprendido entre 200 nm y 500 nm.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para preparar nanopartículas, al menos una dimensión de las cuales es inferior a 100 nm, de al menos un compuesto, que comprende las siguientes etapas:
- 5
- preparar una solución que comprende al menos un compuesto orgánico o inorgánico y al menos un disolvente;
 - suministrar dicha solución de un reactor de un dispositivo de cristalización;
 - calentar la solución, a una presión que varía de 3 a 300 bar, a una temperatura superior al punto de ebullición del disolvente o a una temperatura superior al punto de ebullición de la mezcla de disolventes;
- 10
- atomizar la solución en una cámara de atomización por medio de al menos un dispositivo de dispersión (3) y a un ángulo que varía de 30 a 150° a una presión que varía de 0,0001 a 2 bar;
 - separar el disolvente en forma gaseosa en un dispositivo de separación (5) del disolvente de la cámara de atomización, eliminándose dicho disolvente por medio de una bomba de vacío (6);
 - recuperar las nanopartículas de al menos un compuesto cristalizado.
- 15
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la recuperación de las nanopartículas del compuesto se realiza por medio de uno o más dispositivos (5) seleccionados de entre un separador electrostático, un ciclón, un ciclón que comprende un dispositivo electrostático.
- 20
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, que es continuo o semicontinuo.
4. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 3, por el que el punto de ebullición del disolvente o la mezcla de disolventes es inferior a 80 °C.
- 25
5. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 4, por el que el punto de ebullición del disolvente o la mezcla de disolventes es inferior a 60 °C.
6. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 5, por el que el calentamiento de la solución se realiza a una presión que varía de 5 a 150 bar.
- 30
7. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 6 por el que el calentamiento de la solución se realiza a una presión que varía de 10 a 60 bar.
8. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 7, por el que el calentamiento de la solución se realiza a
- 35
- presión de un gas inerte seleccionado entre nitrógeno, argón, helio, neón, xenón.
9. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 8, por el que la atomización de la solución se realiza a una presión que varía de 0,001 a 2 bar.
- 40
10. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 9, por el que el dispositivo de dispersión (3) se elige entre una boquilla de cono hueco, una boquilla de cono lleno, una boquilla de chorro plano, una boquilla de chorro recto, un atomizador neumático y sus asociaciones.
11. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 10, por el que la atomización se realiza en un ángulo de
- 45
- 60 a 80°.
12. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 11, por el que el compuesto se selecciona entre compuestos energéticos, compuestos farmacéuticos, compuestos fitofarmacéuticos, compuestos colorantes, pigmentos, tintas, pinturas, óxidos metálicos.
- 50
13. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 12, por el que el disolvente se selecciona entre alcanos, por ejemplo, pentano (PE = 36 °C) o hexano (PE = 68 °C); alcoholes, por ejemplo, metanol (PE = 65 °C) o etanol (PE = 78-79 °C); tioles, por ejemplo, etano-tiol (PE = 35 °C); aldehídos, por ejemplo, etanal (PE = 20 °C) o aldehído propiónico (PE = 48 °C); cetonas, por ejemplo, acetona (PE = 56 °C); éteres, por ejemplo, metil terc-butil éter (PE = 55 °C) o tetrahidrofurano (PE = 66 °C); ésteres de ácidos, especialmente ésteres de ácido fórmico, por ejemplo, formiato de metilo (PE = 32 °C), ésteres de ácido acético, por ejemplo, acetato de metilo (PE = 57-58 °C); aminas, por ejemplo, trimetilamina (PE = 2-3 °C).
- 55
14. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 13 para la preparación de nanopartículas cuyo tamaño
- 60
- varía de 2 a 100 nm.
15. Dispositivo para la cristalización de nanopartículas de al menos un compuesto que comprende
- un reactor que comprende
- 65

ES 2 751 337 T3

- un suministro de una solución del compuesto y al menos un disolvente;
- un dispositivo para presurizar la solución del compuesto y el disolvente que permite una presión que varía de 3 a 300 bar;
- un dispositivo de calentamiento;

5

- una cámara de atomización que comprende

- al menos un dispositivo de dispersión (3) de la solución a un ángulo que varía de 30 a 150° y que permite una presión que varía de 0,0001 a 2 bar;

- 10 - un dispositivo de separación (5) del disolvente que elimina el disolvente en forma gaseosa por medio de una bomba de vacío (6);

- uno o más dispositivos de recuperación (2) de nanopartículas de compuesto seleccionados de un separador electrostático, un ciclón, un ciclón que comprende un dispositivo electrostático.

15

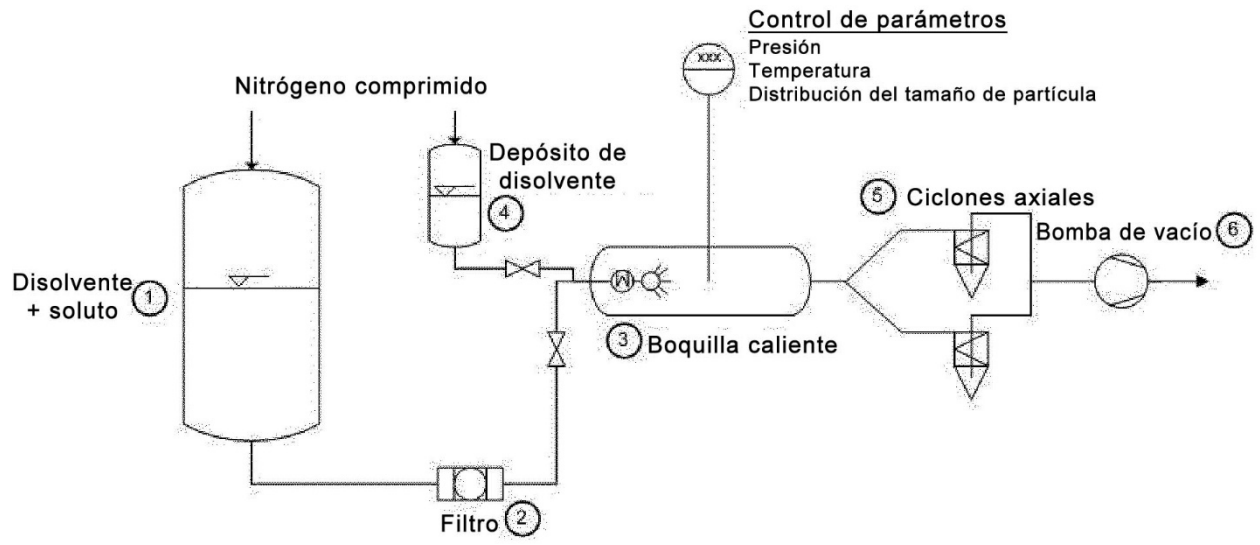


Figura 1

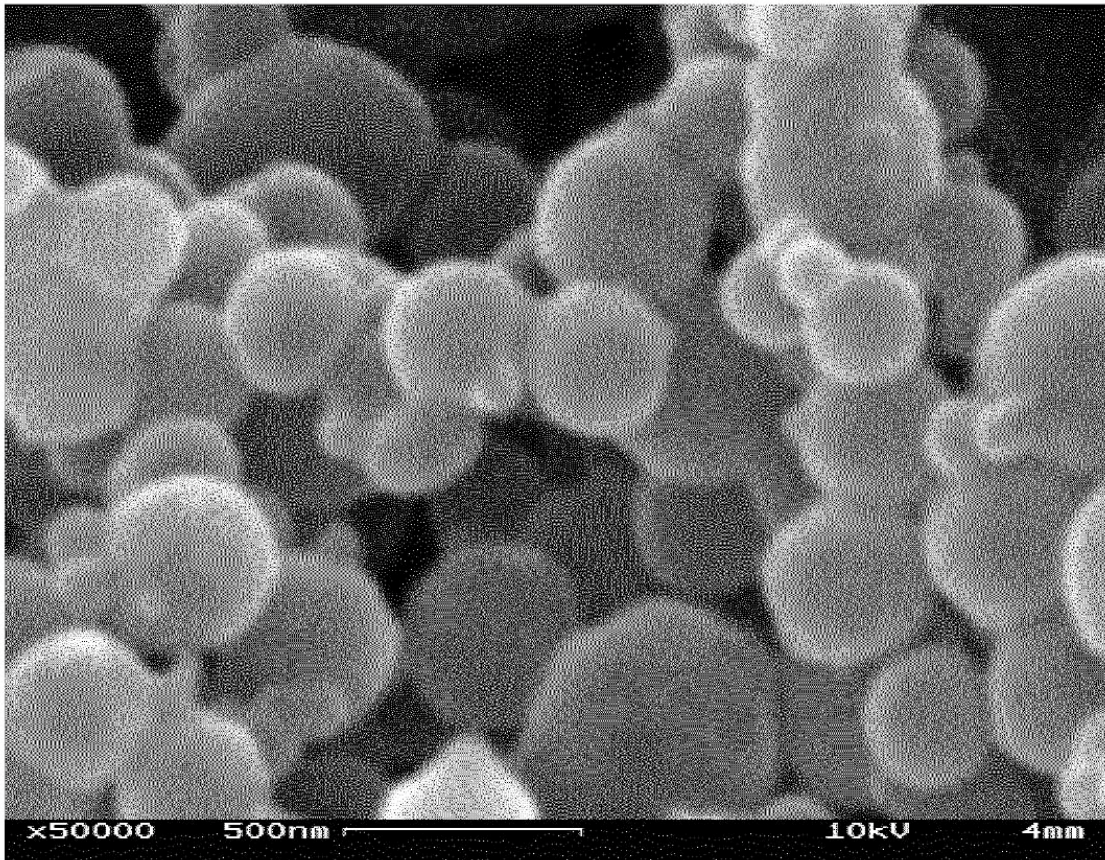


Figura 2