

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 698 113**

51 Int. Cl.:

**C01B 13/11** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.02.2016** **E 16156070 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018** **EP 3208233**

54 Título: **Generación de ozono a altas presiones**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**31.01.2019**

73 Titular/es:

**XYLEM IP MANAGEMENT S.À.R.L. (100.0%)**  
**11, Breedewues**  
**1259 Senningerberg, LU**

72 Inventor/es:

**FIEKENS, RALF;**  
**FIETZEK, REINER;**  
**SALVERMOSER, MANFRED y**  
**BRÜGGEMANN, NICOLE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 698 113 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

Generación de ozono a altas presiones

La presente invención se refiere a un procedimiento para la producción de ozono a presión elevada con las características del preámbulo de la reivindicación 1.

5 En algunos campos de aplicación de ozono se necesitan, por requerimientos de procedimiento, altas presiones en la salida del aparato generador de ozono de hasta 12 bar. Entre estos se encuentra, por ejemplo, en la industria papelera, el blanqueamiento del papel. Convencionalmente se utilizan para el blanqueamiento del papel generadores de ozono que presentan capacidades de ozono de varios kg/h a presiones de trabajo de aproximadamente 1-2 bar.

10 En la presente descripción y en las reivindicaciones de patente se usará como unidad técnica de la presión la unidad "bar". Esta ha de entenderse como sobrepresión medida frente a la presión atmosférica. El valor numérico de la presión absoluta, que ha de diferenciarse de esta, es 1013 mbar superior.

Tal generador de ozono se conoce, por ejemplo, por el documento de solicitud WO/2013/136663. Un electrodo de alta tensión tubular está rodeado por un dieléctrico tubular y un contraelectrodo tubular. Los electrodos están diseñados de manera concéntrica uno respecto a otro. El dieléctrico se apoya en el contraelectrodo sobre el lado interior. El espacio intermedio entre el dieléctrico y el electrodo de alta tensión es atravesado por un gas con contenido en oxígeno. Entre el dieléctrico y el electrodo de alta tensión se forman, durante el funcionamiento, descargas silenciosas. La distancia entre el dieléctrico y el electrodo de alta tensión se denomina distancia de intersticio o también distancia de arco. El generador de ozono puede funcionar con una distancia de intersticio de 0,5 mm con una presión de gas entre 1,2 y 3,2 bar. Si la distancia de intersticio se reduce en 0,2 mm, el intervalo de presión se sitúa entre 2 y 5,3 bar. A medida que se incrementa la presión de gas aumenta, para una misma distancia de intersticio, la tensión necesaria para el encendido. Una compensación de este efecto se logra aquí reduciendo la distancia de intersticio. Por motivos de la técnica de fabricación, el intersticio de este tipo de generadores de ozono no puede reducirse arbitrariamente, a fin de garantizar un funcionamiento a altas presiones. Además, por causa de problemas de aislamiento, solo pueden utilizarse fuentes de alimentación de tensión de hasta aproximadamente 20 kV. Los generadores de ozono convencionales están limitados, por tanto, debido a la tensión máxima y a la distancia de intersticio mínima, a un intervalo de presión.

Además, también es importante la rentabilidad de la generación de ozono. Este tipo de generadores de ozono ya no consiguen, a medida que se incrementa la presión, concentraciones de ozono tan altas, mientras que a medida que cae la presión la eficiencia de la generación de ozono disminuye. Una producción de ozono rentable y la generación de altas concentraciones de ozono no son posibles, por tanto, a altas presiones. Los generadores de ozono convencionales tienen, en función de la concentración de ozono, una presión de funcionamiento óptima ("Effects of discharge gap width and gas pressure on ozone generation characteristics of an Air-Feed-ozonoe generator", J. Kitayama *et al.*, Proceedings 13th Ozone World Congress, Kyoto). En caso de desviaciones de esta presión de funcionamiento óptima se producen notables pérdidas de eficiencia ("Ozone production in a high frequency dielectric barrier discharge generator", R.G. Haverkamp *et al.*, Ozone Science & Engineering Vol. 24, págs. 321-328). Por lo tanto, para los generadores de ozono convenciones no son rentables presiones de funcionamiento elevadas.

El documento EP 2 835 347 A1 da a conocer un procedimiento para la producción de ozono a presión elevada con una capacidad de varios kg a varias decenas de kg de ozono/h por medio de un generador de ozono con un electrodo de alta tensión y un contraelectrodo, que delimitan un espacio intermedio, en el que está dispuesto un dieléctrico y que es atravesado por un gas con contenido en oxígeno con una presión de gas de 0,2 a 0,3 MPa (presión absoluta). La fuente de alimentación de tensión proporciona una alta tensión en un intervalo de 10 kV.

Para comprimir el ozono a la presión necesaria, se utilizan compresores de anillo de agua. Sin embargo, estos compresores son caros de fabricar y presentan un alto consumo de energía.

45 El objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para la producción de ozono a presión elevada, en el que puedan lograrse altas concentraciones de ozono y altas capacidades de ozono de manera eficaz.

Este objetivo se consigue por un procedimiento con las características de la reivindicación 1.

Por consiguiente, está previsto un procedimiento para la producción de ozono a presión elevada con una capacidad de al menos 1 kg de ozono/h por medio de un generador de ozono con un electrodo de alta tensión y al menos un contraelectrodo, delimitando el electrodo de alta tensión y el al menos un contraelectrodo un espacio intermedio, en el que está dispuesto al menos un dieléctrico y que es atravesado por un gas con contenido en oxígeno con una presión de gas  $p_{\text{gas}}$ , y estando provistos el electrodo de alta tensión y el al menos un contraelectrodo de una conexión para una fuente de alimentación de tensión eléctrica para generar descargas en al menos un intersticio de descarga, proporcionando la fuente de alimentación de tensión una alta tensión en un intervalo de 1 kV a 50 kV y estando distribuidas las distancias de arco  $d_i$  de la descarga entre una distancia de arco mínima  $d_{\text{min}}$  y una distancia de arco máxima  $d_{\text{max}}$ , ascendiendo la presión de gas  $p_{\text{gas}}$  del gas con contenido en oxígeno en la salida del generador de ozono a al menos 3 bar. Con este procedimiento puede producirse de manera rentable, sin usar

compresores de anillo de agua, ozono a presión elevada con alta concentración de ozono y alta capacidad de ozono.

5 Preferentemente, la fuente de alimentación de tensión proporciona una alta tensión en el intervalo de 10 kV a 30 kV y en particular de 15 kV a 20 kV. Fuentes de alimentación de tensión en este orden de magnitudes pueden utilizarse a escala industrial y son por tanto económicas. Además preferentemente se consigue una concentración de ozono de al menos un 10 % en peso.

En una forma de realización, la presión de gas  $p_{\text{gas}}$  del gas con contenido en oxígeno asciende a al menos 6 bar y en una forma de realización ventajosa la presión de gas  $p_{\text{gas}}$  asciende a entre 10 bar y 12 bar.

10 El gas con contenido en oxígeno presenta preferentemente al menos un 80 % de  $O_2$  y de manera especialmente preferente al menos un 98 % de  $O_2$ . Por tanto pueden producirse altas concentraciones de ozono con una buena eficiencia energética.

Preferentemente, el ozono se produce a una tasa de producción de al menos 20 kg de ozono/h y en particular 100 kg de ozono/h. Para esta capacidad es especialmente eficaz una instalación de generación de ozono del tipo anteriormente descrito.

15 Resulta ventajoso que el gas con contenido en oxígeno atraviese el espacio intermedio a una tasa de alimentación en el intervalo de 500 kg/h de  $O_2$  a 800 kg/h de  $O_2$ .

En una forma de realización ventajosa, la distancia de arco mínima es igual a cero mm. La distribución de las distancias de arco está distribuida preferentemente de manera continua y periódica o estocástica.

20 Preferentemente, el generador de ozono presenta un único contraelectrodo y el dieléctrico está dispuesto en contacto con el contraelectrodo. Esta disposición es la de un sistema clásico de un solo intersticio.

25 La distribución de las distancias de arco se crea, preferentemente, mediante una estructura bidimensional de hilo metálico. El término "estructura bidimensional" se conoce de la técnica textil (en inglés: *woven or non-woven fabric*). Como estructura bidimensional textil puede designarse cualquier estructura bidimensional que se fabrique a partir de materiales textiles según una tecnología textil. En el contexto de la presente solicitud de patente, por estructura bidimensional se entiende, por consiguiente, cualquier estructura bidimensional plana, curvada o abombada, que se fabrique según una tecnología textil. Se encuentra entre las mismas, entre otros, materiales compuestos de hilo, tales como tejidos, mallas, trenzados y redes, y materiales compuestos de fibra, tales como materiales no tejidos y guatas.

A este respecto resulta ventajoso que la estructura bidimensional de hilo metálico rellene el espacio intermedio.

30 Preferentemente, el electrodo de alta tensión está formado al menos parcialmente a partir de la estructura bidimensional. A este respecto, también puede estar previsto que la estructura bidimensional forme por completo el electrodo de alta tensión.

Una forma de realización preferida de la invención se explica más detalladamente a continuación con ayuda de los dibujos. Muestran:

35 la figura 1: una representación en perspectiva de una disposición de electrodos del estado de la técnica, así como la figura 2: una evolución básica del consumo de energía de un aparato generador de ozono que funciona de la manera convencional y de un aparato generador de ozono que funciona con el procedimiento de acuerdo con la invención en función de la presión de gas.

40 La figura 1 muestra una disposición de electrodos de un generador de ozono, tal como se conoce pro el documento DE 10 2011 008 947 A1. Tales generadores de ozono se utilizan agrupados en un aparato generador de ozono. Los generadores de ozono están dispuestos, a este respecto, a modo de un intercambiador de calor de haz de tubos en paralelo entre sí entre dos cuerpos tubulares y están conectados eléctricamente en paralelo. El generador de ozono mostrado presenta un electrodo exterior 1 tubular, un dieléctrico 2 igualmente tubular y una varilla 3 situada por dentro, estando representados los componentes individuales acortados y separados unos de otros en dirección axial. La disposición presenta simetría de revolución. El electrodo exterior 1, el dieléctrico 2 y la varilla 3 están orientados concéntricamente entre sí. Entre el electrodo exterior 1 y el dieléctrico 2 se sitúa un tejido de punto de hilo metálico 4, que rellena el espacio intermedio. De manera correspondiente, entre el dieléctrico 2 y la varilla 3 está previsto un tejido de punto de hilo metálico 5, que rellena igualmente el espacio intermedio que allí se encuentra. El electrodo exterior 1 está configurado como tubo de acero fino. El calor residual que se produce con la producción de ozono se enfría mediante agua de refrigeración, que es conducida a lo largo del lado exterior del electrodo exterior entre los cuerpos tubulares. El dieléctrico 2 es un tubo de vidrio. Los tejidos de punto de hilo metálico 4 y 5 están fabricados preferentemente como denominado cordón hueco redondo igualmente a partir de un tejido de punto de hilo metálico de acero fino. La varilla 3 dispuesta en el centro de la disposición de electrodos es un aislante, por ejemplo fabricado de vidrio o de otro material compatible con oxígeno y ozono. La varilla 3 puede estar realizada de manera maciza. Durante el funcionamiento, la disposición de electrodos se solicita con un gas de carga con

55

contenido en oxígeno con una presión de gas de 1 a 2 bar, que atraviesa los tejidos de punto de hilo metálico 4 y 5 en la dirección de las flechas 6. Esquemáticamente está indicada una fuente de alimentación de tensión eléctrica 7, que está en contacto por un lado con el electrodo exterior 1 y por otro lado con el tejido de punto 5. La tensión de funcionamiento facilitada por la fuente de alimentación de tensión 7 provoca, en el espacio entre los electrodos 1, 5 y el dieléctrico 2, una descarga eléctrica silenciosa, que genera ozono a partir del oxígeno que atraviesa los tejidos de punto 4 y 5 en la dirección de la flecha 6.

En el caso de la estructura representada, solo el electrodo interior está formado por el tejido de punto 5, mientras que la varilla 3 ejerce, como aislante, una función de soporte, que garantiza el relleno uniforme del espacio interior del dieléctrico 2 con el tejido de punto de hilo metálico 5. Gracias a esta forma de los electrodos se produce una superposición de carga de volumen y superficie.

La figura 2 muestra curvas del consumo de energía específico de generadores de ozono. En relación con el procedimiento de acuerdo con la invención, todavía hay presentes  $U(t)=U_0*\sin(2\pi*f*t)$ , incluso con presiones de gas y amplitudes de tensión relativamente altas (en el intervalo indicado), puntos de superficie del electrodo de alta tensión, de los que surgen descargas silenciosas. En este contexto resulta sorprendente que el consumo de energía específico del generador de ozono, medido en kWh/kg de ozono, sea, gracias a este funcionamiento de acuerdo con la invención 10, a altas presiones, notablemente menor en comparación con aparatos generadores de ozono 11 convencionales. La presión de funcionamiento óptima anteriormente descrita, característica de generadores de ozono, en función del consumo de energía específico se sitúa en un estrecho intervalo alrededor del mínimo de una distribución parabólica (véase la curva 11). En cambio, un generador de ozono con electrodo de alta tensión perfilado muestra una distribución notablemente más plana (véase la curva 10). El consumo de energía específico también sigue siendo relativamente reducido a altas presiones, por ejemplo de más de 3 bar o también presiones aún superiores. Puesto que la distribución es plana en el mínimo, la presión de funcionamiento puede situarse en un amplio intervalo, por ejemplo en un intervalo de 1 a 12 bar, con prácticamente la misma eficiencia de generación de ozono.

La ventaja de este procedimiento es, además, que no se llega a ningún compromiso entre presión de gas y capacidad y/o concentración de ozono.

El generador de ozono funciona, de acuerdo con la invención, con capacidades de un kg a varios cientos de kg de ozono/h. En una forma de realización, la concentración de ozono es de al menos un 12 % en peso de ozono.

Por tanto, el procedimiento de acuerdo con la invención es adecuado para la producción de ozono para la industria papelera, ya que pueden producirse de manera eficaz altas concentraciones de ozono y altas capacidades de ozono a altas presiones.

El electrodo de alta tensión es un material eléctricamente conductor, preferentemente acero fino con superficie perfilada. El electrodo de alta tensión puede ser un trenzado de hilo metálico o un tejido de punto, un tejido, pero también un devanado de hilo metálico o un granulado aplicado sobre una superficie. Estructuras fibrosas, tales como materiales no tejidos o fieltros, también son adecuadas como estructuras que se aplican sobre los electrodos mediante procesamiento mecánico o mediante revestimiento. A este respecto, el perfilado está distribuido de manera estocástica o periódica tanto en la dirección longitudinal como circunferencial de los electrodos.

Sin embargo, también es concebible perfilar el dieléctrico en lugar de los electrodos, mediante lo cual puede lograrse el mismo efecto.

El procedimiento de acuerdo con la invención no se limita a la disposición tubular de electrodos. También puede usarse en aparatos generadores de ozono tanto de tubos como de placas. A este respecto, la aplicación está prevista para sistemas tanto de un solo intersticio como de varios intersticios. El material eléctricamente conductor de los electrodos puede incorporarse con o sin material portante en el espacio de descarga.

El procedimiento de acuerdo con la invención para la generación de ozono puede también aplicarse, naturalmente, en general en equipos de generación de plasma.

Gracias al procedimiento de acuerdo con la invención puede adaptarse el generador de ozono a los requisitos específicos del cliente. Esto es ventajoso desde el punto de vista económico, debido a que los precios de la energía son cada vez más altos, y también desde el punto de vista ecológico. Una generación de ozono a altas presiones en la salida del aparato generador de ozono, de hasta 12 bar, es posible desde el punto de vista técnico y económico. Puede prescindirse por tanto de los compresores de anillo de agua necesarios convencionalmente.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la producción de ozono a presión elevada con una capacidad de al menos 1 kg de ozono/h por medio de un generador de ozono con un electrodo de alta tensión (5) y al menos un contraelectrodo (1), delimitando el electrodo de alta tensión (5) y el al menos un contraelectrodo (1) un espacio intermedio, en el que está dispuesto al menos un dieléctrico y que es atravesado por un gas que contiene oxígeno con una presión de gas  $p_{\text{gas}}$ , y estando provistos el electrodo de alta tensión (5) y el al menos un contraelectrodo (1) de una conexión para una fuente de alimentación de tensión eléctrica (7, 8) para generar descargas en al menos un intersticio de descarga, proporcionando la fuente de alimentación de tensión (7, 8) una alta tensión en un intervalo de 1 kV a 50 kV y estando distribuidas las distancias de arco  $d_i$  (9) de la descarga entre una distancia de arco mínima  $d_{\text{min}}$  y una distancia de arco máxima  $d_{\text{max}}$ , **caracterizado porque** la presión de gas  $p_{\text{gas}}$  del gas que contiene oxígeno asciende a al menos 3 bares, midiéndose la presión de gas  $p_{\text{gas}}$  del gas que contiene oxígeno como sobrepresión frente a la presión atmosférica.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la fuente de alimentación de tensión (7, 8) proporciona una alta tensión en el intervalo de 10 kV a 30 kV.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la fuente de alimentación de tensión (7, 8) proporciona una alta tensión en el intervalo de 15 kV a 20 kV.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el procedimiento se realiza de tal manera que el ozono producido presenta una concentración de ozono de al menos un 10 % en peso.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la presión de gas  $p_{\text{gas}}$  del gas que contiene oxígeno asciende a al menos 6 bares.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la presión de gas  $p_{\text{gas}}$  del gas que contiene oxígeno asciende a entre 10 bares y 12 bares.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el gas que contiene oxígeno presenta al menos un 80 % de  $\text{O}_2$ .
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el gas que contiene oxígeno presenta al menos un 98 % de  $\text{O}_2$ .
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el procedimiento se realiza de tal manera que se produce ozono a una tasa de producción de al menos 20 kg de ozono/h.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el procedimiento se realiza de tal manera que se produce ozono a una tasa de producción de al menos 100 kg de ozono/h.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el gas que contiene oxígeno atraviesa el espacio intermedio a una tasa de alimentación en el intervalo de 500 kg/h de  $\text{O}_2$  a 800 kg/h de  $\text{O}_2$ .
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la distancia de arco mínima  $d_{\text{min}}$  (9) es igual a cero.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el generador de ozono presenta un único contraelectrodo (1) y el dieléctrico (2) está dispuesto en contacto con el contraelectrodo (1).
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la distribución de las distancias de arco (9) se crea mediante una estructura bidimensional (5) de hilo metálico.
15. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado porque** la estructura bidimensional (5) de hilo metálico rellena el espacio intermedio.

Estado de la técnica

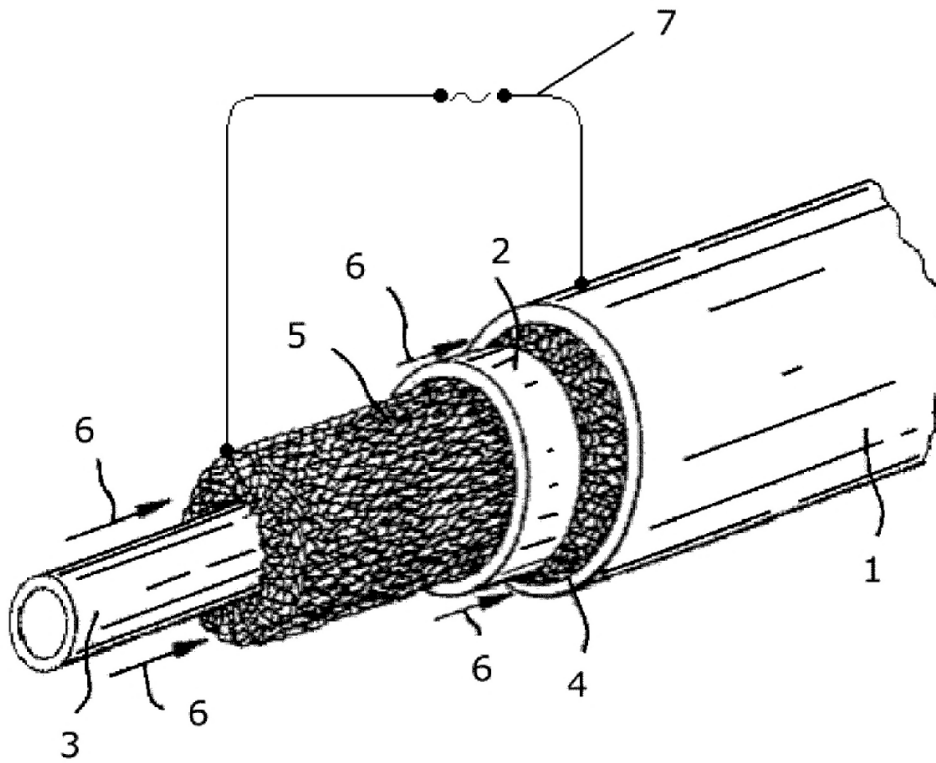


Figura 1

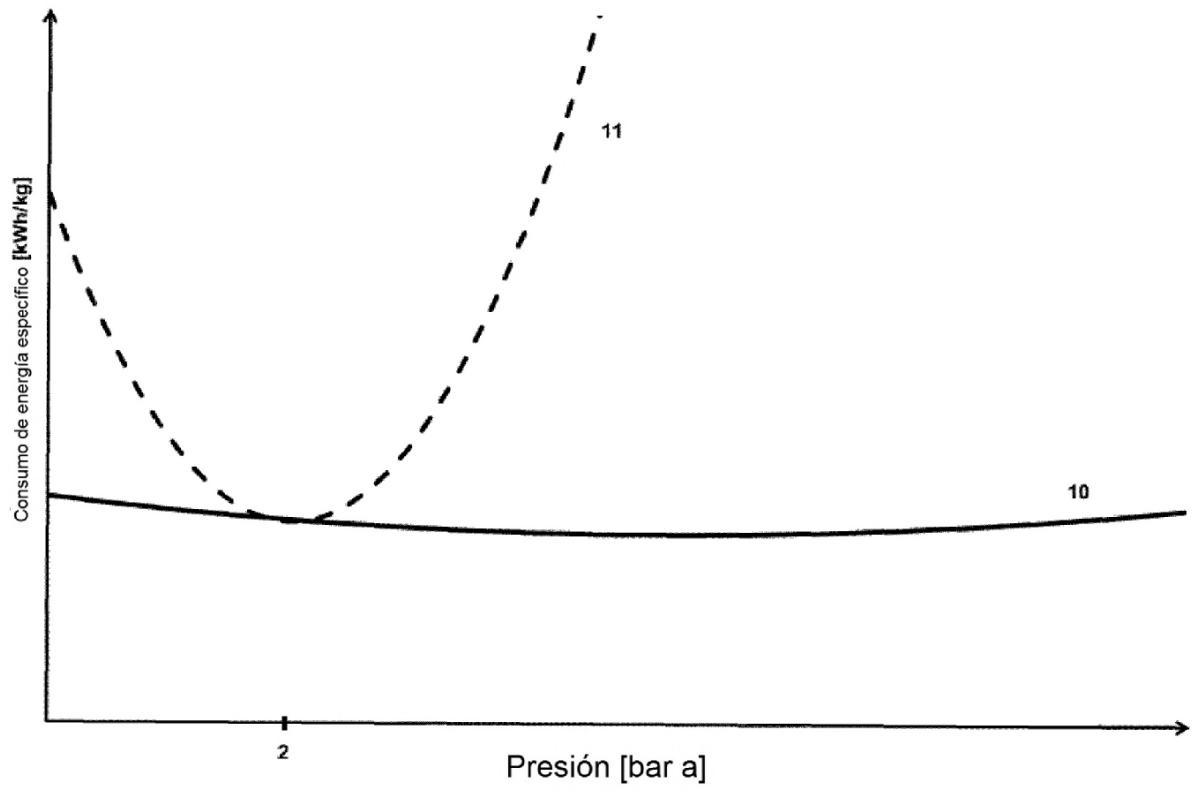


Figura 2