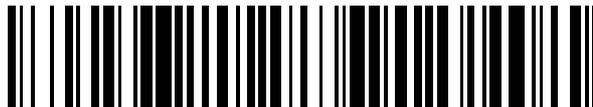


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 411**

51 Int. Cl.:

B01D 53/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.09.2008 PCT/US2008/076684**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.04.2009 WO09048720**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.09.2008 E 08837922 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017 EP 2265357**

54 Título: **Sistemas y métodos para eliminar contaminantes gaseosos de una corriente gaseosa**

30 Prioridad:

08.10.2007 US 868904

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

04.07.2017

73 Titular/es:

**Arconic Inc. (100.0%)
201 Isabella Street
Pittsburgh, PA 15212, US**

72 Inventor/es:

**GHOSH, RAJAT;
BOWEN, PETER;
DOBBS, CHARLES L.;
NICHOLS, ROGER;
DANDO, NEAL RICHARD;
SMITH, JOHN R.;
LUNT, RICHARD R. y
KRAFT, GREGORY CHARLES**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 621 411 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

Sistemas y métodos para eliminar contaminantes gaseosos de una corriente gaseosa

Referencia cruzada a solicitud relacionada

5 Esta solicitud reivindica prioridad de la solicitud de patente de EE.UU. n.º 11/868,904, presentada el 8 de octubre de 2007, titulada "Systems and methods for removing gaseous pollutants from a gas stream".

Campo de la invención

La presente invención se refiere a sistemas y métodos para eliminar contaminantes gaseosos, por ejemplo dióxido de azufre, de una corriente de gas residual (por ejemplo, un gas residual industrial) a través de un lavador gas-líquido horizontal.

10 Antecedentes de la invención

En muchos procesos industriales se producen gases que contienen contaminantes, por ejemplo dióxido de azufre. Un método para eliminar contaminantes gaseosos de tales gases implica el uso de torres de lavado verticales. El funcionamiento de tales torres de lavado verticales puede resultar costoso debido al coste de capital y a los requisitos de funcionamiento de estas torres. También son conocidos lavadores horizontales. Por ejemplo, la patente de EE.UU. n.º 5,403,568 de Stowe, Jr. describe un lavador horizontal específicamente para controlar emisiones de dióxido de azufre, y emplea un medio de lavado acuoso que fluye paralelamente al flujo gaseoso. Stowe, Jr. requiere utilizar miembros deflectores de flujo para impedir el flujo de gases a través del lavador de gases con el fin de provocar una caída de presión en el lavador y proporcionar contacto gas-líquido adicional.

20 El documento US 2002/0110511 A1 se refiere a un sistema lavador que permite una trayectoria de flujo sustancialmente horizontal para el gas que está siendo sometido a lavado. Los documentos EP 0 613 713 A1 y WO 2006/104304 A1 también se refieren a sistemas de lavado húmedo horizontales.

Compendio de la invención

25 En términos generales, la presente invención se refiere a lavadores gas-líquido horizontales para eliminar contaminantes gaseosos de gases, y a sistemas y métodos relacionados con los mismos. En general, los lavadores están sustancialmente exentos de miembros deflectores de flujo entre un colector de entrada de líquido y un desnebulizador situado aguas abajo del colector de entrada de líquido. Los lavadores pueden lograr una eliminación de dióxido de azufre de al menos aproximadamente 71% en volumen, con una proporción L/G (líquido/gas) inferior a 2,67 (20, en unidades anglosajonas).

30 En la reivindicación independiente 1 se proporciona un sistema para eliminar contaminante gaseoso de un gas. La reivindicación independiente 5 proporciona un método correspondiente para eliminar contaminantes gaseosos del gas. En las reivindicaciones dependientes se describen realizaciones preferidas.

Estos y otros aspectos, ventajas y características novedosas de la invención se exponen en parte en la descripción siguiente y resultarán evidentes para los expertos en la técnica al examinar la descripción y las figuras que siguen, o bien se pueden aprender mediante la práctica de la invención.

35 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista esquemática de una realización de un sistema de lavado gas-líquido horizontal.

La Figura 2 es una vista en corte parcial del sistema de lavado gas-líquido horizontal de la Figura 1, visto mirando la carcasa hacia abajo, hacia la entrada de gas.

40 La Figura 3 es una ilustración esquemática de una realización de un sistema de lavado gas-líquido horizontal en conducto.

La Figura 4 es un gráfico que ilustra la eliminación de dióxido de azufre en función de las relaciones de caudal de líquido con respecto a gas para un sistema de lavado gas-líquido horizontal que utiliza un contactor de 50% en comparación con un sistema de lavado gas-líquido horizontal que está exento de miembros deflectores de flujo en el mismo.

45 La Figura 5 es un gráfico que ilustra la eliminación de dióxido de azufre en función de la alcalinidad para un sistema de lavado gas-líquido horizontal que utiliza un contactor de 50% en comparación con un sistema de lavado gas-líquido horizontal que está exento de miembros deflectores de flujo en el mismo.

La Figura 6 es un gráfico que ilustra la eliminación de dióxido de azufre en función de la distancia entre las boquillas y un desnebulizador.

50 La Figura 7 es un gráfico que ilustra la eliminación de dióxido de azufre en función de la alcalinidad para diversos

tamaños de carcasa.

Las Figuras 8a - 8c son ilustraciones esquemáticas de realizaciones de configuraciones de colocación de boquilla.

La Figura 9a es un gráfico que ilustra la eliminación de dióxido de azufre en función de la alcalinidad para las configuraciones de boquilla de las Figuras 8a y 8b.

- 5 La Figura 9b es un gráfico que ilustra la eliminación de dióxido de azufre en función de la proporción L/G para las configuraciones de boquilla de las Figuras 8b y 8c.

La Figura 10 es un gráfico que ilustra la eliminación de dióxido de azufre en función de la proporción L/G para diversos tipos de boquilla.

- 10 La Figura 11 es un gráfico que ilustra la eliminación de dióxido de azufre en función de la proporción L/G para una corriente de gas residual que comprende 80 ppm de SO₂.

La Figura 12 es un gráfico que ilustra la eliminación de dióxido de azufre en función de la proporción L/G para una corriente de gas residual que comprende 200 ppm de SO₂.

La Figura 13 es un gráfico que ilustra la eliminación de dióxido de azufre en función de la proporción L/G para corrientes de gas residual que comprenden 425, 600 y 1.200 ppm de SO₂.

- 15 La Figura 14 es un gráfico que ilustra la eliminación de dióxido de azufre en función de la proporción L/G para corrientes de gas residual con y sin humidificación parcial del gas de entrada.

Descripción detallada de la invención

- Se hará referencia ahora con detalle a los dibujos adjuntos, que como mínimo ayudan a ilustrar diversas realizaciones pertinentes de la presente invención. Haciendo referencia ahora a las Figuras 1 y 2, se ilustra una realización de un sistema de lavado gas-líquido horizontal. En la realización ilustrada, el sistema 1 de lavado gas-líquido horizontal incluye una carcasa 10 dispuesta horizontalmente que comprende una entrada 12 de gas residual para recibir una corriente 24 de gas residual, y una salida 14 de gas tratado para descargar una corriente 26 de gas tratado. En la realización ilustrada, una corriente gaseosa CG fluye desde la entrada 12 de gas residual, a través de la carcasa 10 dispuesta horizontalmente, y sale a través de la salida 14 de gas tratado. La carcasa 10 dispuesta horizontalmente comprende además un colector 16 de entrada de líquido situado aguas abajo de la entrada 12 de gas residual. El colector 16 de entrada de líquido comprende al menos una lanza 17 de entrada, siendo cada lanza 17 de entrada al menos parcialmente hueca para facilitar el flujo de líquido a su través. Cada lanza de entrada tiene al menos una boquilla 18 acoplada a la misma y, a veces, una pluralidad de boquillas 18 ("boquilla o boquillas") acopladas a la misma. La boquilla o pluralidad de boquillas 18 están orientadas dentro de la carcasa 10 dispuesta horizontalmente de manera que facilitan el rociado de una niebla de lavado en cocorriente con el flujo de la corriente gaseosa CG. En este sentido, la boquilla o boquillas 18 están interconectadas fluidicamente a un suministro de licor de lavado (no ilustrado) a través de las lanzas 17 de entrada del colector 16 de entrada de líquido. La carcasa 10 dispuesta horizontalmente incluye además un desnebulizador 20 situado aguas abajo del colector 16 de entrada de líquido. El desnebulizador 20 está adaptado para eliminar gotitas de líquido arrastradas en la corriente gaseosa CG, antes de que la corriente gaseosa CG salga de la carcasa 10 dispuesta horizontalmente como corriente 26 de gas tratado, a través de la salida 14 de gas tratado. El líquido eliminado sale de la carcasa 10 dispuesta horizontalmente a través de salidas 22 de líquido.

- La carcasa 10 dispuesta horizontalmente está sustancialmente exenta de miembros deflectores de flujo entre el colector 16 de entrada de líquido y el desnebulizador 20, definiendo así una zona 28 de contacto gas-líquido sustancialmente sin restricciones. Los presentes inventores han encontrado que, incluso en ausencia de miembros deflectores de flujo en la zona 28 de contacto gas-líquido, se puede facilitar, ocupando una superficie horizontal relativamente pequeña, la eliminación sustancial de contaminantes gaseosos de la corriente gaseosa CG. En la presente memoria, la expresión "contaminantes gaseosos" significa cualesquiera especies gaseosas indeseables contenidas en la CG. En una realización, los contaminantes gaseosos son ácidos en comparación con el licor de lavado. En una realización, los contaminantes gaseosos comprenden especies sulfuradas, tales como dióxido de azufre y trióxido de azufre. En una realización, los contaminantes gaseosos comprenden uno o más de NO_x (por ejemplo, NO, NO₂) y compuestos hidrogenados halogenados (por ejemplo, HF, HCl). En una realización, los contaminantes gaseosos comprenden compuestos orgánicos volátiles (COV) tales como hidrocarburos, aldehídos y cetonas, por citar algunos.

- 50 En una realización, la corriente gaseosa de entrada comprende SO₂. En esta realización, el sistema 1 puede ser capaz de eliminar al menos aproximadamente 65% en volumen de SO₂ de la corriente gaseosa CG. En otras realizaciones, el sistema 1 puede ser capaz de eliminar al menos aproximadamente 70% en volumen de SO₂ de la corriente gaseosa CG (por ejemplo, al menos aproximadamente 71% en volumen de SO₂), por ejemplo al menos aproximadamente 75% en volumen de SO₂ o incluso al menos aproximadamente 80% en volumen de SO₂ o incluso al menos aproximadamente 85% en volumen de SO₂ o incluso al menos aproximadamente 90% en volumen de SO₂ o incluso al menos aproximadamente 95% en volumen de SO₂ (por ejemplo, al menos aproximadamente 96% en

volumen de SO₂).

Las tasas de eliminación de SO₂ se pueden conseguir dentro de una gama relativamente amplia de concentraciones de SO₂ de entrada. En una realización, la concentración de SO₂ de entrada en la corriente gaseosa CG no es superior a 2.000 ppm de SO₂. En otras realizaciones, la concentración de SO₂ no es superior a aproximadamente 1.500 ppm, por ejemplo no superior a aproximadamente 1.000 ppm o incluso no superior a aproximadamente 500 ppm o incluso no superior a aproximadamente 200 ppm o incluso no superior a aproximadamente 100 ppm o incluso no superior a aproximadamente 80 ppm o incluso no superior a aproximadamente 50 ppm o incluso no superior a aproximadamente 35 ppm.

Las anteriores tasas de eliminación de SO₂ se pueden lograr con proporciones L/G relativamente pequeñas. En la presente memoria, L/G significa el caudal medio de licor de lavado ("L") en litros por minuto (galones por minuto, en unidades anglosajonas) que entra al colector 16 de entrada de líquido, medido en una ubicación próxima a la entrada al colector 16 de entrada de líquido, por m³ real por minuto (o 1.000 pies cúbicos reales por minuto, en unidades anglosajonas) de caudal de corriente gaseosa saturada con agua ("G") de la corriente gaseosa. "G" se puede medir directamente o bien se puede calcular, por ejemplo, midiendo el caudal total de la corriente gaseosa en una ubicación próxima a la entrada 12 de gas residual y realizando ajustes para tener en cuenta la evaporación de agua y la disminución de la temperatura. Según la invención reivindicada, la proporción L/G es inferior a 2,67 (28, en unidades anglosajonas). En algunas realizaciones, la proporción L/G no es superior a aproximadamente 2,41 (18, en unidades anglosajonas) o incluso no superior a aproximadamente 1,87 (14) o incluso no superior a aproximadamente 1,60 (12). En general, la proporción L/G es al menos aproximadamente 0,67 (5, en unidades anglosajonas). En algunas realizaciones, la proporción L/G es al menos aproximadamente 1,1 (8, en unidades anglosajonas) o incluso al menos aproximadamente 1,34 (10).

Como se ha indicado, la boquilla o boquillas 18 están interconectadas fluidicamente dentro del colector 16 de entrada de líquido. Se pueden hacer funcionar la boquilla o boquillas 18 para inyectar licor de lavado en la carcasa 10 con el fin de producir una niebla de lavado que fluye en cocorriente con la corriente gaseosa CG. Por lo tanto, la boquilla o boquillas 18 están generalmente configuradas con su extremo de expulsión dispuesto hacia el desnebulizador 20. En general, se pueden hacer funcionar la o las boquillas 18 para producir la niebla de lavado a partir del licor de lavado. La boquilla o boquillas 18 pueden estar adaptadas para rociar el licor de lavado conforme a cualquier patrón de rociado adecuado para formar la niebla de lavado dentro de la carcasa. Generalmente es deseable que la boquilla o boquillas 18 produzcan una niebla de lavado que cubra sustancialmente un área de sección transversal de la carcasa 10 dispuesta horizontalmente. Así, la boquilla o boquillas 18 pueden adoptar un patrón de rociado de cono lleno, un patrón de rociado de cono hueco, un patrón de rociado plano o cualquier combinación de los mismos.

Se puede adaptar la distancia relativa entre cada una de las boquillas 18 para que la niebla de lavado de una boquilla se solape con la niebla de lavado de una o más boquillas 18 adyacentes. Por tanto, la niebla de lavado puede cubrir sustancialmente el área de sección transversal de la carcasa 10 dispuesta horizontalmente. El impulso de la niebla de lavado que sale de las boquillas se puede adaptar de manera que permanezcan en el aire cantidades apreciables de la niebla de lavado en una longitud sustancial de la zona 28 de contacto gas-líquido. Así, cantidades apreciables de la niebla de lavado pueden cubrir sustancialmente el área de sección transversal de la carcasa 10 dispuesta horizontalmente y a lo largo de una longitud sustancial de la zona 28 de contacto gas-líquido, proporcionando de este modo contacto íntimo entre la corriente gaseosa CG y la niebla de lavado en la zona 28 de contacto gas-líquido sustancialmente sin restricciones. Este contacto íntimo puede facilitar la reacción de contaminantes gaseosos de la corriente gaseosa CG con agentes de lavado de la niebla de lavado. En consecuencia, se pueden conseguir altas tasas de eliminación de contaminantes gaseosos.

Con el colector 16 de entrada de líquido se puede utilizar un número cualquiera de boquillas 18 con cualquier número de patrones de pulverización y/o tamaños de gotita, y en cualquier combinación, para facilitar el funcionamiento del sistema 1 de lavado gas-líquido horizontal. A modo de ilustración primaria, la o las boquillas 18 pueden tener todas ellas la misma capacidad de generación de niebla de lavado (por ejemplo, la misma capacidad de patrón de rociado, capacidad de producción de impulso y/o capacidad de tamaño de gotita). A modo de ilustración secundaria, un primer conjunto de boquilla o boquillas puede tener una primera capacidad de generación de niebla (por ejemplo, un primer patrón de rociado, una primera capacidad de producción de impulso y/o una primera capacidad de tamaño de gotita), y un segundo conjunto de boquilla o boquillas puede tener una segunda capacidad de generación de niebla (por ejemplo, un segundo patrón de rociado, una segunda capacidad de producción de impulso y/o un segundo intervalo de tamaños de gotita). A su vez, se pueden utilizar otros conjuntos de boquillas adicionales (por ejemplo, tercero, cuarto, etc.). Además, se puede utilizar un número cualquiera de boquillas por cada lanza 17 del colector 16 de entrada de líquido. En la realización ilustrada se utilizan tres boquillas 18 por cada lanza 17 del colector 16 de entrada de líquido. Sin embargo, también se pueden utilizar otras configuraciones. Además, una o varias boquillas 18 adyacentes pueden estar orientadas similarmente en dirección hacia arriba, hacia abajo y/o de lado a lado (por ejemplo, compartiendo el mismo plano vertical y/o horizontal), tal como se ilustra, o bien una o varias boquillas 18 adyacentes pueden estar desplazadas con respecto a otra u otras boquillas 18.

Según la invención reivindicada, las boquillas son boquillas de chorro en espiral. Las boquillas de chorro en espiral

- pueden ser boquillas de cono lleno o de cono hueco. Las boquillas de chorro en espiral pueden tener un ángulo de rociado de 60° o de 90°. Según la invención reivindicada, las boquillas de chorro en espiral expulsan líquido a una presión en el intervalo de aproximadamente 377 kilopascales (40 libras por pulgada cuadrada manométricas (lpcm)) a aproximadamente 550 kilopascales (65 lpcm). Además, según la invención reivindicada, las boquillas de chorro en espiral tienen una capacidad de caudal líquido en el intervalo de aproximadamente 57 litros por minuto (15 galones por minuto (gpm)) a aproximadamente 189 litros por minuto (50 gpm). Las boquillas de chorro en espiral pueden estar construidas de materiales duraderos con el fin de aumentar su vida útil. En este sentido, para construir las boquillas se pueden utilizar materiales cerámicos u otros materiales resistentes al desgaste, por ejemplo acero inoxidable o carburo de silicio.
- En general, la boquilla o boquillas 18 deben estar dispuestas para reducir o limitar la cantidad de niebla de lavado que toca las paredes de la carcasa 10. En este sentido, la carcasa 10 debe estar dimensionada en general para reducir o limitar la cantidad de niebla de lavado que toca sus paredes. En cualquier caso, el área de sección transversal no debe ser tan grande como para que la caída de presión a través de la carcasa 10 sea excesiva.
- La zona 28 de contacto gas-líquido sustancialmente sin restricciones puede facilitar una escasa caída de presión a través de la carcasa 10 dispuesta horizontalmente. La caída de presión es función de muchas variables, pero se prevé que, en algunas realizaciones, la caída de presión a través de la carcasa 10 pueda ser no mayor de 2,0 kilopascales (20,4 cm (8 pulgadas) de H₂O). En una realización, la caída de presión no es mayor de 1,5 kilopascales (15,3 cm (6 pulgadas) de H₂O). En otras realizaciones, la caída de presión a través de la carcasa no es mayor de 1,0 kilopascales (10,2 cm (4 pulgadas) de agua) o incluso no superior a 0,5 kilopascales (5,1 cm (2 pulgadas) de H₂O) o incluso no superior a 0,4 kilopascales (4,1 cm (1,6 pulgadas) de H₂O), medida con caudales de corriente gaseosa CG entre aproximadamente 3,7 metros por segundo (12 pies por segundo (pps)) y 13,7 metros por segundo (45 pps).
- Como se ha indicado, la carcasa 10 dispuesta horizontalmente está sustancialmente exenta de miembros deflectores de flujo entre el colector 16 de entrada de líquido y el desnebulizador 20, lo que define una zona 28 de contacto gas-líquido sustancialmente sin restricciones. La longitud de la zona 28 de contacto gas-líquido depende de la aplicación, y puede ser función de, por ejemplo, el caudal de la corriente gaseosa CG a través de la carcasa, la concentración de entrada de azufre, el área de sección transversal de la carcasa y/o la concentración o alcalinidad del licor de lavado, por citar algunos factores. En general, la longitud de la zona 28 de contacto gas-líquido debe bastar para facilitar una interacción suficiente entre la corriente gaseosa CG y el licor de lavado, de modo que se faciliten tasas de eliminación de SO₂ adecuadas (por ejemplo, al menos aproximadamente 90% en volumen de SO₂), pero con una caída de presión limitada.
- El desnebulizador 20 puede ser cualquier aparato de eliminación de líquido adecuado capaz de eliminar líquidos de la corriente gaseosa CG dentro de los intervalos de caudal aplicables. Un desnebulizador 20 particularmente útil para corrientes gaseosas que tienen una velocidad dentro del intervalo de aproximadamente 3,7 a aproximadamente 8,2 metros por segundo (de aproximadamente 12 a aproximadamente 27 pies por segundo) es un reductor/eliminador de niebla de 2 pasos de tipo V invertida.
- La corriente gaseosa CG de entrada puede tener una velocidad adecuada para facilitar la eliminación de especies sulfuradas durante su tiempo de permanencia dentro del sistema 1 de lavado. En una realización, la corriente gaseosa tiene una velocidad global del gas (promediada a través de la carcasa) dentro del intervalo de aproximadamente 3,0 m/s a aproximadamente 13,7 m/s (de aproximadamente 10 pies por segundo (pps) a aproximadamente 45 pps). En una realización, la corriente gaseosa tiene una velocidad global del gas dentro del intervalo de aproximadamente 6,7 m/s (22 pies por segundo (pps)) a aproximadamente 8,2 m/s (27 pps). Las velocidades de corriente gaseosa de 8,2 m/s (27 pies por segundo) o inferiores pueden ser compatibles con un eliminador de niebla de 2 pasos de tipo V invertida. Se pueden utilizar desnebulizadores de otro tipo cuando la corriente gaseosa tenga velocidades medias de gas más altas, o bien se pueden utilizar zonas de expansión para reducir la velocidad global de la corriente gaseosa, como se describe más adelante.
- En la realización ilustrada, la carcasa 10 tiene un área de sección transversal generalmente uniforme. Sin embargo, en otras realizaciones (no ilustradas) la carcasa 10 puede tener áreas de sección transversal variables. Por ejemplo, una primera parte de la carcasa 10 puede tener una primera área de sección transversal y una segunda parte de la carcasa 10 puede tener una segunda área de sección transversal que sea distinta de la primera área de sección transversal. En una realización, la segunda área de sección transversal puede ser mayor que la primera área de sección transversal. En esta realización, la segunda área de sección transversal puede considerarse una zona de expansión, que puede reducir la velocidad del gas. En un enfoque (no ilustrado), se incluye una zona de expansión dentro de la carcasa para facilitar que el gas de entrada disminuya desde una primera velocidad de gas (por ejemplo, superior a aproximadamente 8,2 m/s (27 pies por segundo (pps)) a una segunda velocidad de gas (por ejemplo, no superior a aproximadamente 8,2 m/s (27 pps)). Por lo tanto, en algunos casos, la velocidad de entrada de la corriente gaseosa CG puede ser mayor que la velocidad de la corriente gaseosa cerca del desnebulizador. En algunos casos, la velocidad de la corriente gaseosa puede ser tan alta como aproximadamente 13,7 m/s (45 pies por segundo) y la zona de expansión puede estar dispuesta dentro de la carcasa con el fin de facilitar la disminución de la velocidad de la corriente gaseosa antes de que entre en contacto con el desnebulizador. En otras realizaciones, la velocidad global de la corriente gaseosa supera 8,2 m/s (27 pies por segundo) y no se utiliza ninguna zona de

expansión, sino que se utiliza un desnebulizador compatible.

El licor de lavado puede ser cualquier líquido adaptado para producir una niebla de lavado a través de la boquilla o boquillas 18 y para eliminar especies sulfuradas de la corriente 24 de gas residual por interacción con la misma (por ejemplo, por reacción/absorción/arrastre). El licor de lavado nebulizado puede ser capaz de eliminar cualquiera de los contaminantes gaseosos descritos más arriba antes de que la corriente gaseosa CG salga de la carcasa 10 dispuesta horizontalmente como corriente 26 de gas tratado, por ejemplo con cualquiera de las tasas de eliminación de dióxido de azufre descritas más arriba. El licor de lavado nebulizado debe ser capaz de eliminar estos contaminantes gaseosos con proporciones L/G relativamente bajas, por ejemplo cualquiera de las relaciones L/G antes descritas. En una realización, el licor de lavado es un líquido de alimentación alcalino, por ejemplo un líquido a base de sodio, y puede comprender, por ejemplo, sulfito de sodio. En una realización, se utiliza sosa cáustica y/o carbonato de sodio para producir el sulfito de sodio del licor de lavado. En otras realizaciones, el licor de lavado puede comprender otros líquidos alcalinos, por ejemplo uno o más de agua de mar, agua de mar mejorada con cal, cal mejorada con magnesio y cal mejorada con sodio, por citar algunos. Así, en algunas realizaciones, el sistema de lavado gas-líquido horizontal puede estar integrado con sistemas de contención/tratamiento de aguas existentes, para producir el licor de lavado y/o regenerar el licor de lavado gastado.

En una realización, el licor de lavado es a base de sodio y se puede regenerar mediante una metodología de doble álcali en modalidad diluida o una metodología de doble álcali en modalidad concentrada, en donde se utiliza un primer reactivo (por ejemplo, especies de sulfito de sodio) para eliminar dióxidos de azufre de la corriente 24 de gas residual. A continuación, se utiliza un segundo reactivo (por ejemplo, cal apagada) para regenerar líquidos residuales para su uso como licor de lavado.

Para un sistema de un solo paso, el licor de lavado puede tener una alcalinidad que facilite la eliminación de dióxidos de azufre de la corriente 24 de gas residual. La alcalinidad del licor de lavado varía según la aplicación y, en general, está relacionada con las concentraciones de SO₂ y CO₂ de entrada. En una realización, por ejemplo para corrientes de gas residual que comprendan no más de 80 ppm de SO₂, la alcalinidad de la solución de lavado puede ser al menos aproximadamente 300 ppm, expresada como CaCO₃, pero no superior a aproximadamente 500 ppm, expresada como CaCO₃. En otra realización, por ejemplo para corrientes de gas residual que comprendan una concentración de SO₂ de entrada no superior a 200 ppm, la alcalinidad del licor de lavado puede ser al menos aproximadamente 750 ppm, expresada como CaCO₃, pero no superior a aproximadamente 1.200 ppm, expresada como CaCO₃. Análogamente, el pH del licor de lavado se puede adaptar a la concentración de entrada de azufre. Se pueden ajustar la alcalinidad y el pH, como es conocido en la técnica, para el uso con corrientes de gas residual que contengan más de 200 ppm de SO₂.

El sistema 1 de lavado gas-líquido horizontal se puede utilizar en diversas aplicaciones. En una realización, el sistema 1 de lavado gas-líquido horizontal se emplea en una disposición en conducto, en donde la entrada 12 de gas residual y la salida de gas tratado están directamente interconectadas con un conducto de gas residual de una instalación industrial. En la Figura 3 se ilustra una realización de una configuración de este tipo. En la realización ilustrada, el gas residual 24 de una instalación industrial (no ilustrada) sale de dicha instalación industrial a través de conductos 50. El sistema 1 de lavado gas-líquido horizontal está interconectado fluidicamente con los conductos 50 por medio de tuberías 51 y de la entrada 12 de gas. Como se ha descrito más arriba, se puede tratar dicho gas residual 24 por medio del sistema 1 de lavado gas-líquido horizontal y, a través de la salida 14 de gas tratado, se puede evacuar el gas 26 tratado. En este sentido, el sistema 1 puede incluir una o más zonas de transición (descritas más arriba) para obtener caudales de corriente gaseosa adecuados y/o puede incluir desnebulizadores adecuados. A su vez, la salida 14 de gas tratado puede estar interconectada fluidicamente con conductos 54 de evacuación a través de tuberías 53. Este gas tratado 26 puede ser evacuado a la atmósfera. Por tanto, en una realización, los conductos 50 y los conductos 54 de evacuación son preexistentes antes de la instalación del sistema 1 de lavado gas-líquido horizontal, y se puede eliminar un canal 52 que interconecta los conductos 50 y los conductos 54 de evacuación, para facilitar la incorporación del sistema 1 de lavado gas-líquido horizontal. Así, en algunas realizaciones, el sistema 1 de lavado gas-líquido horizontal puede añadirse a instalaciones existentes con ajustes relativamente pequeños en los sistemas existentes de tratamiento de gases residuales. En otras realizaciones, el sistema de lavado gas-líquido horizontal se utiliza en aplicaciones que no son de reequipamiento, por ejemplo lavadores de gases de nueva construcción.

La corriente 24 de gas residual puede ser cualquier corriente de gas residual que requiera eliminación de contaminantes gaseosos de la misma. Por ejemplo, la corriente de gas residual puede ser un gas residual procedente de una instalación de fundición de aluminio, de calderas de vapor industriales o de una planta siderúrgica, por citar algunas. En un enfoque, la corriente de gas residual puede ser una corriente de gas residual concentrado procedente de una instalación de fundición de aluminio, por ejemplo una corriente de gas residual concentrado procedente de una operación de concentración de lavado en seco, tal como la descrita en la solicitud PCT n.º PCT/FR2006/000415.

En una realización, la corriente de gas residual comprende una concentración no superior en promedio a aproximadamente 2.000 ppm de SO₂. En una realización particular, la corriente de gas residual comprende en promedio no más de aproximadamente 200 ppm de SO₂ (por ejemplo, un gas residual procedente de una instalación de fundición de aluminio), y el licor de lavado comprende carbonato de sodio. En otra realización, la corriente de gas

residual comprende en promedio no más de 2.000 ppm de SO₂, y se puede utilizar una metodología de lavado de doble álcali en modalidad diluida, de doble álcali en modalidad concentrada, de cal mejorada con sodio o de cal mejorada con magnesio.

5 La temperatura y humedad de la corriente entrante 24 de gas residual pueden afectar al rendimiento del sistema 1. En una realización, se utiliza un rociado de agua de enfriamiento aguas arriba del colector 16 de entrada de líquido para al menos humidificar parcialmente y/o enfriar la corriente entrante de gas residual, lo que a veces se denomina en la presente memoria prehumidificación. Por ejemplo, haciendo referencia a la Figura 1, el sistema 1 de lavado gas-líquido horizontal puede comprender, opcionalmente, un rociador 40 de enfriamiento dispuesto aguas arriba del colector 16 de entrada de líquido para rociar agua (u otro medio refrigerante adecuado) en la corriente entrante 24 de gas residual, con el fin de enfriar dicha corriente 24 de gas residual. El rociador 40 de enfriamiento puede rociar agua de refrigeración en las modalidades de contracorriente o de cocorriente con respecto a la corriente 24 de gas residual, con el fin de facilitar este enfriamiento. El caudal volumétrico de este rociado de líquido refrigerante depende generalmente de la aplicación. El uso de la prehumidificación puede dar como resultado un incremento de al menos aproximadamente 2% en volumen en la eliminación de SO₂, o incluso un incremento de al menos aproximadamente 3% en volumen o incluso un incremento de aproximadamente 4% en volumen. En algunas realizaciones, el uso de la prehumidificación puede permitir que el sistema 1 funcione con proporciones L/G más bajas sin dejar de lograr tasas de eliminación de SO₂ adecuadas.

20 Como se ha indicado más arriba, el sistema puede eliminar de una corriente de gas residual contaminantes gaseosos distintos de SO₂. Por ejemplo, el sistema puede eliminar uno o más de NO_x, HCl, HF, SO₃ y COV, por citar algunos. Se pueden emplear para ello distintos licores de lavado. En cualquier caso, el licor de lavado puede tener un pH básico con respecto a los contaminantes gaseosos (excepto los COV) con el fin de facilitar su eliminación.

Ejemplos

Ejemplo 1 - Evaluación de la eliminación de SO₂ con y sin miembros deflectores de flujo

25 Se construye un sistema de lavado gas-líquido horizontal similar al ilustrado en la Figura 1, con dos configuraciones. La primera configuración incluye un contactor con 50% de apertura, entre las boquillas y el desnebulizador. La segunda configuración está exenta de miembros deflectores de flujo entre las boquillas y el desnebulizador. El desnebulizador es un eliminador de niebla de 2 pasos de tipo V invertida. Se aporta al sistema gas residual que tiene una concentración media de SO₂ de aproximadamente 80 ppm, con un caudal volumétrico de entre aproximadamente 990 y 1.400 metros cúbicos reales por minuto (entre 3.500 y 5.000 pies cúbicos reales por minuto), con una velocidad media de aproximadamente 6,7 m/s (22 pies por segundo). Durante las pruebas se utilizan diversos tipos de boquilla, incluyendo las boquillas de tipo WhirlJet, también conocidas como boquillas de tipo W, y de tipo SprayJet, también conocidas como boquillas de tipo BSL o boquillas "de cola de cerdo", que tienen un ángulo de rociado de 90° y un rociado de cono hueco. Un depósito de alimentación suministra a las boquillas licor de lavado que comprende sulfito de sodio y carbonato de sodio con una proporción L/G en el intervalo de aproximadamente 2,01 (15, en unidades anglosajonas) a aproximadamente 2,41 (18).

40 La Figura 4 ilustra el efecto de la proporción L/G sobre la eficacia de eliminación de SO₂, utilizando tanto la primera configuración (contactor de 50%) como la segunda configuración (sin miembros deflectores de flujo). La Figura 5 ilustra el efecto de la alcalinidad sobre la eficacia de eliminación de SO₂ tanto para la primera configuración (contactor de 50%) como para la segunda configuración (sin miembros deflectores de flujo). Se consiguen tasas medias de eliminación de SO₂ superiores en la segunda configuración, donde no hay miembros deflectores de flujo entre las boquillas y el desnebulizador.

Ejemplo 2 - Evaluación de la distancia entre boquillas y desnebulizador

45 Se construye un sistema de lavado gas-líquido horizontal similar al ilustrado en la Figura 1. Se aporta al sistema gas residual que tiene una concentración media de SO₂ de aproximadamente 77 ppm y un caudal de aproximadamente 7,0 m/s (23 pies por segundo). La proporción L/G es aproximadamente 2,14 (16, en unidades anglosajonas). El desnebulizador es un eliminador de niebla de 2 pasos de tipo V invertida y está situado a aproximadamente 6,1 metros (20 pies) aguas abajo de las boquillas. Se mide la concentración de SO₂ en el gas entre las boquillas y el desnebulizador, y los resultados se ilustran en la Figura 6. La eficacia de la eliminación de SO₂ aumenta dramáticamente a distancias de 0 metros a 2,4 metros (de 0 pies a 8 pies) entre el desnebulizador y las boquillas, y se nivela a partir de esa distancia.

Ejemplo 3 - Evaluación del tamaño de la carcasa y el número de boquillas

55 Se construyen diversos sistemas de lavado gas-líquido horizontales similares al ilustrado en la Figura 1. Se varían el tamaño de la carcasa y la cantidad de boquillas dentro de la carcasa. Se utiliza un gas de entrada que tiene entre aproximadamente 100 ppm y 200 ppm de SO₂ y una velocidad de aproximadamente 6,7 m/s (22 pies por segundo). Se utiliza un licor de lavado a base de sodio que tiene una alcalinidad en el intervalo de aproximadamente 600 ppm, expresada como CaCO₃, a aproximadamente 1.400 ppm, expresada como CaCO₃. Se hace funcionar el sistema con una proporción L/G de aproximadamente 2,27 (17, en unidades anglosajonas). Tal como se ilustra en la Figura 7, en

sistemas que tienen un área de sección transversal mayor y más boquillas de pulverización se logra una eliminación de SO₂ superior a 90% en volumen, con valores de alcalinidad moderados (600-800 ppm, expresada como CaCO₃), mientras que en carcassas más pequeñas con menos boquillas no se logra una eliminación de SO₂ de 90% en volumen, incluso con valores de alcalinidad de 1.000 ppm, expresada como CaCO₃, y superiores. Se postula que las carcassas más pequeñas presentan mayores "efectos de borde" en donde un mayor porcentaje de la niebla incide sobre las paredes de la carcassa, lo que reduce la cantidad eficaz de niebla disponible para la interacción con la corriente de gas residual.

Ejemplo 4 - Evaluación de la configuración de la matriz de boquillas

Se construye un sistema de lavado gas-líquido horizontal similar al ilustrado en la Figura 1. La carcassa tiene una anchura de 47,0 cm (18,5 pulgadas) y una longitud de 75,57 cm (29,75 pulgadas). Se utiliza un solo banco de boquillas que tiene diversas disposiciones de boquillas. En las Figuras 8a - 8c se ilustran estas configuraciones de matriz de boquillas. Una primera matriz está configurada como se ilustra en la Figura 8a, e incluye una matriz 3 x 3 de boquillas BSJ9040 (de cono hueco). Una segunda matriz está configurada como se ilustra en la Figura 8a, e incluye una matriz 3 x 3 de boquillas BSJ9040 (de cono lleno). Una tercera matriz está configurada como se ilustra en la Figura 8b, e incluye una matriz 3 x 3 de boquillas BSJ9040 (de cono hueco). Una cuarta matriz está configurada como se ilustra en la Figura 8b, e incluye una matriz 3 x 3 de boquillas BSJ9040 (de cono lleno). Una quinta matriz está configurada como se ilustra en la Figura 8c, e incluye una matriz 3 x 1 de boquillas BSJ90120. Se utiliza un gas de entrada que comprende aproximadamente 100 ppm de SO₂, y un licor de lavado alcalino, a base de sodio. La proporción L/G es variada, y la velocidad de entrada de gas es aproximadamente 6,7 m/s (22 pies por segundo). Tal como se ilustra en las Figuras 9a y 9b, la configuración de matriz de boquillas de la Figura 8b proporciona mayor eficacia de eliminación de SO₂ que la configuración de matriz de boquillas de las Figuras 8a y 8c. Además, las boquillas de cono hueco proporcionan un rendimiento superior al de las boquillas de cono lleno.

Ejemplo 5 - Evaluación de los tipos de boquilla

Se construye un sistema de lavado gas-líquido horizontal similar al ilustrado en la Figura 1. La carcassa tiene una anchura de 70,168 cm (27,625 pulgadas) y una longitud de 70,168 cm (27,625 pulgadas). Se utiliza un gas de entrada que contiene aproximadamente 100 ppm de SO₂, y un licor de lavado alcalino a base de sodio. La proporción L/G es variada, y la velocidad de entrada de gas es aproximadamente 6,7 m/s (22 pies por segundo). Se utilizan diversas boquillas para probar el rendimiento de eliminación de SO₂ de las boquillas. Las boquillas ensayadas incluyen boquillas de chorro en espiral, boquillas de chorro tangencial y boquillas de chorro en remolino. También se varía en algunas boquillas el ángulo de rociado (90° y 60°) y el tipo de cono (cono hueco y cono lleno). Tal como se ilustra en la Figura 10, las boquillas de chorro en espiral, a 90° y de cono hueco presentan el mejor comportamiento a lo largo del intervalo de proporciones L/G ensayado.

Ejemplo 6 - Evaluación de diversas concentraciones de SO₂ de entrada y licores de lavado

Se construye un sistema de lavado gas-líquido horizontal similar al ilustrado en la Figura 1. Se tratan en el sistema diversas corrientes de gas residual que tienen una velocidad global del gas de aproximadamente 6,7 m/s (22 pies por segundo) y concentraciones de SO₂ de aproximadamente 80 ppm a aproximadamente 1.200 ppm, utilizando una gama de proporciones L/G de aproximadamente 1,47 (11, en unidades anglosajonas) a aproximadamente 2,41 (18). Se utilizan diversos licores de lavado para tratar las corrientes de gas residual. En particular, en las pruebas con 80 ppm y 200 ppm se utiliza una metodología de doble álcali en modalidad diluida, y en las pruebas con 425 ppm, 600 ppm y 1.200 ppm se utiliza una metodología de doble álcali en modalidad concentrada. De manera consistente, el sistema elimina de los gases residuales al menos 85% en volumen de SO₂, y a menudo al menos 90% en volumen de SO₂, y con una proporción L/G inferior a 2,41 (18, en unidades anglosajonas), y a menudo inferior a 2,14 (16). La Figura 11 ilustra la cantidad de dióxido de azufre eliminado en función de la proporción L/G para una corriente de gas residual que comprende 80 ppm de SO₂. La Figura 12 ilustra la cantidad de dióxido de azufre eliminada en función de la proporción L/G para una corriente de gas residual que comprende 200 ppm de SO₂. La Figura 13 ilustra la cantidad de dióxido de azufre eliminado en función de la proporción L/G para corrientes de gas residual que comprenden 425 ppm, 600 ppm y 1.200 ppm de SO₂.

Ejemplo 7- Efecto de la prehumidificación de la corriente de gas residual

Se construye un sistema de lavado gas-líquido horizontal similar al ilustrado en la Figura 1. Se trata en el sistema una corriente de gas residual que tiene una velocidad global del gas de aproximadamente 6,4 m/s (21 pies por segundo) y una concentración de SO₂ de aproximadamente 80 ppm, con una gama de proporciones L/G de aproximadamente 1,34 (10, en unidades anglosajonas) a aproximadamente 2,14 (16). En un primer enfoque, la corriente de gas residual se trata sin haber prehumidificado la corriente de gas residual antes de tratar la corriente de gas residual con el licor de lavado. En un segundo enfoque, se prehumidifica la corriente de gas residual antes de tratar la corriente de gas residual con el licor de lavado. Tal como se ilustra en la Figura 14, utilizando la prehumidificación el sistema elimina de aproximadamente 2,7% en volumen a aproximadamente 4,0% en volumen más de SO₂.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de lavado en conducto horizontal para eliminar contaminante gaseoso de un gas, comprendiendo el sistema de lavado en conducto horizontal:
 - 5 - una carcasa dispuesta horizontalmente que tiene una entrada de gas residual para recibir una corriente gaseosa y una salida de gas tratado para descargar la corriente gaseosa, en donde la corriente gaseosa incluye al menos algunos contaminantes gaseosos cuando entra en la entrada de gas residual;
 - un colector de entrada de líquido dispuesto dentro de la carcasa dispuesta horizontalmente, comprendiendo el colector de entrada de líquido una pluralidad de boquillas orientadas para rociar un líquido de lavado en cocorriente con el flujo de la corriente gaseosa; y
 - 10 - un desnebulizador situado próximo a la salida de gas tratado, en donde la carcasa dispuesta horizontalmente está sustancialmente exenta de miembros deflectores de flujo entre el colector de entrada de líquido y el desnebulizador, en donde las boquillas son boquillas de chorro en espiral configuradas para expulsar el licor de lavado a una presión en el intervalo de 377 kilopascales (= 40 libras por pulgada cuadrada manométricas (lpcm)) a 550 kilopascales (= 65 lpcm) y con un caudal en el intervalo de 57 litros por minuto (= 15 galones por minuto (gpm)) a 189 litros por minuto (= 50 gpm), y en donde el sistema funciona con una proporción L/G inferior a 2,67 (20, en unidades anglosajonas).
2. El sistema según la reivindicación 1, en donde el colector de entrada de líquido comprende una pluralidad de lanzas para suministrar el licor de lavado a la pluralidad de boquillas, en donde cada una de las lanzas comprende al menos una de la pluralidad de boquillas.
- 20 3. El sistema según la reivindicación 1 o 2, comprendiendo el sistema además un rociado de enfriamiento aguas arriba del colector de entrada de líquido, en donde el rociado de enfriamiento está configurado para prehumidificar la corriente gaseosa.
4. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde una primera parte de la carcasa dispuesta horizontalmente tiene una primera área de sección transversal y una segunda parte de la carcasa tiene una segunda área de sección transversal que es distinta de la primera área de sección transversal, en donde la segunda área de sección transversal es mayor que la primera área de sección transversal, y en donde la segunda área de sección transversal forma una zona de expansión, en donde la zona de expansión está configurada para facilitar la reducción del gas de entrada desde un primer caudal de gas a un segundo caudal de gas.
- 25 5. Un método para eliminar contaminantes gaseosos de un gas, comprendiendo el método:
 - 30 - hacer fluir una corriente gaseosa que comprende contaminantes gaseosos al interior de una carcasa dispuesta horizontalmente a través de una entrada de gas residual, comprendiendo la carcasa dispuesta horizontalmente la entrada de gas residual en un extremo, una salida de gas tratado en un extremo opuesto, un colector de entrada de líquido próximo a la entrada de gas residual y un desnebulizador próximo a la salida de gas tratado, en donde la carcasa dispuesta horizontalmente está sustancialmente exenta de miembros deflectores de flujo entre el colector de entrada de líquido y el desnebulizador, definiendo así una zona de contacto gas-líquido sustancialmente sin restricciones entre el colector de entrada de líquido y el desnebulizador, en donde los contaminantes gaseosos comprenden al menos uno de SO₂, SO₃, NO_x, un compuesto halogenado y un compuesto orgánico volátil;
 - 35 - hacer pasar la corriente gaseosa a través de la zona de contacto gas-líquido sustancialmente sin restricciones;
 - rociar, de manera concomitante al paso de hacer pasar, un licor de lavado a través de la zona de contacto gas-líquido sustancialmente sin restricciones y en cocorriente con el flujo de la corriente gaseosa a una presión en el intervalo de 377 kilopascales (= 40 libras por pulgada cuadrada manométricas (lpcm)) a 550 kilopascales (= 65 lpcm) y con un caudal en el intervalo de 57 litros por minuto (15 galones por minuto (gpm)) a 189 litros por minuto (50 gpm) a través de una pluralidad de boquillas, en donde las boquillas son boquillas de chorro en espiral, poniendo en contacto así la corriente gaseosa con el licor de lavado;
 - 40 - eliminar de la corriente gaseosa durante el contacto al menos algunos de los contaminantes gaseosos; y
 - hacer funcionar el sistema de lavado horizontal en conducto, durante los pasos de hacer fluir, hacer pasar, rociar y eliminar, con una proporción L/G inferior a 2,67 (20, en unidades anglosajonas).
6. El método según la reivindicación 5, en donde la proporción L/G no es superior a 2,41 (18, en unidades anglosajonas).
- 50 7. El método según la reivindicación 5 o 6 en donde, durante el paso de hacer pasar, la corriente gaseosa tiene una velocidad de 3,7 a 13,7 m/s (= de 12 a 45 pies por segundo).
8. El método según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, comprendiendo además el método:

prehumidificar la corriente gaseosa aguas arriba del colector de entrada de líquido por medio de un rociado de enfriamiento.

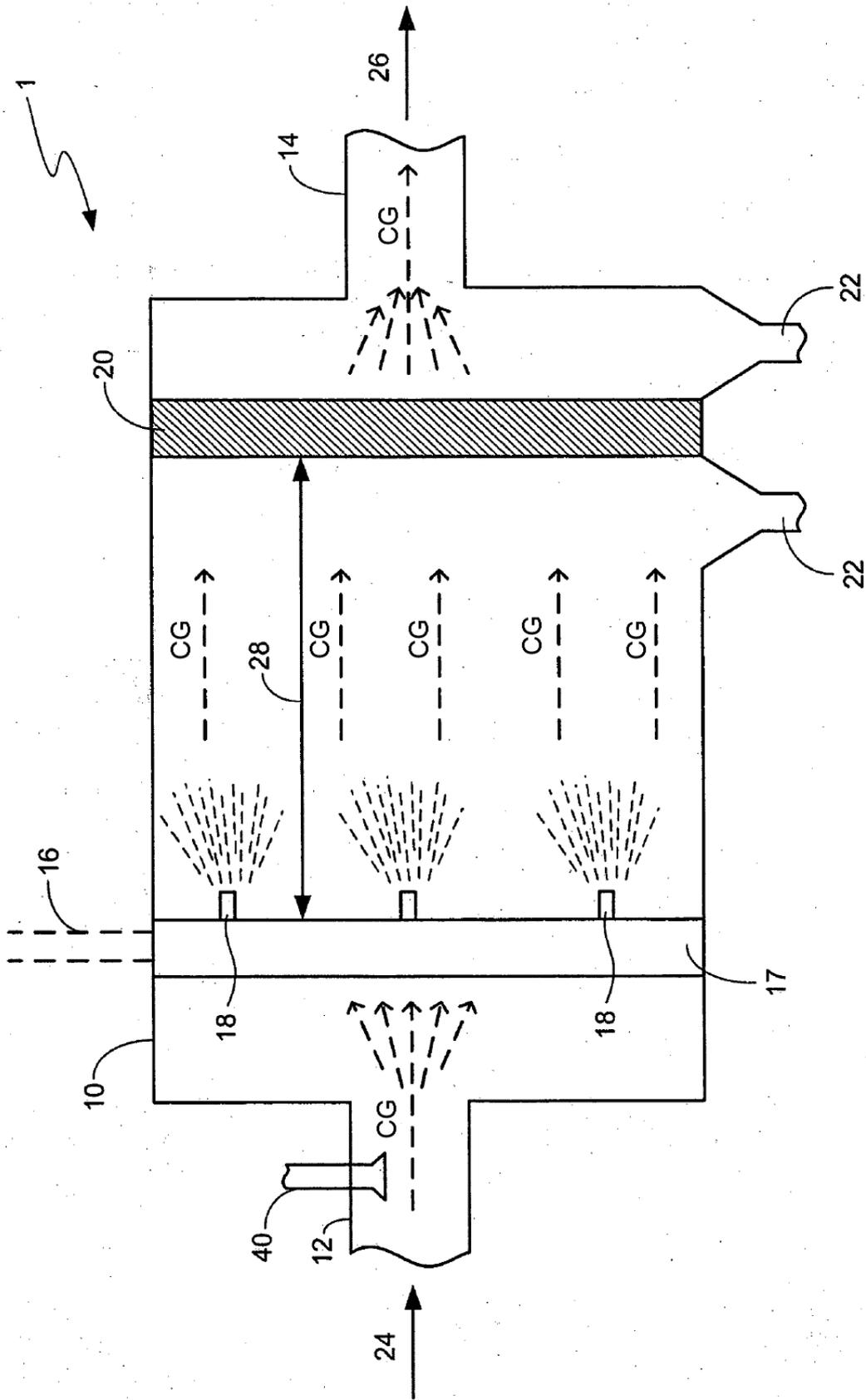


Fig. 1

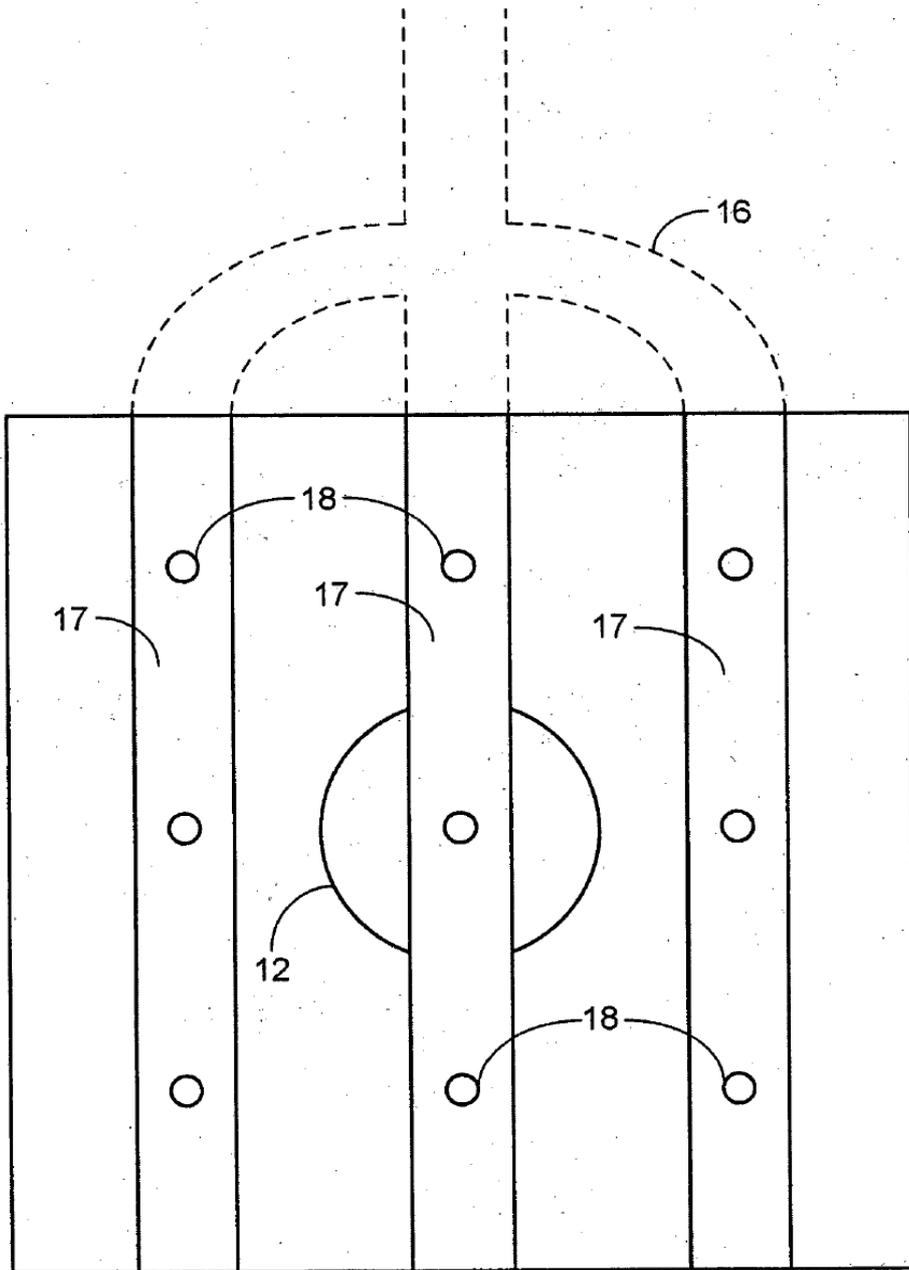


Fig. 2

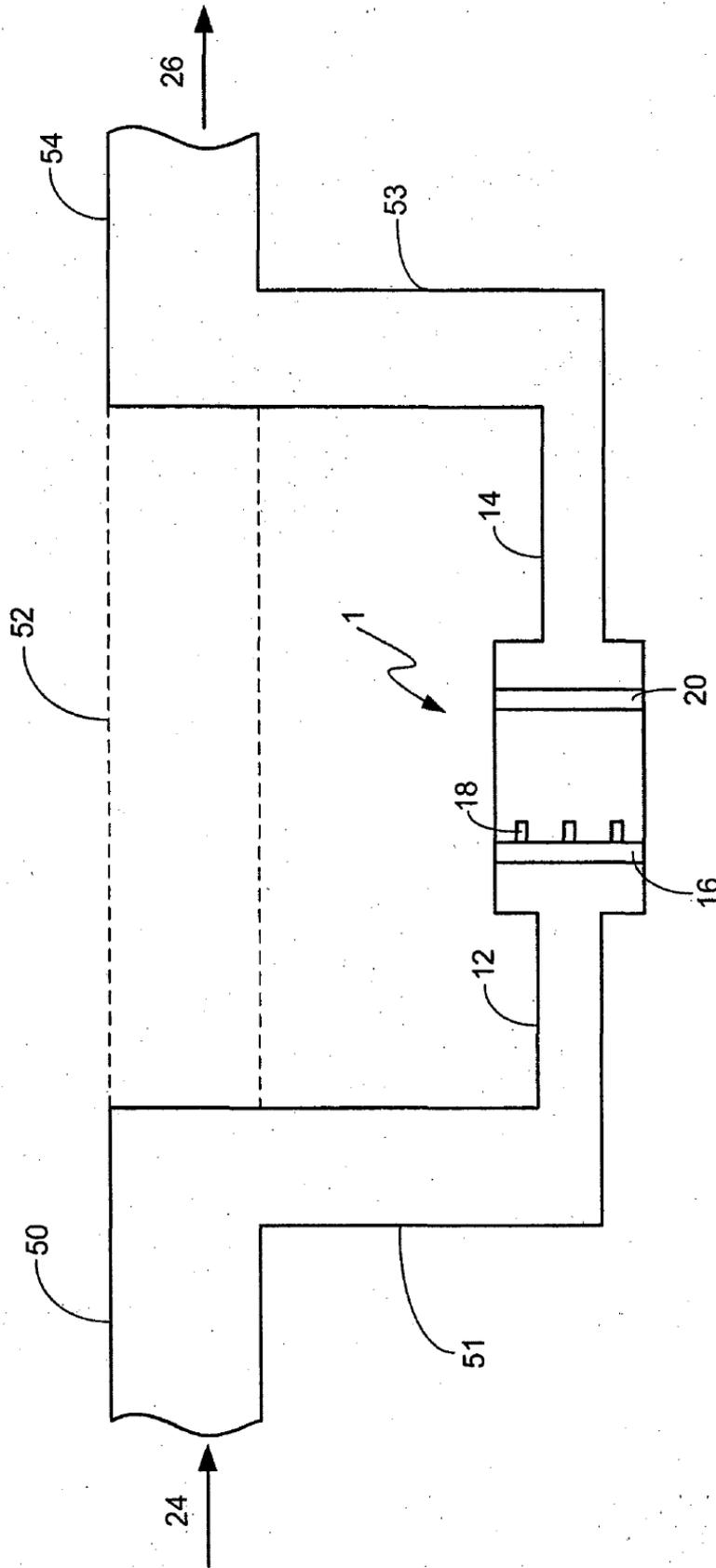


Fig. 3

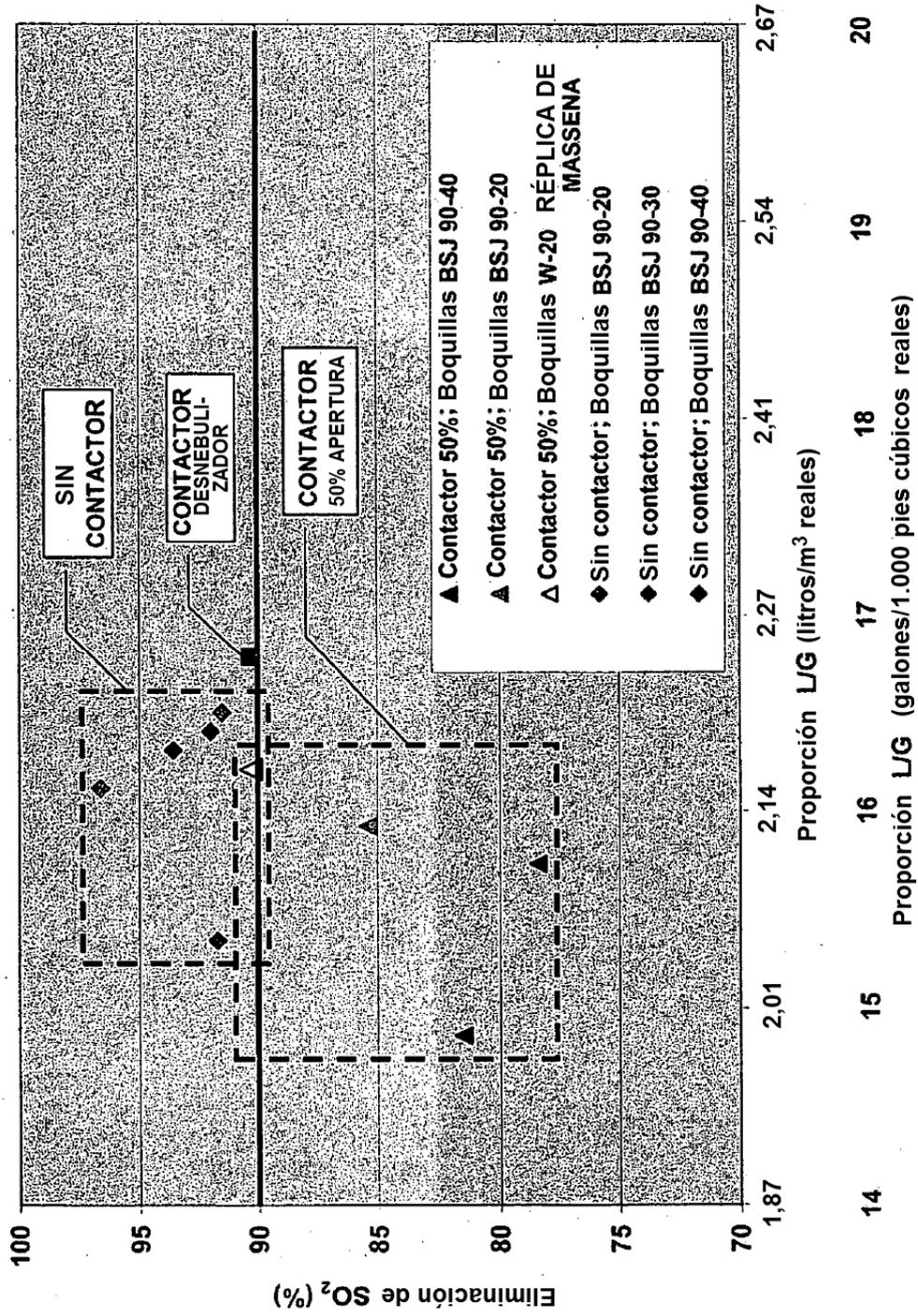


Fig. 4

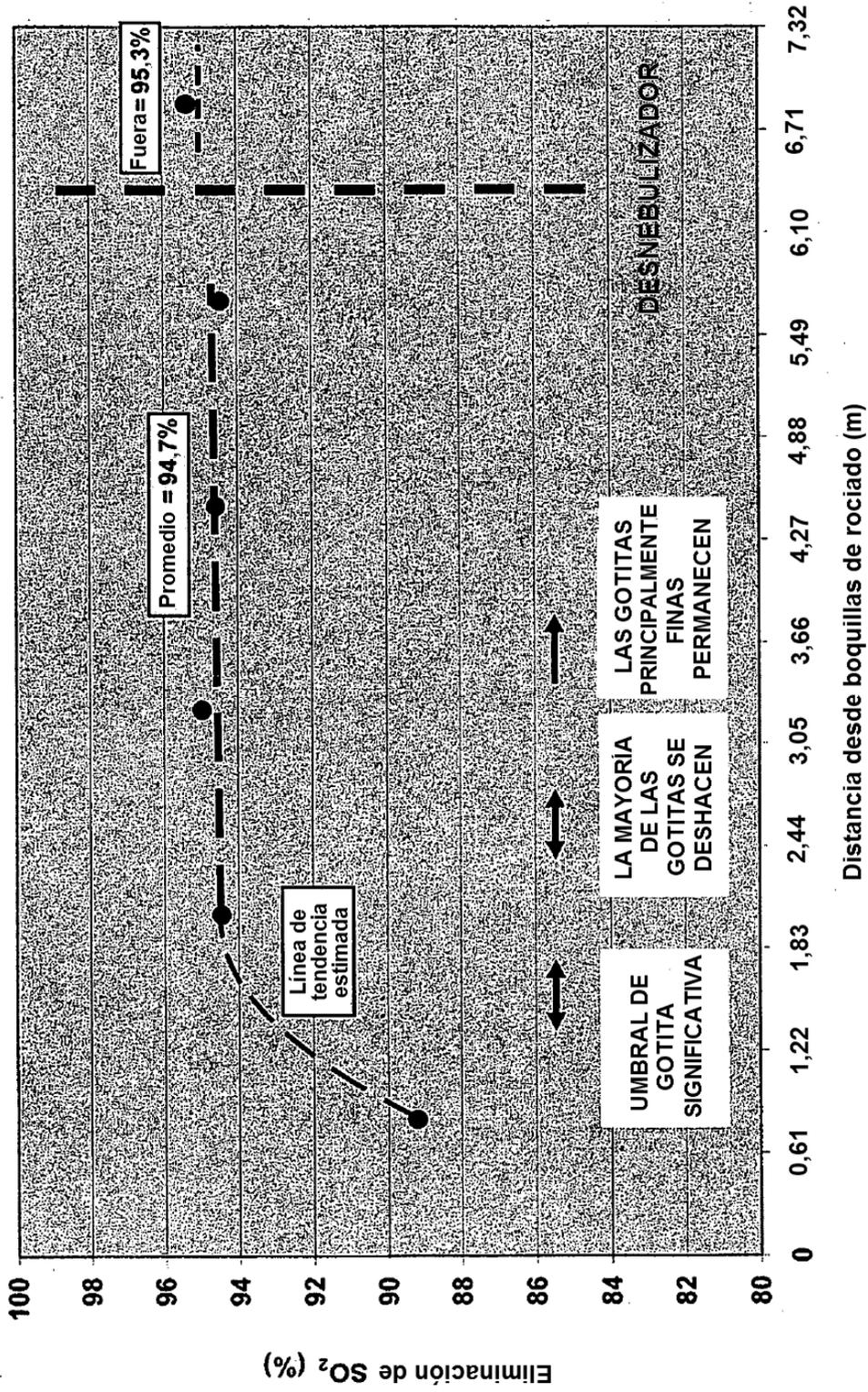


Fig. 6

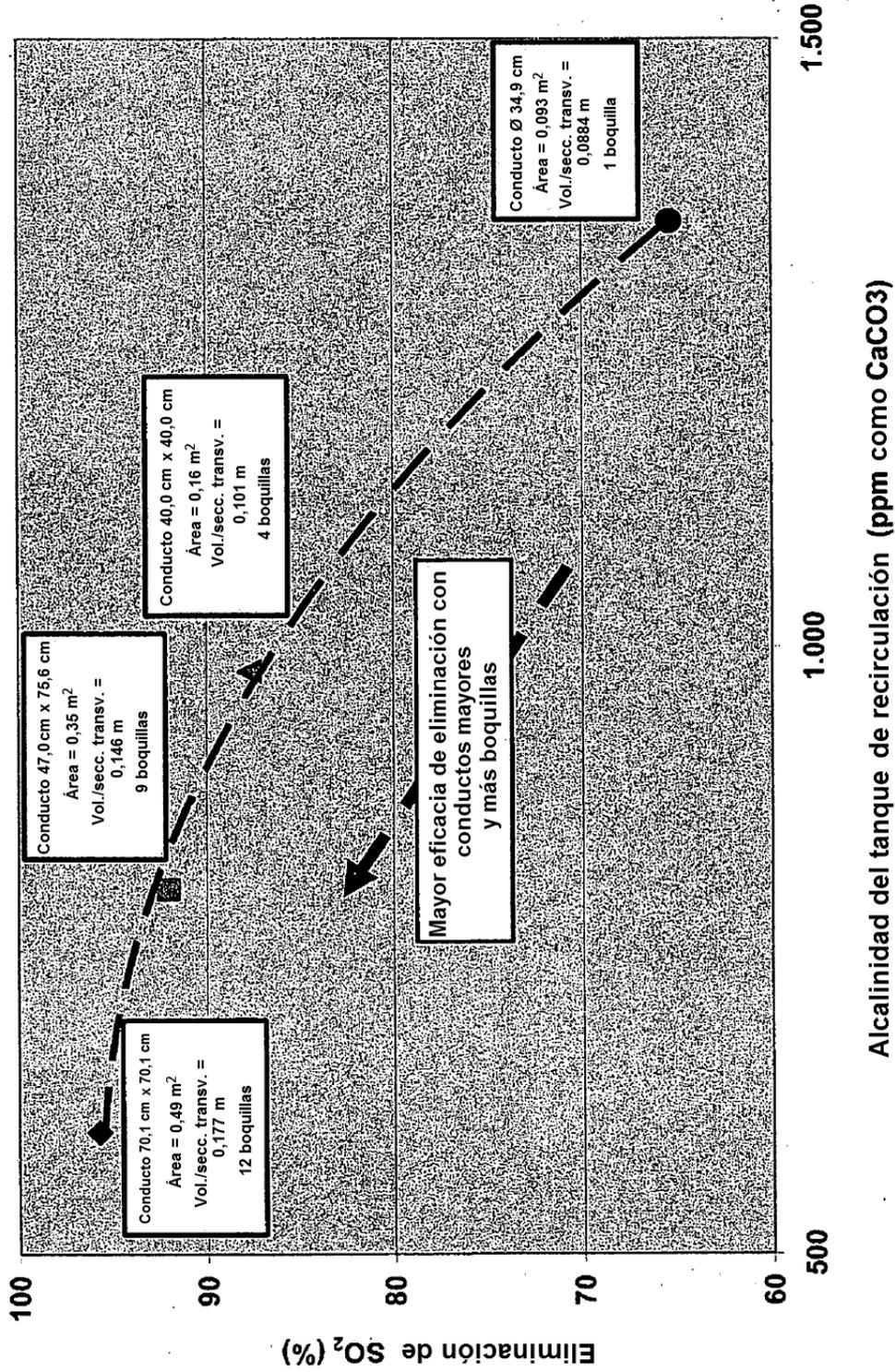
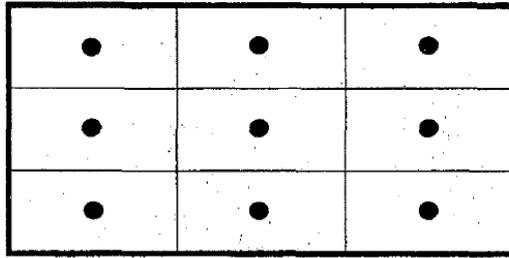
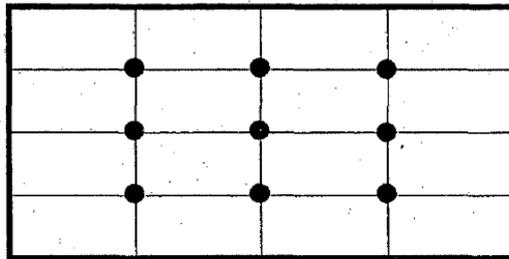


Fig. 7



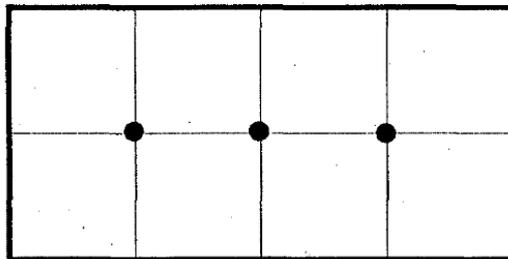
Matriz 3 x3 - Centros de áreas iguales

Fig. 8a



Matriz 3 x 3 - Esquinas de áreas iguales

Fig. 8b



Matriz 1 x 3 - Esquinas de áreas iguales

Fig. 8c

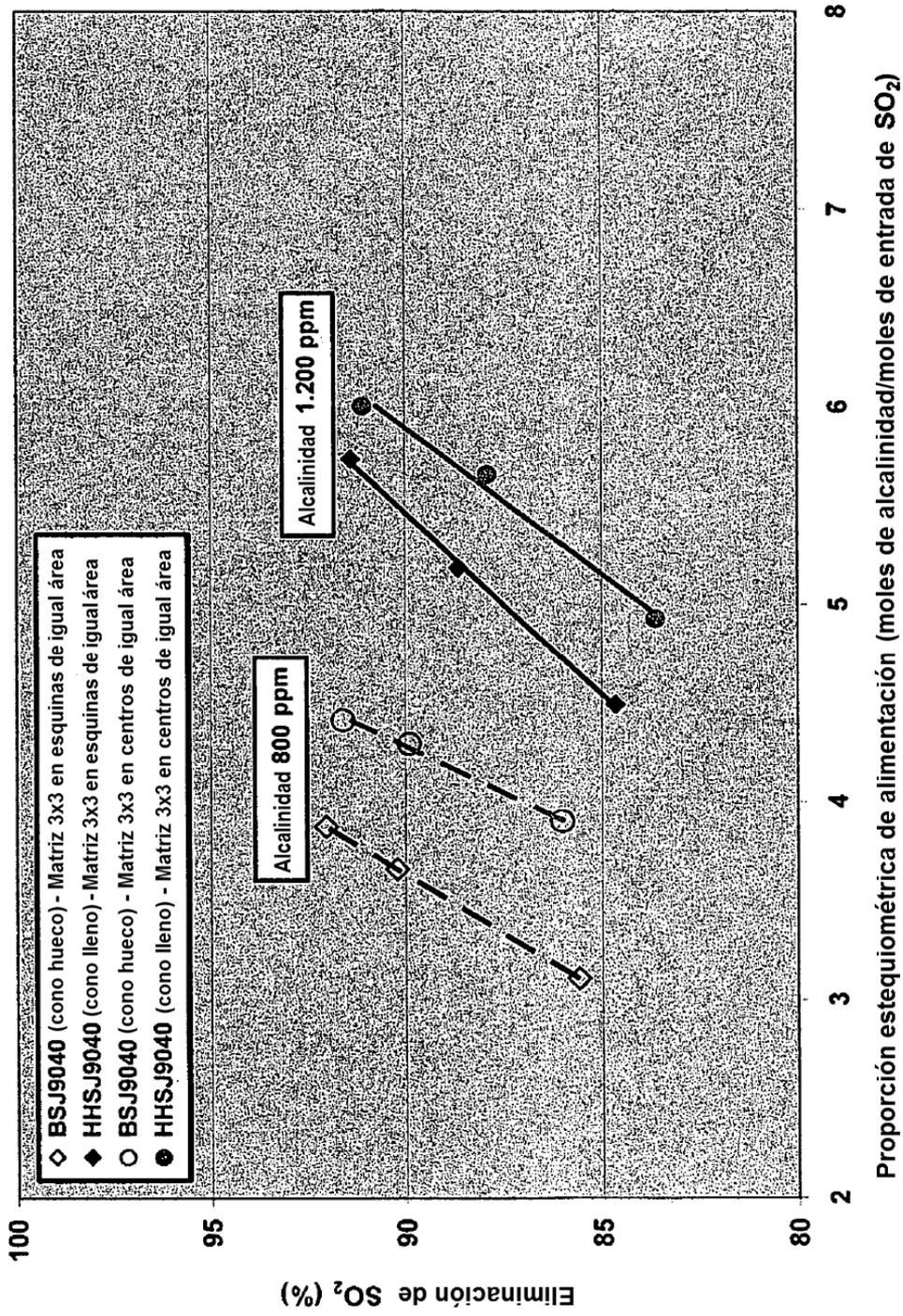


Fig. 9a

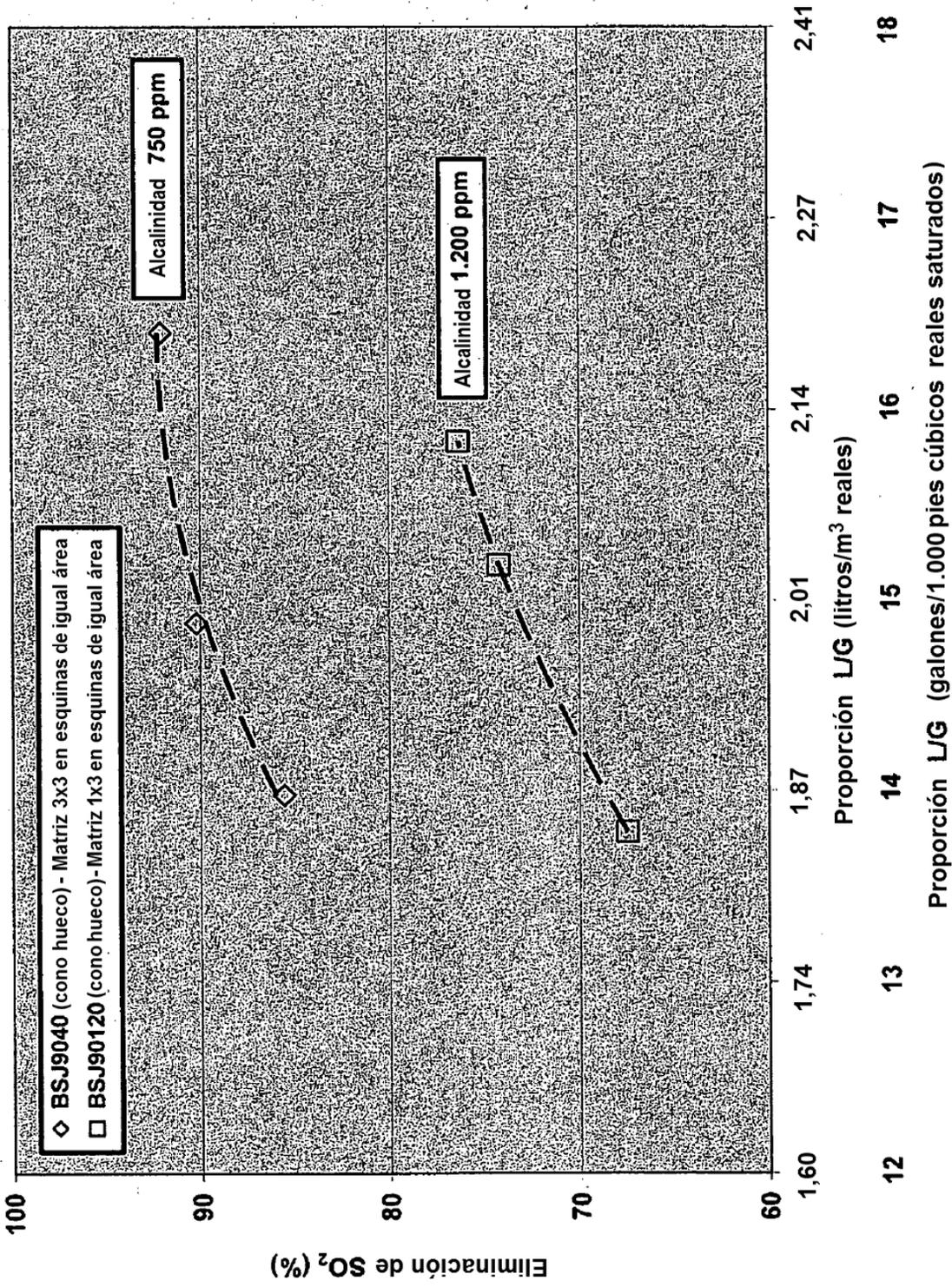


Fig. 9b

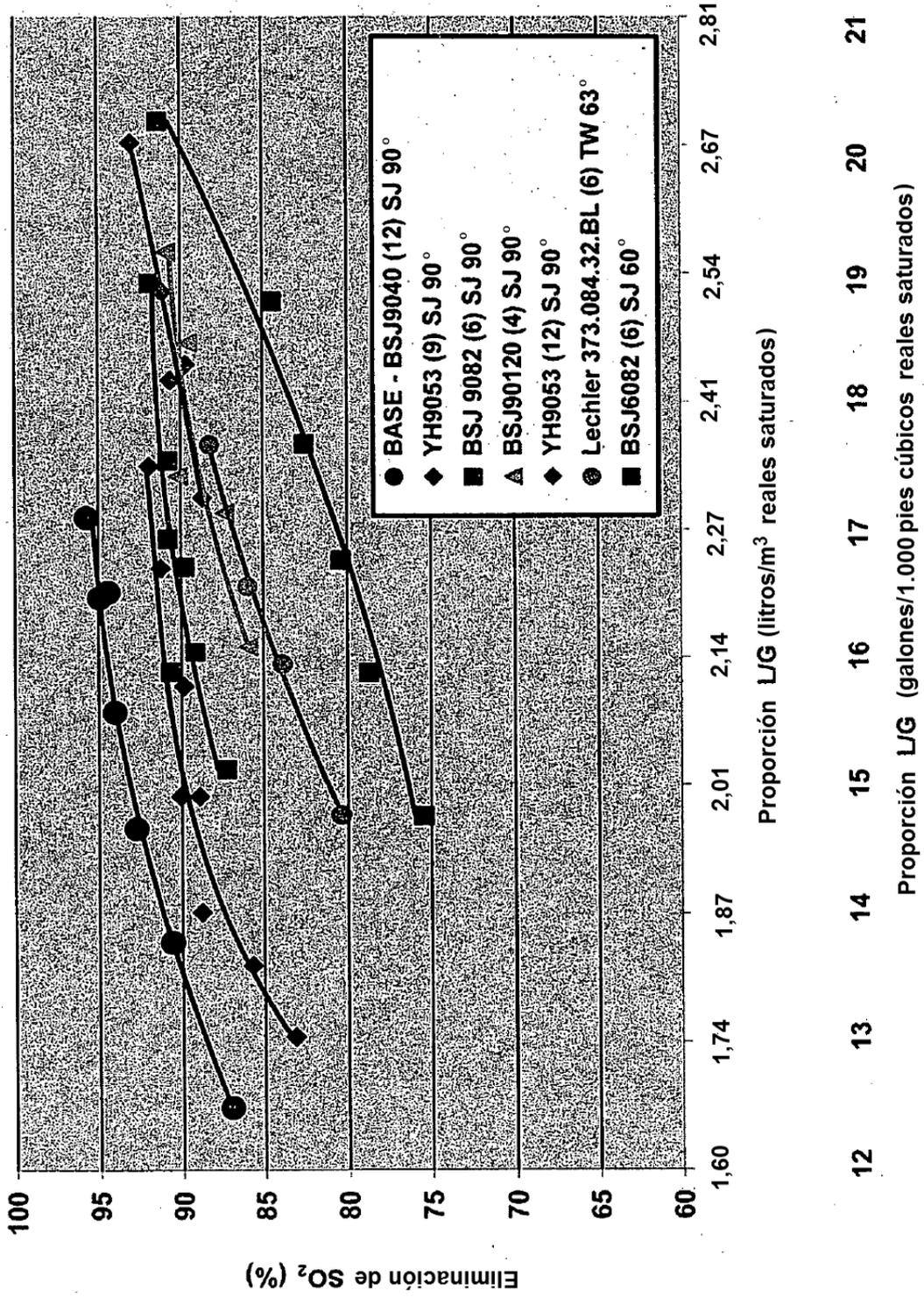


Fig. 10

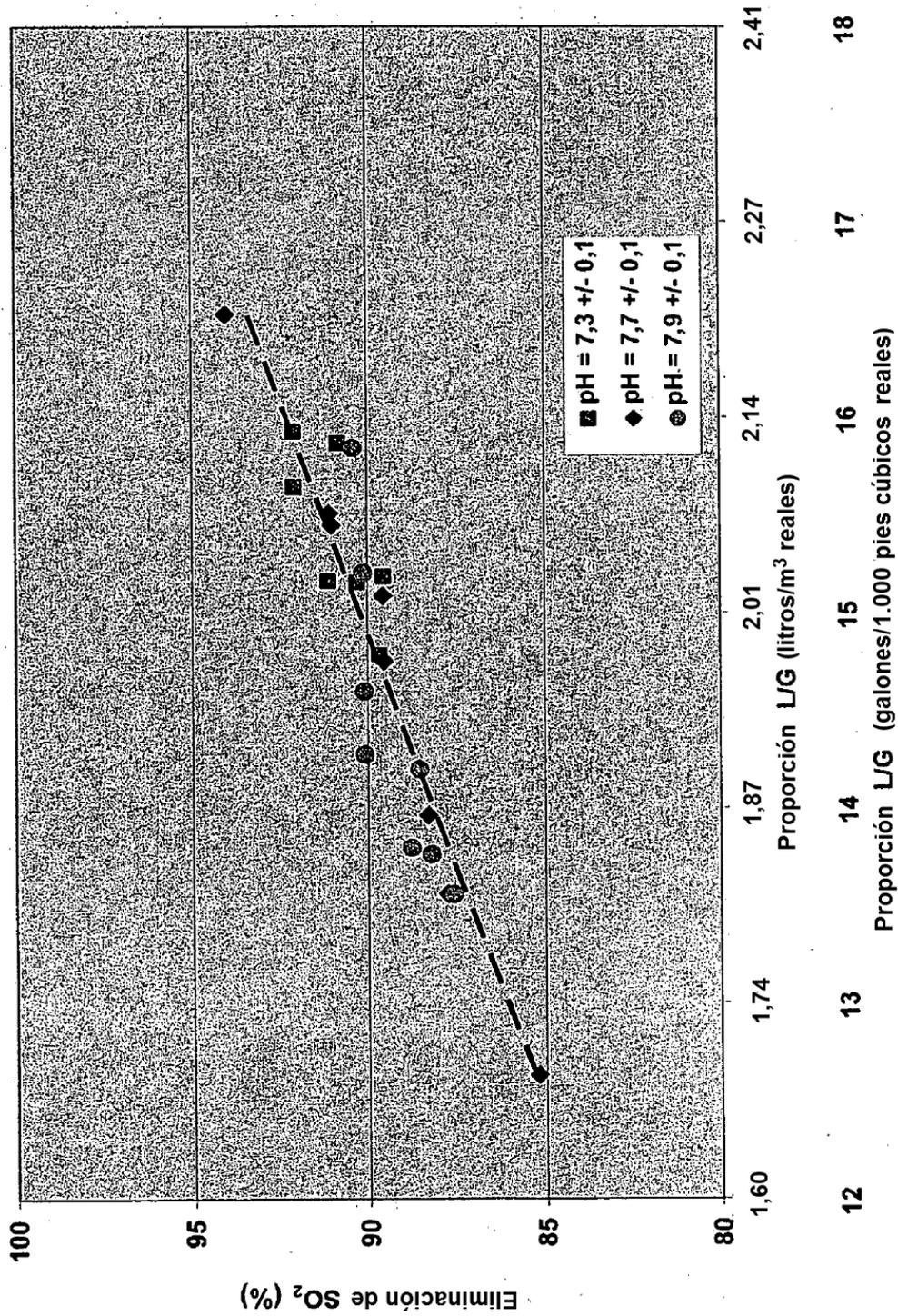


Fig. 11

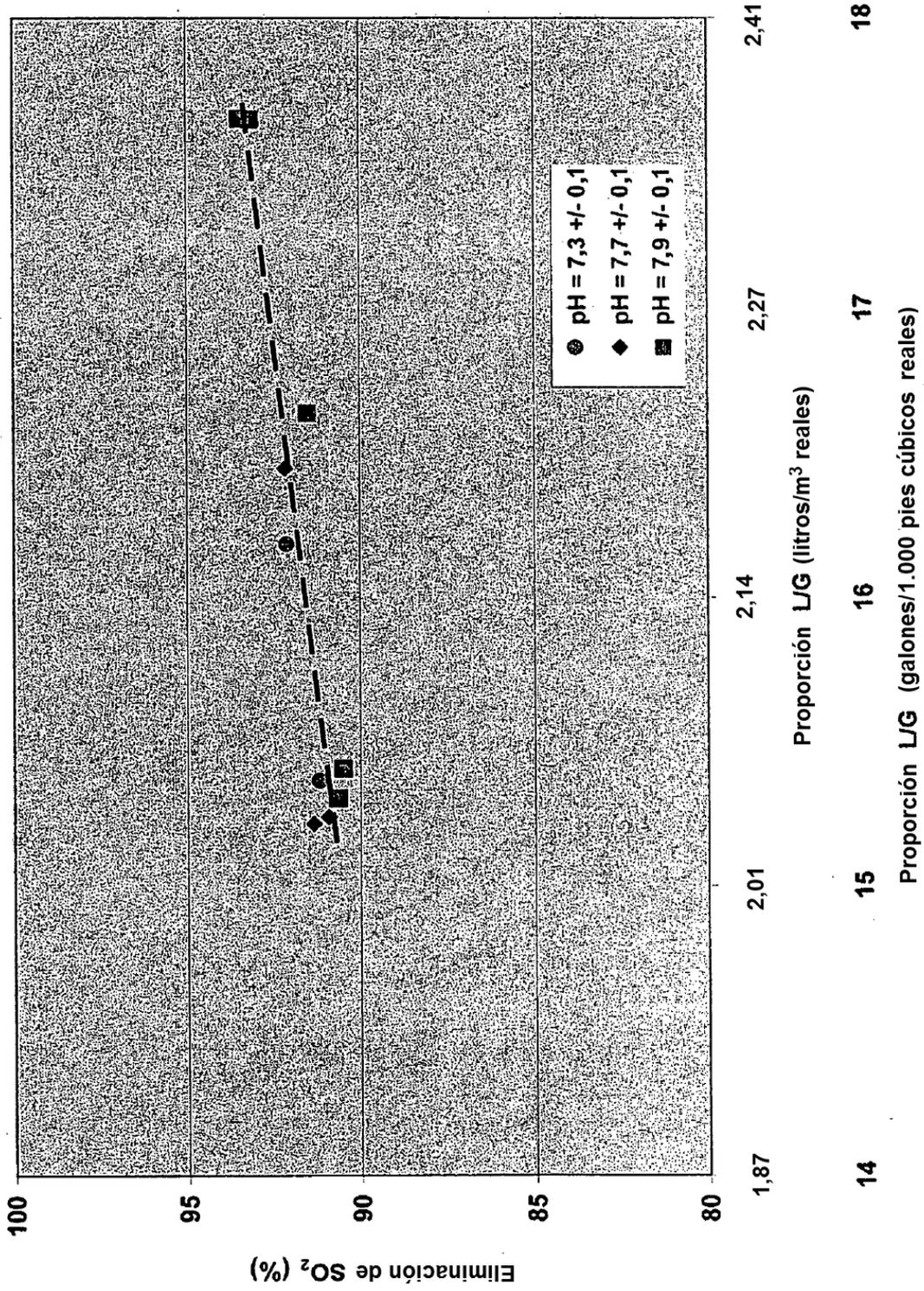


Fig. 12

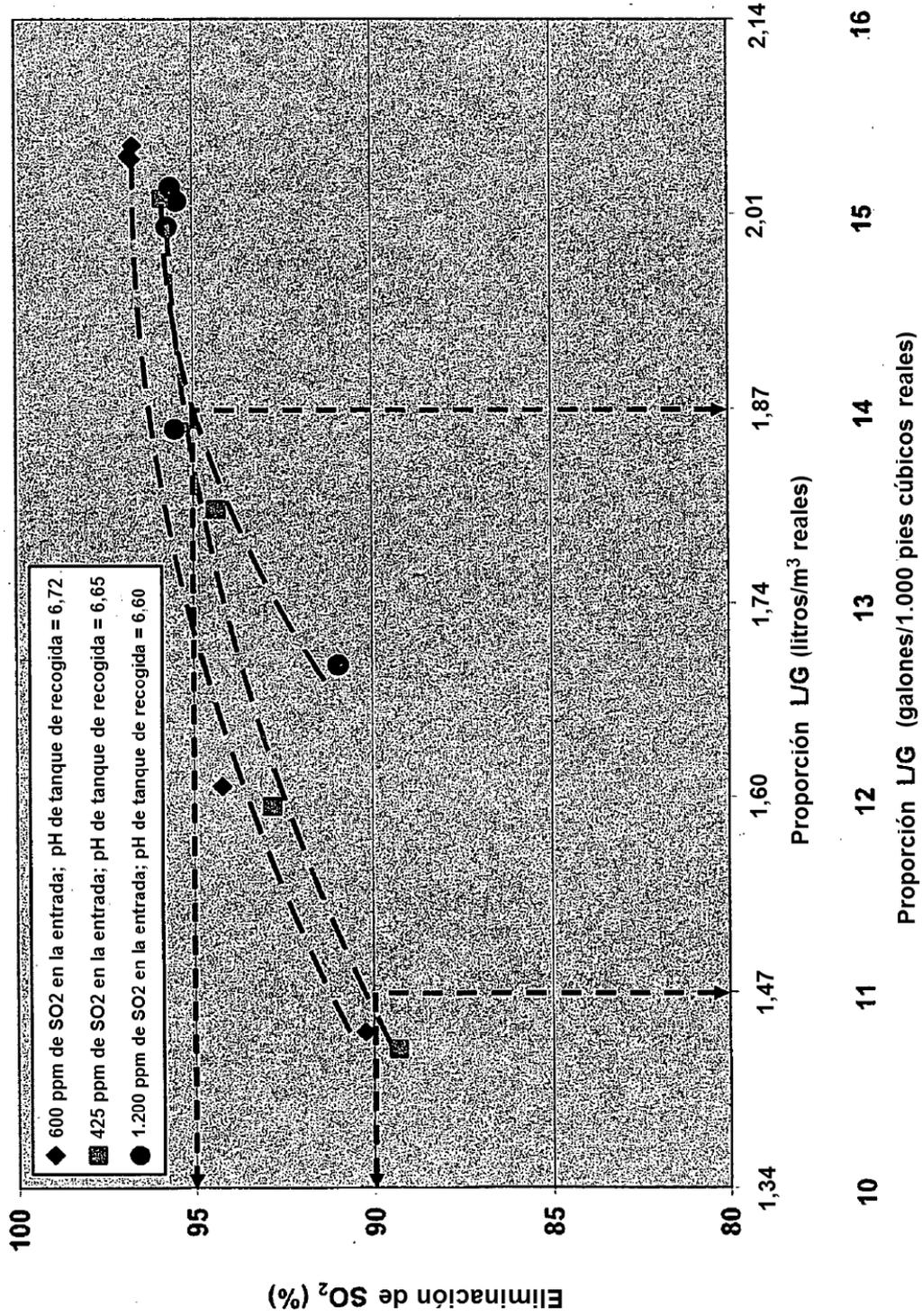


Fig. 13

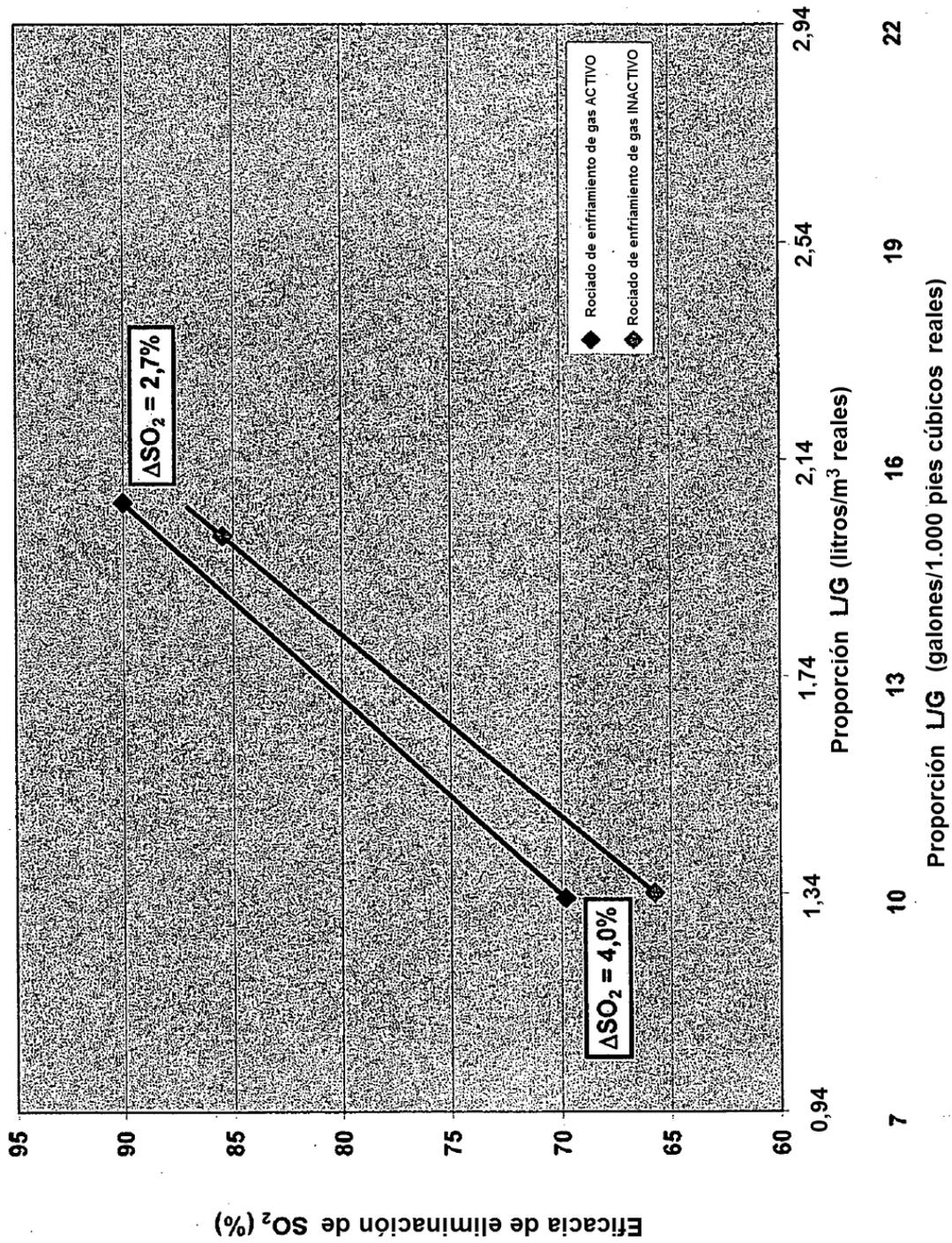


Fig. 14