

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 822 077**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/86** (2006.01)

**C01B 17/78** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.03.2017 PCT/EP2017/057789**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.10.2017 WO17174472**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2017 E 17715128 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2020 EP 3439767**

54 Título: **Eliminación de dióxido de azufre del gas residual**

30 Prioridad:

**04.04.2016 LU 93012**

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

**29.04.2021**

73 Titular/es:

**CPPE CARBON PROCESS&PLANT  
ENGINEERING S.A. (100.0%)  
Rue de la Cimenterie  
1337 Luxembourg-Dommeldange, LU**

72 Inventor/es:

**STRICKROTH, ALAIN**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 822 077 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**

Eliminación de dióxido de azufre del gas residual

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere, en general, a la eliminación de dióxido de azufre del gas residual generado en procedimientos químicos y metalúrgicos.

**Antecedentes de la técnica**

10 Un procedimiento conocido para la eliminación de dióxido de azufre del gas residual/gas de combustión es el procedimiento Sulfacid®. Este procedimiento ha sido especialmente desarrollado para cumplir el doble objetivo de la eliminación del SO<sub>2</sub> del gas residual generado por procedimientos químicos y metalúrgicos y la transformación en ácido sulfúrico de calidad industrial. Se presta particularmente bien a aplicaciones en las que el ácido sulfúrico puede ser usado directamente, por ejemplo, la producción de dióxido de titanio o procedimientos similares a base de ácido sulfúrico. Además, el lecho de carbón activado fijo es capaz de eliminar metales pesados (tales como Hg y Cd) del gas residual.

Parámetros típicos de entrada de gas residual:

15	contenido de SO <sub>2</sub>	hasta el 1 % en volumen
	contenido de Hg	150 µg/Nm <sup>3</sup> seco
	contenido de O <sub>2</sub>	mínimo el 7 % en volumen
	temperatura	50 - 80 °C
	contenido de polvo	< 30 mg/m <sup>3</sup> STP (todos los datos se refieren a gas seco)

20 Parámetros típicos de salida de gas limpio:

	contenido de SO <sub>2</sub>	≤ 50 mg/Nm <sup>3</sup> seco
	contenido de Hg	25 µg/Nm <sup>3</sup> seco

25 El gas crudo fluye a través de un lecho fijo catalizador de carbón activado dentro de un reactor. El SO<sub>2</sub> se convierte en ácido sulfúrico por catálisis húmeda en presencia de oxígeno y agua. Un gas limpio saturado de agua se descarga a la atmósfera a través de una chimenea. El ácido sulfúrico recogido en los poros y en la superficie del catalizador se elimina intermitentemente por pulverización de agua sobre el catalizador. Se recoge ácido sulfúrico de calidad industrial transparente con una concentración del 10 al 50 % en peso en un depósito tampón. La conversión de dióxido de azufre en ácido sulfúrico sobre el catalizador funciona de acuerdo con la siguiente ecuación de reacción:

30 
$$\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 + n \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot (n-1) \text{H}_2\text{O} + \text{calentamiento}$$

La primera planta Sulfacid® fue puesta en marcha en 1968; ahora, unos cientos de plantas están en operación en todo el mundo.

Se ha descubierto, sin embargo, que el procedimiento es menos eficaz para una mayor concentración de SO<sub>2</sub> en el gas de combustión. Se ha descubierto que el uso de más catalizador no conduce a una mayor eliminación de SO<sub>2</sub>.

35 El documento EP 0 302 224 usa, para la eliminación de SO<sub>2</sub> en un gas, un catalizador que se convierte en hidrófobo por medio de compuestos poliméricos hidrófobos, tales como politetrafluoroetileno, poliisobutileno, polietileno, polipropileno o politrifluoroetileno, con una proporción de catalizador: agente hidrofobizante de 25:1 a 1:4.

40 El documento EP2 260 940 usa, para la eliminación de SO<sub>2</sub> en un gas, un catalizador a base de carbono al que se añade yodo, bromo o un compuesto de los mismos (de intercambio iónico o soporte) y se aplica un tratamiento repelente de agua al catalizador a base de carbono para mejorar el contacto entre el gas SO<sub>2</sub> y el gas de combustión a tratar, que contiene SO<sub>2</sub>.

Los documentos JPH11 236207 y JP3562551B2 también usan un catalizador de carbono tratado con un catalizador repelente de agua para mejorar el contacto entre el gas SO<sub>2</sub> y el gas de combustión a tratar, que contiene SO<sub>2</sub>.

**Problema técnico**

45 Es un objetivo de la presente invención mejorar el rendimiento de la eliminación de SO<sub>2</sub> de gases residuales/gases de combustión generados por procedimientos químicos y metalúrgicos y la transformación en ácido sulfúrico de calidad industrial.

Este objetivo se logra mediante un procedimiento según la reivindicación 1.

**Descripción general de la invención**

- Para lograr este objetivo, la presente invención propone un procedimiento en el que un gas que contiene SO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> se pone en contacto con una mezcla del 95 % en volumen al 50 % en volumen de catalizador de carbón activado y del 5 % en volumen al 50 % en volumen de un material de relleno inerte; en el que la mezcla es una mezcla de partículas independientes distintas de relleno y partículas independientes distintas de catalizador de carbón activado;
- 5 en el que el SO<sub>2</sub> se convierte en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el catalizador de carbón activado y, luego, se lava del catalizador de carbón activado para obtener una solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- En una realización preferida, la mezcla se empapa con agua o con una solución acuosa ácida o alcalina.
- Alternativamente, la mezcla está seca.
- El gas usado en el presente procedimiento es un gas residual generado en procedimientos químicos y metalúrgicos.
- 10 Sorprendentemente, el hecho de que el catalizador de carbón activado se mezcle con un material de relleno permite obtener una eliminación más completa de SO<sub>2</sub> del gas.
- El catalizador de carbón activado está preferentemente extrudido y tiene un tamaño de grano de 0,80 - 130 mm. El catalizador de carbón activado está preferentemente granulado y tiene un tamaño de grano: 0,30 a 4,75 mm.
- 15 En una realización, el catalizador de carbón activado es preferentemente una mezcla de catalizador granulado y extruido.
- El catalizador de carbono puede producirse a partir de carbón bituminoso marrón, huesos de fruta, cáscaras de coco, lignito, turba, madera, serrín/viruta, coque de petróleo, huesos, y residuos de molinos de papel (lignina), polímeros sintéticos, como PVC, rayón, viscosa, poliacrilonitrilo o fenoles.
- El catalizador de carbón puede activarse mediante:
- 20 un tratamiento físico: calor, vapor, oxígeno, CO<sub>2</sub>, aire  
 un tratamiento químico: impregnación con ácido, base fuerte o sales (por ejemplo, ácido sulfúrico, clorhídrico o fosfórico, hidróxido de potasio o sodio, cloruro de calcio o de zinc)  
 una combinación de un tratamiento físico y químico.
- 25 El catalizador de carbón activado puede tener un área superficial específica (BET en inglés): 400 a 1.800 m<sup>2</sup>/g y un pH ácido o alcalino.
- Se usa preferentemente al menos el 5 % en volumen, el 6 % en volumen, el 7 % en volumen, el 8 % en volumen, el 9 % en volumen, el 10 % en volumen, el 11 % en volumen, el 12 % en volumen, el 13 % en volumen, el 14 % en volumen, el 15 % en volumen, el 16 % en volumen, el 17 % en volumen, el 18 % en volumen, el 19 % en volumen, el 20 % en volumen, el 21 % en volumen, el 22 % en volumen, el 23 % en volumen, el 24 % en volumen, el 25 % en volumen, el 26 % en volumen, el 27 % en volumen, el 28 % en volumen, el 29 % en volumen o al menos el 30 % en volumen de relleno en la mezcla de catalizador de carbón activado y un material de relleno.
- 30 Se usa preferentemente, como máximo, el 50 % en volumen, el 49 % en volumen, el 48 % en volumen, el 47 % en volumen, el 46 % en volumen, el 45 % en volumen, el 44 % en volumen, el 43 % en volumen, el 42 % en volumen, el 41 % en volumen, el 40 % en volumen, el 39 % en volumen, el 38 % en volumen, el 37 % en volumen, el 36 % en volumen, el 35 % en volumen, el 34 % en volumen, el 33 % en volumen, el 32 % en volumen, el 31 % en volumen o, como mucho, el 30 % en volumen de relleno en la mezcla de catalizador de carbón activado y un material de relleno.
- 35 En una realización, el material de relleno puede comprender un material catalizador activo (por ejemplo, V, Fe, Zn, Si, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ...).
- 40 El relleno preferentemente se selecciona de rellenos compuestos por material cerámico, compuestos por metal, rellenos compuestos por mineral plástico o mezclas de los mismos. Preferentemente, el material de relleno comprende plástico, metales, alúmina, materiales cerámicos o mezclas de los mismos.
- De acuerdo con diversas realizaciones, el material de relleno es una forma seleccionada entre forma de silla de montar, forma de anillo, forma de bola, forma de toro, forma de prisma o forma irregular.
- En particular, pueden usarse rellenos compuestos por material cerámico, que tengan un volumen libre del 50-79 %:
- 45 i. Silleta Novalox® : 12,7-76,2 mm  
 ii. Silleta Berl: 4-50 mm  
 iii. Anillo cilíndrico : 5-200 mm  
 iv. Anillo Pall® : 25-100 mm  
 v. Forro de rejilla de transición
- 50 vi. Anillo cilíndrico con 1 barra o 1 cruz: 80-200 mm  
 vii. Bloque de cuadrícula: 215 \* 145 \* 90 mm

En particular, pueden usarse rellenos de metal, que tengan un volumen libre del 95-98 %:

- i. Anillo cilíndrico: 15-50 mm
- ii. Anillo Pall®: 15-90 mm
- iii. VSP®: 25-50 mm

- 5 i. Anillo cilíndrico: 15-50 mm
- ii. Anillo Pall®: 15-90 mm
- iii. VSP®: 25-50 mm
- iv. Top-Pak®: 15 mm
- v. Novalox®-M: 15-70 mm
- 10 vi. Twin-Pak®: 10-15 mm
- vii. Interpak®: 10-20 mm

En particular, pueden usarse rellenos compuestos por plástico, que tengan un volumen libre del 87-97 %:

- i. Silleta Novalox® : 12,7 - 50,8 mm
- ii. Anillo Pall®: 15-90 mm
- 15 iii. VSP® : 25-90 mm
- iv. Igel® : 40 mm
- v. Netball®: 45-90 mm

20 El material de relleno se compone así de partículas individuales distintas que se añaden al catalizador de carbón activado para mejorar y potenciar algunas propiedades del material mixto. Las partículas de material de relleno generalmente tienen un tamaño medio de partícula (basado en la dimensión media más grande (en número) de la partícula) de más de 4 mm. Normalmente, su tamaño medio de partícula (basado en la dimensión media más grande (en número) de la partícula) es inferior a 200 mm.

25 En una realización, la mezcla de catalizador de carbón activado y un material de relleno no contiene otros ingredientes sólidos que el catalizador de carbón activado y el material de relleno. El total de estos dos ingredientes conforma así el 100 % en volumen de la mezcla. No hace falta decir que la mezcla es una mezcla heterogénea ya que los componentes tienen diferentes tamaños de partícula, diferentes densidades, etc. La mezcla comprende una mezcla de distintas partículas de relleno independientes y distintas partículas de catalizador de carbón activado independientes. Esto hace que sea fácil separar el catalizador de carbón activado del relleno cuando el catalizador de carbón activado necesita ser reemplazado.

30 La eliminación de SO<sub>2</sub> funciona en lo que se denomina un procedimiento en húmedo o lo que se denomina un procedimiento en seco.

El procedimiento en húmedo implica enjuague/lavado continuo del lecho de catalizador según lo descrito en el documento DE 2 235 123.

35 En el procedimiento en seco, el catalizador de carbón activado se expone a SO<sub>2</sub> hasta que la tasa de conversión de SO<sub>2</sub> disminuye. Después de este ciclo de carga, el suministro de SO<sub>2</sub> se desconecta y el catalizador se somete a enjuague/lavado con agua o una solución acuosa y el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se elimina por lavado. El catalizador entonces se seca y puede reutilizarse después de este ciclo de regeneración. Tales procedimientos se describen en los documentos US 3.486.852 o US 4.122.150.

40 El presente procedimiento, se puede usar de manera análoga, ya sea según lo que se denomina un procedimiento en húmedo con un enjuague/ lavado continuo de la mezcla de catalizador o según lo que se denomina un procedimiento en seco con una operación por lotes de una fase de carga de la mezcla de catalizador con SO<sub>2</sub> y una fase de lavado/enjuague/secado de la mezcla de catalizador. En el "procedimiento en seco", la mezcla de catalizador se enjuaga habitualmente durante 2 horas con un total de aproximadamente 100 litros de agua por m<sup>3</sup> de mezcla, es decir, aproximadamente 50 l/hora/m<sup>3</sup> de mezcla. Durante el procedimiento en húmedo, la mezcla de catalizador de carbón activado y un material de relleno preferentemente se lava con agua o una solución acuosa en una cantidad entre 5 l/hora/m<sup>3</sup> de mezcla y 100 l/hora/m<sup>3</sup> de mezcla.

La mezcla de catalizador de carbón activado y un material de relleno preferentemente se lava por pulverización intermitente con agua o una solución acuosa en contracorriente al gas.

50 El procedimiento se realiza preferentemente a una presión de 91 a 111 kPa y más preferentemente a presión atmosférica.

En el procedimiento según lo descrito el gas que contiene SO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> puede ser un gas residual generado por procedimientos químicos y metalúrgicos. Su contenido de SO<sub>2</sub> normalmente está entre 300 ppm y 200.000 ppm.

El gas que se pone en contacto con la mezcla de catalizador de carbón activado y un material de relleno está habitualmente a una temperatura entre 10 °C y 150°C.

El contenido de O<sub>2</sub> del gas es, como norma, entre el 2 y el 21 % en volumen.

El contenido de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de la solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> obtenida está preferentemente entre el 5 y el 50 % en volumen dependiendo del volumen de agua o solución acuosa usada para enjuagar la mezcla de catalizador de carbón activado y un material de relleno.

5 Todos los metales pesados (tales como Hg y Cd) también se eliminan del gas durante el procedimiento.

Todos los compuestos orgánicos también se eliminan del gas en el caso de una aplicación en procedimiento seco.

### **Breve descripción de los dibujos**

Otros detalles y ventajas de la invención pueden tomarse de la siguiente descripción detallada de una posible realización de la invención sobre la base de la FIG. 1 adjunta. En los dibujos:

- 10 la FIG. 1 es una vista esquemática de la disposición;
- la FIG. 2 es un gráfico que muestra los valores medidos durante el Ensayo 1 del contenido de SO<sub>2</sub> de los gases residuales en la entrada y salida del reactor;
- la FIG. 3 es un gráfico que muestra los valores medidos durante el Ensayo 2 del contenido de SO<sub>2</sub> de los gases residuales en la entrada y salida del reactor;
- 15 la FIG. 4 es un gráfico que muestra los valores medidos durante el Ensayo 3 del contenido de SO<sub>2</sub> de los gases residuales en la entrada y salida del reactor;
- la FIG. 5 es un gráfico que muestra los valores medidos durante el Ensayo 4 del contenido de SO<sub>2</sub> de los gases residuales en la entrada y salida del reactor;
- 20 la FIG. 6 es un gráfico que muestra los valores medidos durante el Ensayo 5 del contenido de SO<sub>2</sub> de los gases residuales en la entrada y salida del reactor;
- la FIG. 7 es un gráfico que muestra los valores medidos durante el Ensayo 6 del contenido de SO<sub>2</sub> de los gases residuales en la entrada y salida del reactor;
- la FIG. 8 es un gráfico que muestra los valores medidos durante el Ensayo 7 y 8 de la capacidad de carga de SO<sub>2</sub> de un catalizador de carbón activado y de una mezcla de un catalizador de carbón activado y un relleno;
- 25 la FIG. 9 es un gráfico que muestra los valores medidos durante el Ensayo 7 y 8 del tiempo de secado de un catalizador de carbón activado y de una mezcla de un catalizador de carbón activado y un relleno;
- la FIG. 10 es un gráfico que muestra la eficiencia de eliminación de un catalizador de carbón activado solo y diferentes formas de mezclar un catalizador de carbón activado con relleno en relación con el Ensayo 9a, b, c y d,
- 30 la FIG. 11 es un gráfico que muestra la eficiencia de eliminación de un catalizador de carbón activado mezclado con diferentes cantidades de un primer material de relleno en relación con el Ensayo 10,
- la FIG. 12 es un gráfico que muestra la eficiencia de eliminación de un catalizador de carbón activado mezclado con diferentes cantidades de un segundo material de relleno en relación con el Ensayo 11,
- 35 la FIG. 13 es un gráfico que muestra la eficiencia de eliminación de un catalizador de carbón activado mezclado con 1/4 de materiales de relleno de diferentes tamaños en relación con el Ensayo 12,
- la FIG. 14 es un gráfico que muestra la eficiencia de eliminación de diferentes tipos de catalizador de carbón activado mezclado con 1/3 de materiales de relleno en relación con el Ensayo 13.

### **Descripción de las realizaciones preferidas**

40 La disposición de ensayo mostrada en la FIG. 1 con el fin de ilustrar la invención comprende un reactor de ensayo 10, a cuya parte inferior 12 se suministra un gas de ensayo y en cuya parte superior 14 se rocía agua.

Para el propósito de estos ensayos, en lugar de gas residual se usa un gas de ensayo para simular el gas residual. El gas de ensayo se compone de aire ambiente que se usa como está a una temperatura entre 10-12 °C y al que a continuación se añade SO<sub>2</sub> desde una bombona presurizada 18 a través de la correspondiente válvula 22. Un primer dispositivo de medición 26 analiza la composición (contenido de SO<sub>2</sub>, contenido de O<sub>2</sub>), la temperatura, el caudal volumétrico y la tasa de flujo del gas de ensayo.

45

El gas de ensayo se enfría entonces a una temperatura de saturación en un dispositivo de enfriamiento 28 por evaporación de agua. El gas de ensayo se lleva a través del dispositivo de enfriamiento 28 al reactor 10 por un

ventilador 30. Un dispositivo de coalescencia, un separador de gotas o un colector de niebla a la salida del dispositivo de enfriamiento 28 recoge cualquier gotita que pudiera estar contenida en el gas de ensayo a medida que sale del dispositivo de enfriamiento.

5 El gas de ensayo fluye a través del reactor 10 y a través del catalizador de carbón activado o el material de relleno o una combinación de un catalizador de carbón activado y material de relleno 32 dispuesto dentro del reactor de ensayo 10. El gas de ensayo fluye desde la parte inferior a la parte superior del reactor 10 y después se examina una vez que ha salido del reactor de ensayo 10 en un segundo dispositivo de medición 34 para los mismos parámetros que en el primer dispositivo de medición 26, es decir, la composición (contenido de SO<sub>2</sub>, contenido de O<sub>2</sub>), la temperatura, el caudal volumétrico y la tasa de flujo, y se libera después a la atmósfera.

10 El agua requerida en el procedimiento es alimentada desde un recipiente de almacenamiento 36 a través de un dispositivo de dosificación 38, en el que se mide el caudal, y una bomba 40 a la parte superior 14 del reactor de ensayo 10, en la que el agua fluye a través del catalizador de carbón activado o el material de relleno o una combinación de carbón activado y material de relleno 32 en contracorriente al gas de ensayo.

15 Alternativamente, sin embargo, el agua requerida en el procedimiento también puede alimentarse a través del reactor en corriente paralela, es decir, en la misma dirección que el gas de ensayo. La selección de un procedimiento de corriente paralela o de contracorriente depende, por ejemplo, de las condiciones locales.

El agua requerida para el dispositivo de enfriamiento 28 procede directamente del suministro de agua y se hace circular dentro del dispositivo de enfriamiento.

20 El SO<sub>2</sub> se convierte catalíticamente en SO<sub>3</sub> en el catalizador de carbón activado y, luego, se convierte en ácido sulfúrico si se añade agua.

El material de relleno se mezcla aleatoriamente con el catalizador de carbón activado y la mezcla se sitúa por encima del tamiz, es decir, un tamiz de malla metálica con malla inferior al tamaño de partícula de la mezcla de catalizador y relleno (por ejemplo, > 2 mm).

25 El ácido sulfúrico formado se enjuaga del catalizador de carbón activado por pulverización intermitente con agua, en función del volumen del catalizador y de la concentración de SO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub>, en contracorriente al gas.

30 La presencia de material de relleno mejora sorprendentemente la eficiencia de conversión durante la reacción catalítica de SO<sub>2</sub> y/o durante la pulverización con agua debido a la interacción líquido/gas. La presencia del material de relleno parece mejorar los flujos de líquido y gas, así como su reparto a través del lecho de catalizador, lo que permite una cobertura de gas y líquido más uniforme de cada grano catalizador y, por lo tanto, una superior conversión de SO<sub>3</sub> en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. De hecho, la regeneración del carbón activado durante el procedimiento seco es más rápida y más eficiente conduciendo a un tiempo de ciclo de regeneración más corto.

Se ha descubierto que existe

35 una buena distribución de fluidos  
una baja caída de presión en el reactor  
un menor gradiente de temperatura

Estos parámetros principales pueden explicar el mejor rendimiento del sistema.

El material de relleno puede, opcionalmente, impregnarse como se ha indicado anteriormente.

40 En el reactor de ensayo descrito anteriormente, la pulverización con agua se llevó a cabo 1-4 veces/hora usando una cantidad de agua de 12,5 – 125 l/hora/m<sup>3</sup> de la mezcla. El agua se recoge en un recipiente 42 en la parte inferior 12 del reactor de ensayo 10 junto con la solución acuosa de ácido sulfúrico producida durante el procedimiento. El contenido de ácido se determina por medio de un dispositivo de medición 44. La solución de ácido sulfúrico se bombea después mediante una bomba 46 y el caudal volumétrico se determina usando un dispositivo de medición adicional 48.

45 En el sistema descrito anteriormente, el dióxido de azufre de los gases residuales se convierte catalíticamente a través de SO<sub>3</sub> sobre partículas de catalizador húmedas para formar ácido sulfúrico. El procedimiento fue probado con éxito en las siguientes condiciones:

- Saturación de agua de los gases residuales antes de entrar en el reactor por enfriamiento.
- Contenido de SO<sub>2</sub> de los gases de combustión entre 300 ppm y 6.000 ppm.
- Temperatura del gas entre 10 y 12 °C.
- 50 • Contenido de O<sub>2</sub> aproximadamente el 20 % en volumen.
- Saturación de agua y eventualmente enfriamiento de los gases residuales por enfriamiento rápido.

Los catalizadores probados fueron proporcionados por CABOT NORIT Nederland B.V. de Postbus 105 NL-3800 AC Amersfoort y Jacobi Carbons GmbH Feldbergstrasse 21 D-6 Frankfurt/Main bajo los nombres Norit®\_RST-3,

respectivamente JACOBI\_EcoSorb® VRX-Super. Estos catalizadores son un catalizador de carbón activado de madera/carbón extruido con un tamaño de partícula de aproximadamente 3 mm. Las siguientes propiedades generales están garantizadas por el fabricante: índice de yodo 900-1.200 mg/g; superficie interior (BET) 1.000-1.300 m<sup>2</sup>/g; densidad aparente 360-420 kg/m<sup>3</sup>; contenido en cenizas 6-7 % en peso; pH alcalino; humedad (embalado) 5 % en peso.

Cabe señalar que los catalizadores de carbón activado no contienen:

- a. ningún yodo, bromo o compuesto de los mismos,
- b. ningún repelente de agua,
- c. ningún metal catalíticamente activo, tal como platino, paladio, rodio, etc., o
- d. ningún complejo de metales orgánicos/catalíticamente activos a base de metales, tales como platino, paladio, rodio, etc.

El catalizador de carbón activado no se hidrofobiza por medio de compuestos poliméricos hidrofóbicos, tales como politetrafluoroetileno, poliisobutileno, polietileno, polipropileno o politrifluoroetileno. En los ensayos se usaron analizadores de gases de combustión de una empresa alemana llamada Testo. Los dispositivos fueron calibrados por el fabricante. Además, los datos de análisis de estos analizadores de gases de combustión se confirmaron mediante mediciones químicas en húmedo llevadas a cabo en paralelo. Los resultados de todas las mediciones estuvieron comprendidos dentro de las tolerancias de desviación admisibles.

La progresión de la conversión de SO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sobre la superficie del catalizador corresponde a la siguiente Fórmula total:



Sin querer comprometerse con una teoría particular, se supone que:

- O<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> migran hacia los centros activos del catalizador en los que se convierten en SO<sub>3</sub>.
- SO<sub>3</sub> migra desde los centros activos del catalizador y forma H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> con el revestimiento acuoso alrededor del núcleo del catalizador.
- SO<sub>2</sub> reacciona con oxígeno y agua para formar ácido sulfúrico de acuerdo con la ecuación de reacción anterior.

El material de relleno mezclado con catalizador de carbón activado permite una interacción óptima de gas y líquido con sitios activos de catalizador.

Se usa agua ablandada o desmineralizada para lavar el catalizador.

El nivel específico de saturación de SO<sub>2</sub> alcanzado en los poros del catalizador con respecto a la formación de ácido sulfúrico se produce en el reactor una vez que se ha convertido suficiente SO<sub>2</sub> en SO<sub>3</sub> y comienza a formar ácido sulfúrico.

Tal condición se alcanza después de aproximadamente 20 a 100 horas de funcionamiento dependiendo de la metodología adoptada (cantidad de SO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub> alimentado y correspondiente tasa de pulverización de agua). El porcentaje en peso de ácido producido es independiente de la duración, es decir, del tiempo de contacto entre el gas y el catalizador. La conversión de SO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> depende de la eficiencia de conversión de SO<sub>2</sub> a SO<sub>3</sub> y la cantidad de agua o solución acuosa usada. Por esta razón, este procedimiento puede producir soluciones con diferentes porcentajes en peso de ácidos sulfúricos (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Ensayo 1: (Ensayo Comparativo) Los ensayos se llevaron a cabo en las siguientes condiciones:

Caudal volumétrico de gas crudo	mínimo	200	m <sup>3</sup> /h
	máximo	300	m <sup>3</sup> /h
Contenido de SO <sub>2</sub> (entrada)	mínimo	2.000	ppm
	máximo	3.000	ppm
Temperatura del gas	mínimo	10°	C.
	máximo	12°	C.
Humedad relativa del gas		100	%
Contenido de O <sub>2</sub>		>20 %	en volumen

El reactor está fabricado de material plástico reforzado con fibra de vidrio inerte, tiene un volumen de aproximadamente 2 m<sup>3</sup> y se llena con 1,2 m<sup>3</sup> de un catalizador de carbón activado del tipo Norit®\_RST-3.

En una primera fase, el sistema de ensayo se hizo funcionar durante aproximadamente 50 horas con la adición de SO<sub>2</sub> de bombonas de gas y, en este caso, se añadieron entre 2.000 y 3.000 ppm de SO<sub>2</sub>. En general, el reactor se cargó con aproximadamente 88 kg de SO<sub>2</sub> (aproximadamente 73 kg de SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> de lecho catalizador). De acuerdo con este ensayo, la adición de agua a 15 l/hora se dividió en 2 porciones/hora (10,2 l/hora/m<sup>3</sup> de lecho catalizador).

El contenido de SO<sub>2</sub> de los gases residuales se midió a la entrada y en la salida del reactor, según lo ilustrado en la FIG. 1. Las mediciones se tomaron cada 30 segundos y se muestran en los gráficos de la FIG. 2. Las primeras mediciones que se muestran en este caso se tomaron después de la saturación del catalizador, es decir, 50 horas después del arranque del reactor. La concentración de SO<sub>2</sub> a la salida fluctuó repetidamente entre 600 ppm y 900 ppm, con una eficiencia de eliminación de SO<sub>2</sub> del 66 %. El ensayo se llevó a cabo en forma continua durante aproximadamente 9 horas.

Ensayo 2: Los ensayos se llevaron a cabo en las siguientes condiciones:

Caudal volumétrico de gas crudo	mínimo	200	m <sup>3</sup> /h
	máximo	300	m <sup>3</sup> /h
Contenido de SO <sub>2</sub> (entrada)	mínimo	2.000	ppm
	máximo	3.000	ppm
Gas residual temperatura	mínimo	10°	C.
	máximo	12°	C.
% de humedad relativa		100	%
Contenido de O <sub>2</sub>		>20 %	en volumen

El reactor está fabricado de material plástico reforzado con fibra de vidrio inerte, tiene un volumen de aproximadamente 2 m<sup>3</sup> y se llena con 1,2 m<sup>3</sup> de un catalizador de carbón activado del tipo JACOBI\_ EcoSorb® VRX-Super.

En oposición al ensayo 1, el reactor se cargó inmediatamente durante el funcionamiento con la adición de SO<sub>2</sub> de las bombonas de gas y, en este caso, se añadieron entre 2.000 y 3.000 ppm de SO<sub>2</sub>. De acuerdo con este ensayo, la adición de agua a 15 l/hora se dividió en 2 porciones/hora (10,2 l/hora/m<sup>3</sup> de lecho de catalizador). El contenido de SO<sub>2</sub> de los gases residuales se midió en la entrada y en la salida del reactor, según lo ilustrado en la FIG. 1. Las mediciones se tomaron cada 30 segundos y se muestran en los gráficos de la FIG. 3. Las primeras mediciones que se muestran en este caso se tomaron directamente después del arranque del reactor. La concentración de salida de SO<sub>2</sub> fluctuó repetidamente entre 600 ppm y 900 ppm con una eficiencia de eliminación de SO<sub>2</sub> del 64 %. El ensayo se llevó a cabo en forma continua durante aproximadamente 6 horas.

Ensayo 3: Los ensayos se llevaron a cabo en las siguientes condiciones:

Caudal volumétrico de gas crudo	mínimo	200	m <sup>3</sup> /h
	máximo	300	m <sup>3</sup> /h
Contenido de SO <sub>2</sub> (entrada)	mínimo	2.000	ppm
	máximo	3.000	ppm
Gas residual temperatura	mínimo	10°	C.
	máximo	12°	C.
% de humedad relativa		100	%
Contenido de O <sub>2</sub>		>20 %	en volumen

El reactor está fabricado de material plástico reforzado con fibra de vidrio inerte, tiene un volumen de aproximadamente 2 m<sup>3</sup> y se llena con 1,2 m<sup>3</sup> de un catalizador de carbón activado del tipo Norit®\_RST-3 modificado por el mezclado aleatorio con 0,27 m<sup>3</sup> de un material de relleno cerámico (Silleta Novalox ® Acidur-Special-Stoneware suministrado por Vereinigte Füllkörper-Fabriken).

Como el ensayo 2, el reactor se cargó inmediatamente al funcionar con la adición de SO<sub>2</sub> de las bombonas de gas y, en este caso, se añadieron entre 2.000 y 3.000 ppm de SO<sub>2</sub>. De acuerdo con este ensayo, la adición de agua a 15 l/hora se dividió en 2 porciones/hora (10,2 l/hora/m<sup>3</sup> de lecho catalizador). El contenido de SO<sub>2</sub> de los gases residuales se midió en la entrada y en la salida del reactor, según lo ilustrado en la FIG. 1. Las mediciones se tomaron cada 30 segundos y se muestran en los gráficos de la FIG. 4. Las primeras mediciones que se muestran en este caso se tomaron directamente después del arranque del reactor. La concentración de salida de SO<sub>2</sub> fluctuó repetidamente entre 15 ppm y 95 ppm con una eficiencia de eliminación de SO<sub>2</sub> del 96 %. El ensayo se llevó a cabo en forma continua durante aproximadamente 7 horas.

Ensayo 4: Los ensayos se llevaron a cabo en las siguientes condiciones:

Caudal volumétrico de gas crudo	mínimo	200	m <sup>3</sup> /h
	máximo	300	m <sup>3</sup> /h
Contenido de SO <sub>2</sub> (entrada)	mínimo	2.000	ppm
	máximo	3.000	ppm
Gas residual temperatura	mínimo	10°	C.
	máximo	12°	C.

(continuación)

% de humedad relativa		100	%
Contenido de O <sub>2</sub>		>20 %	en volumen

El reactor está fabricado de material plástico reforzado con fibra de vidrio inerte, tiene un volumen de aproximadamente 2 m<sup>3</sup> y se llena con 1,2 m<sup>3</sup> de un catalizador de carbón activado del tipo JACOBI\_EcoSorb® VRX-Super modificado por el mezclado aleatorio con 0,27 m<sup>3</sup> de un material de relleno de cerámica (Silleta Novalox® Acidur-Special-Stoneware suministrado por Vereinigte Füllkörper-Fabriken).

Como el ensayo 2, el reactor se cargó inmediatamente al funcionar con la adición de SO<sub>2</sub> de las bombonas de gas y, en este caso, se añadieron entre 2.000 y 3.000 ppm de SO<sub>2</sub>. De acuerdo con este ensayo, la adición de agua a 15 l/hora se dividió en 2 porciones/hora (10,2 l/hora/m<sup>3</sup> de lecho catalizador). El contenido de SO<sub>2</sub> de los gases residuales se midió en la entrada y en la salida del reactor, según lo ilustrado en la FIG. 1. Las mediciones se tomaron cada 30 segundos y se muestran en los gráficos de la FIG. 5. Las primeras mediciones que se muestran en este caso se tomaron directamente después del arranque del reactor. La concentración de salida de SO<sub>2</sub> fluctuó repetidamente entre 15 ppm y 92 ppm con una eficiencia de eliminación de SO<sub>2</sub> del 97 %. El ensayo se llevó a cabo en forma continua durante aproximadamente 7 horas.

Ensayo 5: Los ensayos se llevaron a cabo en las siguientes condiciones:

Caudal volumétrico de gas crudo	mínimo	200	m <sup>3</sup> /h
	máximo	300	m <sup>3</sup> /h
Contenido de SO <sub>2</sub> (entrada)	mínimo	2.000	ppm
	máximo	3.000	ppm
Gas residual temperatura	mínimo	10°	C.
	máximo	12°	C.
% de humedad relativa		100	%
Contenido de O <sub>2</sub>		>20 %	en volumen

El reactor está fabricado de material plástico reforzado con fibra de vidrio inerte, tiene un volumen de aproximadamente 2 m<sup>3</sup> y se llena con 1,2 m<sup>3</sup> de un catalizador de carbón activado del tipo Norit®\_RST-3 modificado por el mezclado aleatorio con 0,27 m<sup>3</sup> de un material de relleno cerámico (Silleta Novalox® Acidur-Special-Stoneware suministrado por Vereinigte Füllkörper-Fabriken).

Como el ensayo 2, el reactor se cargó inmediatamente al funcionar con la adición de SO<sub>2</sub> de las bombonas de gas y, en este caso, se añadieron entre 2.000 y 3.000 ppm de SO<sub>2</sub>. De acuerdo con este ensayo, la adición de agua a 71 l/hora se dividió en 2 porciones/hora (48,3 l/hora/m<sup>3</sup> de lecho catalizador). El contenido de SO<sub>2</sub> de los gases residuales se midió en la entrada y en la salida del reactor, según lo ilustrado en la FIG. 1. Las mediciones se tomaron cada 30 segundos y se muestran en los gráficos de la FIG. 6. Las primeras mediciones que se muestran en este caso se tomaron directamente después del arranque del reactor. La concentración de salida de SO<sub>2</sub> fluctuó repetidamente entre 9 ppm y 43 ppm, con una eficiencia de eliminación de SO<sub>2</sub> del 98 %. El ensayo se llevó a cabo en forma continua durante aproximadamente 4 horas.

Ensayo 6: Los ensayos se llevaron a cabo en las siguientes condiciones:

Caudal volumétrico de gas crudo	mínimo	200	m <sup>3</sup> /h
	máximo	300	m <sup>3</sup> /h
Contenido de SO <sub>2</sub> (entrada)	mínimo	2.000	ppm
	máximo	3.000	ppm
Gas residual temperatura	mínimo	10°	C.
	máximo	12°	C.
% de humedad relativa		100	%
Contenido de O <sub>2</sub>		>20 %	en volumen

El reactor está fabricado de material plástico reforzado con fibra de vidrio inerte, tiene un volumen de aproximadamente 2 m<sup>3</sup> y se llena con 1,2 m<sup>3</sup> de un catalizador de carbón activado del tipo Norit®\_RST-3 modificado por el mezclado aleatorio con 0,27 m<sup>3</sup> de un material de relleno plástico (Anillo V Pall® suministrado por Vereinigte Füllkörper-Fabriken).

Como el ensayo 2, el reactor se cargó inmediatamente al funcionar con la adición de SO<sub>2</sub> de las bombonas de gas y, en este caso, se añadieron entre 2.000 y 3.000 ppm de SO<sub>2</sub>. De acuerdo con este ensayo, la adición de agua a 15 l/hora se dividió en 2 porciones/hora (10,2 l/hora/m<sup>3</sup> de lecho catalizador). El contenido de SO<sub>2</sub> de los gases residuales se midió en la entrada y en la salida del reactor, según lo ilustrado en la FIG. 1. Las mediciones se



$$\% \text{ en volumen de relleno} = 0,27 / (0,27 + 1,2) * 100 = 18,36 \% \text{ en volumen.}$$

Un efecto positivo del relleno se puede medir entre el 5 % en volumen de relleno y el 50 % de relleno, siendo el resto catalizador de carbón activado.

5 El efecto sorprendente es que la eliminación de SO es más eficaz cuando el catalizador se mezcla con rellenos que el catalizador solo, puesto que se convierte más SO<sub>2</sub> con la misma cantidad de catalizador que se muestra en la Fig. 10.

Además, en el caso de condiciones de procedimiento en seco, la capacidad de carga de SO<sub>2</sub> del carbón activado es mayor y el ciclo de regeneración es más corto cuando el carbón activado se mezcla con rellenos como se muestra en la Fig. 8 y en la Fig.9.

10 En las pruebas realizadas se descubrió que el material de relleno cerámico que tiene una forma de silla de montar parece ser el más eficiente. La forma de silla de montar significa en el contexto de la presente invención: forma en forma de silla de montar a caballo, una forma que se dobla en los lados para dar a la parte superior una forma redondeada, respectivamente, en un objeto que tiene la forma de un pliegue anticlinal.

Ensayo 9 - Figura 10: Efecto del diseño del lecho

15 En estas pruebas, se ensayaron diferentes tipos de mezclado y de diseño de lecho que se compararon entre sí en un reactor tal como se representa en la Fig. 1.

Las condiciones fueron las siguientes: Ensayo 9a

20 Caudal de gas: 200-300 m<sup>3</sup>/h  
 Temperatura del gas: a partir de 10 °C  
 Entrada de caudal de gas: 2.000-3.000 ppm  
 Catalizador de carbón activado: 1,2 m<sup>3</sup> de catalizador de carbón activado extruido con tamaño de partículas 2-4 mm  
 Material de relleno: 0,27 m<sup>3</sup> material de relleno sito silla de montar de cerámica de 38,1 mm de ancho  
 25 Procedimiento de mezclado: mezcla aleatoria: mucho más eficiente con eficiencia de eliminación de SO<sub>2</sub> del 90-100 %, véase como se muestra en la Fig. 10 - lado izquierdo

Ejemplo Comparativo Ensayo 9b - Figura 10

Las condiciones fueron las siguientes:

30 Caudal de gas: 200-300 m<sup>3</sup>/h  
 Temperatura del gas: a partir de 10 °C  
 Entrada de caudal de gas: 2.000-3.000 ppm  
 Lecho de catalizador de carbón activado simple: eficiencia de eliminación de SO<sub>2</sub> del 55-65 % como se muestra en la Fig. 10 - segundo desde la izquierda.

Ejemplo Comparativo Ensayo 9c - Figura 10

Las condiciones fueron las siguientes:

35 Caudal de gas: 200-300 m<sup>3</sup>/h  
 Temperatura del gas: a partir de 10 °C  
 Entrada de caudal de gas: 2.000-3.000 ppm  
 Catalizador de carbón activado: 1,2 m<sup>3</sup> de catalizador de carbón activado extruido con tamaño de partículas 2-4 mm  
 40 Material del relleno: 0,27 m<sup>3</sup> de material de relleno tipo silla de montar de cerámica de 38,1 mm de ancho  
 Dos lechos de catalizador de carbón activado (0,5 m<sup>3</sup> y 0,7 m<sup>3</sup> respectivamente) separados por una capa de 0,27 m<sup>3</sup> de material de relleno: menos eficiente con eficiencia de eliminación de SO<sub>2</sub> del 50-65 % como se muestra en la Fig. 10 - tercero desde la izquierda.

Ejemplo Comparativo Ensayo 9d – Figura 10

45 Las condiciones fueron las siguientes:

50 Caudal de gas: 200-300 m<sup>3</sup>/h  
 Temperatura del gas: a partir de 10 °C  
 Entrada de caudal de gas: 2.000-3.000 ppm  
 Catalizador de carbón activado: 1,2 m<sup>3</sup> de catalizador de carbón activado extruido con tamaño de partículas 2-4 mm  
 Material del relleno: 0,27 m<sup>3</sup> de material de relleno tipo silla de montar de cerámica de 38 mm de ancho  
 Diseño de múltiples capas: capas de catalizador de carbón activado/material de relleno (0,3 m<sup>3</sup> y 0,054 m<sup>3</sup>)

respectivamente) fue mucho menos eficiente con eficiencia de eliminación de SO<sub>2</sub> del 70-80 % como se muestra en la Fig. 10 - lado derecho.

Ensayo 10 - Figura 11: Efecto de la relación en volumen de material de relleno/carbón activado

Las condiciones fueron las siguientes:

- 5 Caudal de gas: 200-300 m<sup>3</sup>/h  
 Temperatura del gas: a partir de 10 °C  
 Entrada de caudal de gas: 2.000-3.000 ppm  
 Catalizador de carbón activado: carbón activado extruido con tamaño de partículas 2-4 mm  
 Material de relleno: material de relleno tipo silla de montar de cerámica de 38 mm de ancho
- 10 Procedimiento de mezclado: mezcla aleatoria con diferente relación en volumen (Material de relleno/catalizador de carbón activado extruido):
- 1/20: 5 % en volumen de material de relleno y 95 % en volumen de catalizador de carbón activado  
 1/10: 9 % en volumen de material de relleno y 91 % en volumen de catalizador de carbón activado  
 1/5: 17 % en volumen de material de relleno y 83 % en volumen de catalizador de carbón activado
- 15 1/4: 20 % en volumen de material de relleno y 80 % en volumen de catalizador de carbón activado  
 1/3: 25 % en volumen de material de relleno y 75 % en volumen de catalizador de carbón activado

Este ensayo muestra la mayor eficiencia con eliminación del 99 % de SO<sub>2</sub> al operar con el 20 % en volumen de material de relleno y el 80 % en volumen de catalizador de carbón activado (relación 1/4) como se muestra en la Fig. 11.

20 Ensayo 11 - Figura 12: Efecto de la relación en volumen del material de relleno/carbón activado

Las condiciones fueron las siguientes:

- Caudal de gas: 200-300 m<sup>3</sup>/h  
 Temperatura del gas: a partir de 10 °C  
 Entrada de Caudal de gas: 2.000-3.000 ppm
- 25 Catalizador de carbón activado: carbón activado extruido con tamaño de partículas 2-4 mm  
 Material de relleno: material de relleno de anillo Pall de 50 mm de ancho  
 Procedimiento de mezclado: mezcla aleatoria con diferente relación en volumen (Material de relleno/catalizador de carbón activado extruido):
- 30 1/20: 5 % en volumen de material de relleno y 95 % en volumen de catalizador de carbón activado  
 1/10: 9 % en volumen de material de relleno y 91 % en volumen de catalizador de carbón activado  
 1/5: 17 % en volumen de material de relleno y 83 % en volumen de catalizador de carbón activado  
 1/4: 20 % en volumen de material de relleno y 80 % en volumen de catalizador de carbón activado  
 1/3: 25 % en volumen de material de relleno y 75 % en volumen de catalizador de carbón activado

35 Máxima eficiencia eliminación del 82 % de SO<sub>2</sub> al operar con el 20 % en volumen de material de relleno y el 80 % en volumen de carbón activado (relación 1/4) como se muestra en la Fig. 12.

Ensayo 11 - Figura 13: Efecto del tamaño del relleno

Las condiciones fueron las siguientes:

- Caudal de gas: 200-300 m<sup>3</sup>/h  
 Temperatura del gas: a partir de 10 °C
- 40 Entrada de Caudal de gas: 2.000-3.000 ppm  
 Catalizador de carbón activado: catalizador de carbón activado extruido con tamaño de partículas 2-4 mm  
 Material de relleno: material de relleno tipo silla de montar con diferente tamaño de 12,7 (tamaño normalizado 1) a 76,2 mm (tamaño normalizado 6)
- 45 Procedimiento de mezclado: mezcla aleatoria con el 20 % en volumen de material de relleno y el 80 % en volumen de catalizador de carbón activado (relación 1/4)  
 Mayor eficiencia con eliminación del 88-99 % de SO<sub>2</sub> al operar con entre 38,1 mm (tamaño normalizado 3) y 63,5 mm (tamaño normalizado 5) de material de relleno tipo silla de montar como se muestra en la Fig. 13

Ensayo 12 - Figura 14: Efecto del tamaño de partículas del relleno

Las condiciones fueron las siguientes:

- 50 Caudal de gas: 200-300 m<sup>3</sup>/h  
 Temperatura del gas: a partir de 10 °C  
 Entrada de Caudal de gas: 2.000-3.000 ppm  
 Catalizador de carbón activado: cuenta, catalizador de carbón activado extruido o granulado

Material de relleno: material de relleno tipo silla de montar de cerámica de 38,1 mm de ancho

Procedimiento de mezclado: mezcla aleatoria con el 20 % en volumen de material de relleno y el 80 % en volumen de catalizador de carbón activado (relación 1/4)

5 Mayor eficiencia con eliminación del 99 % de SO<sub>2</sub> al operar con catalizador de carbón activado extruido como se muestra en la Fig. 14.

Aunque la presente invención se ha descrito con gran detalle con referencia a ciertas versiones preferidas de la misma, son posibles otras versiones. Por lo tanto, el alcance de las reivindicaciones adjuntas no debe limitarse a la descripción de las versiones preferidas contenidas en el presente documento.

10 Todas las características descritas en esta memoria descriptiva (incluyendo cualquier reivindicación adjunta, resumen, y dibujos) pueden ser reemplazadas por características alternativas que sirven para un propósito igual, equivalente o similar, a menos que se indique expresamente lo contrario. Por lo tanto, a menos que se indique expresamente lo contrario, cada característica descrita es un ejemplo solamente de una serie genérica de equivalentes o similares.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un procedimiento en el que un gas, que contiene  $\text{SO}_2$  y  $\text{O}_2$ , se pone en contacto con una mezcla del 95 % en volumen al 50 % en volumen de catalizador de carbón activado y del 5 % en volumen al 50 % en volumen de un material de relleno inerte; en el que el  $\text{SO}_2$  se convierte en  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en el catalizador de carbón activado y, luego, se lava del catalizador de carbón activado para obtener una solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el material de relleno está entre el 10 % en volumen y el 30 % en volumen de la mezcla de catalizador de carbón activado y un material de relleno.
3. El procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, en el que la mezcla no contiene otros ingredientes sólidos más que el catalizador de carbón activado y el material de relleno.
- 10 4. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el catalizador de carbón activado se elige de catalizadores impregnados (como Fe, S, OH,...) o de carbón activado de proveedores como Jacobi, Cabot Norit, Chemviron, Desotec, Carbotech y ATEC.
- 15 5. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el relleno se elige de rellenos fabricados de material cerámico, fabricados de metal, rellenos fabricados de material plástico o mezclas de los mismos.
6. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material de relleno es una forma elegida entre forma de silla de montar, forma de anillo, forma de bola, forma de toro, forma de prisma o forma irregular.
- 20 7. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la mezcla está en un lecho fijo.
8. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la mezcla se lava con agua o una solución acuosa en una cantidad entre 5 l/hora/m<sup>3</sup> de catalizador y 100 l/hora/m<sup>3</sup> de la mezcla.
9. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la mezcla se lava por pulverización intermitente con agua o una solución acuosa en contracorriente al gas.
- 25 10. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se lleva a cabo el procedimiento a una presión de 91 a 111 kPa, preferentemente a presión atmosférica.
11. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el gas saturado con agua que contiene  $\text{SO}_2$  y  $\text{O}_2$  es un gas residual generado por procedimientos químicos y metalúrgicos.
- 30 12. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el contenido de  $\text{SO}_2$  del gas está entre 300 ppm y 200.000 ppm.
13. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, teniendo el gas que se pone en contacto con la mezcla una temperatura de entre 10 y 150 °C.
14. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el contenido de  $\text{O}_2$  del gas está entre el 2 y el 21 % en volumen.
- 35 15. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el contenido de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  de la solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  está entre el 5 y el 50 % en volumen.
16. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los metales pesados (tales como Hg y Cd) se eliminan del gas.
- 40 17. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los contaminantes orgánicos se eliminan del gas.

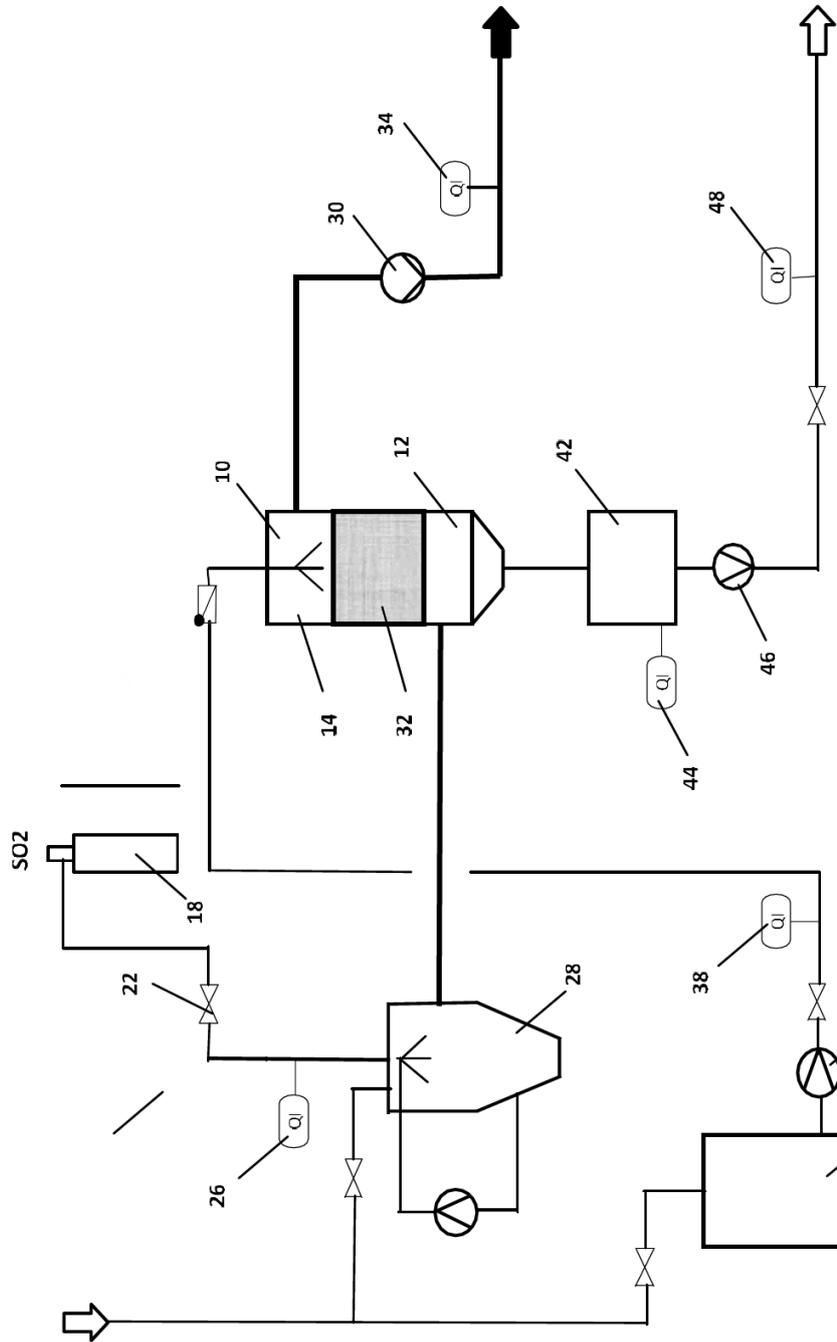


Fig. 1

Fig. 2: Ensayo 1 Separación de SO<sub>2</sub>

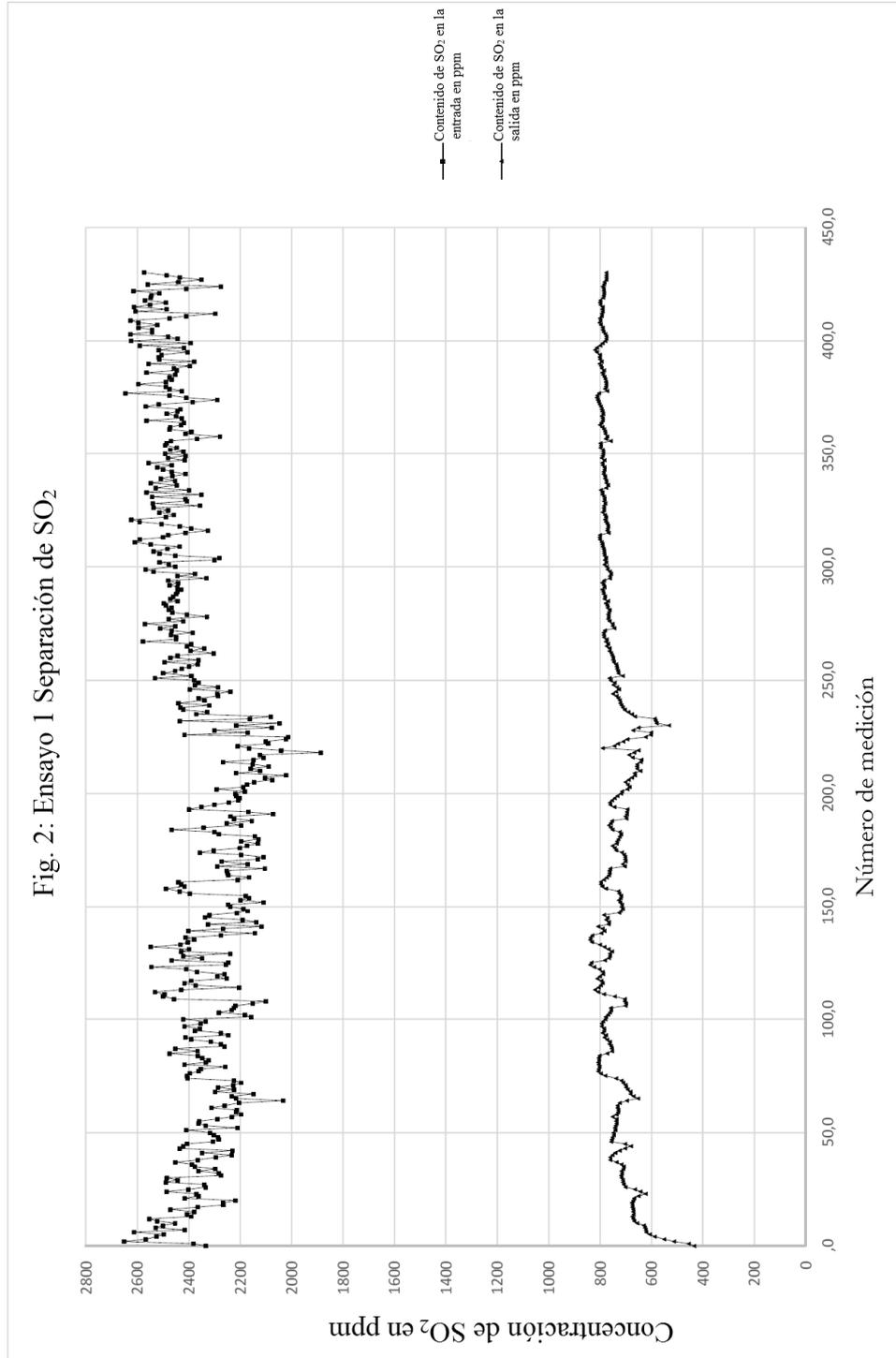
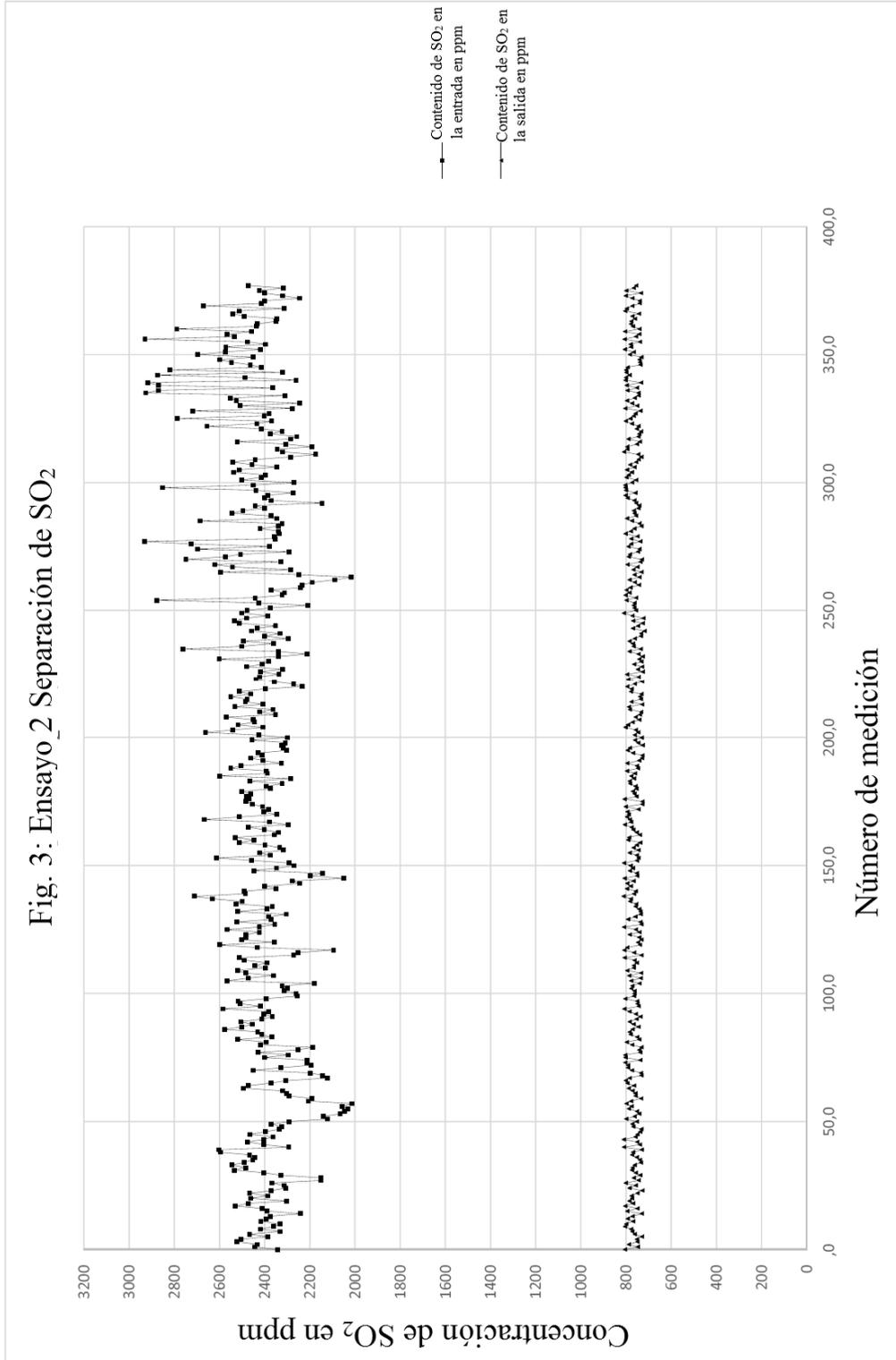
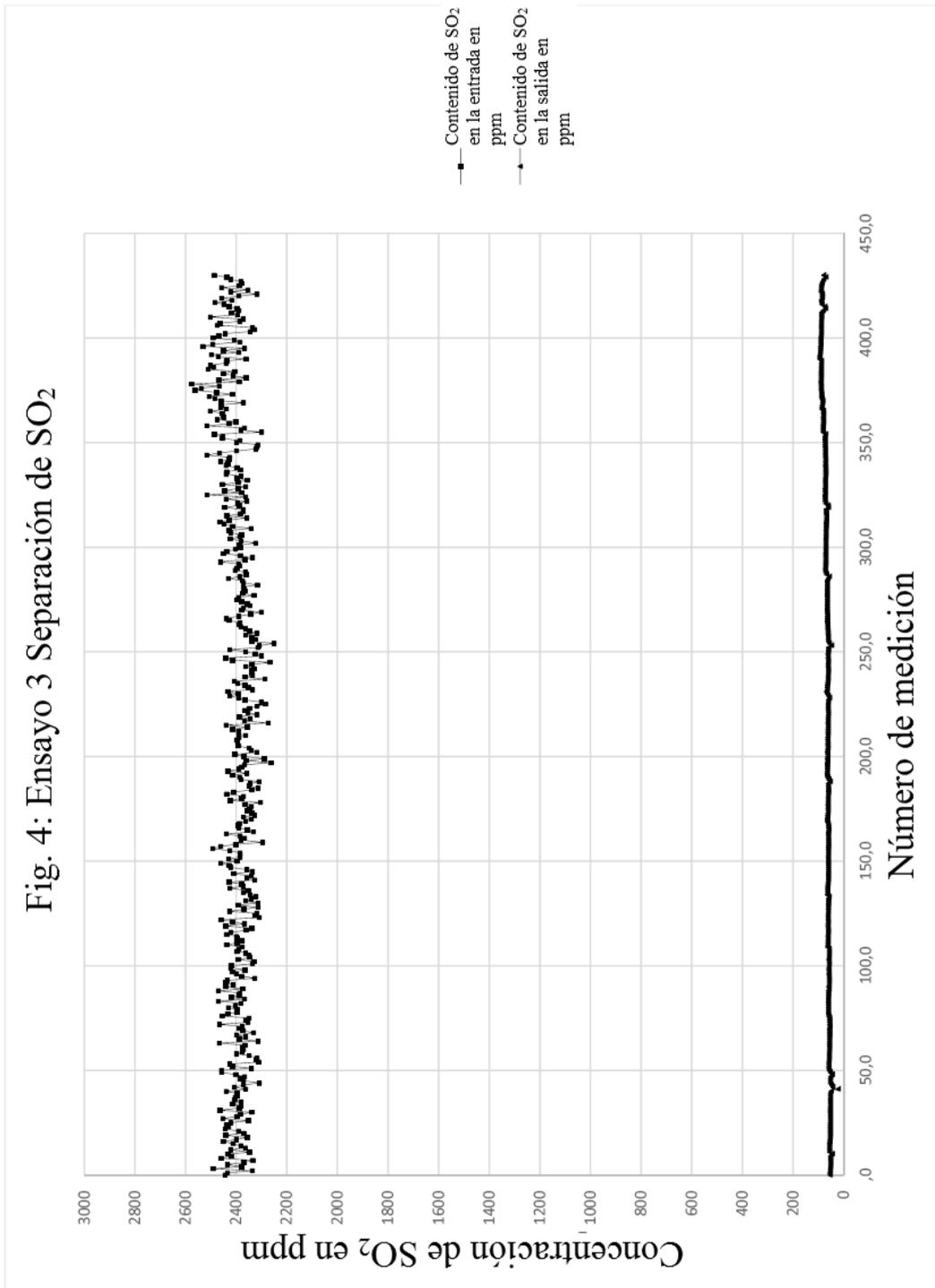
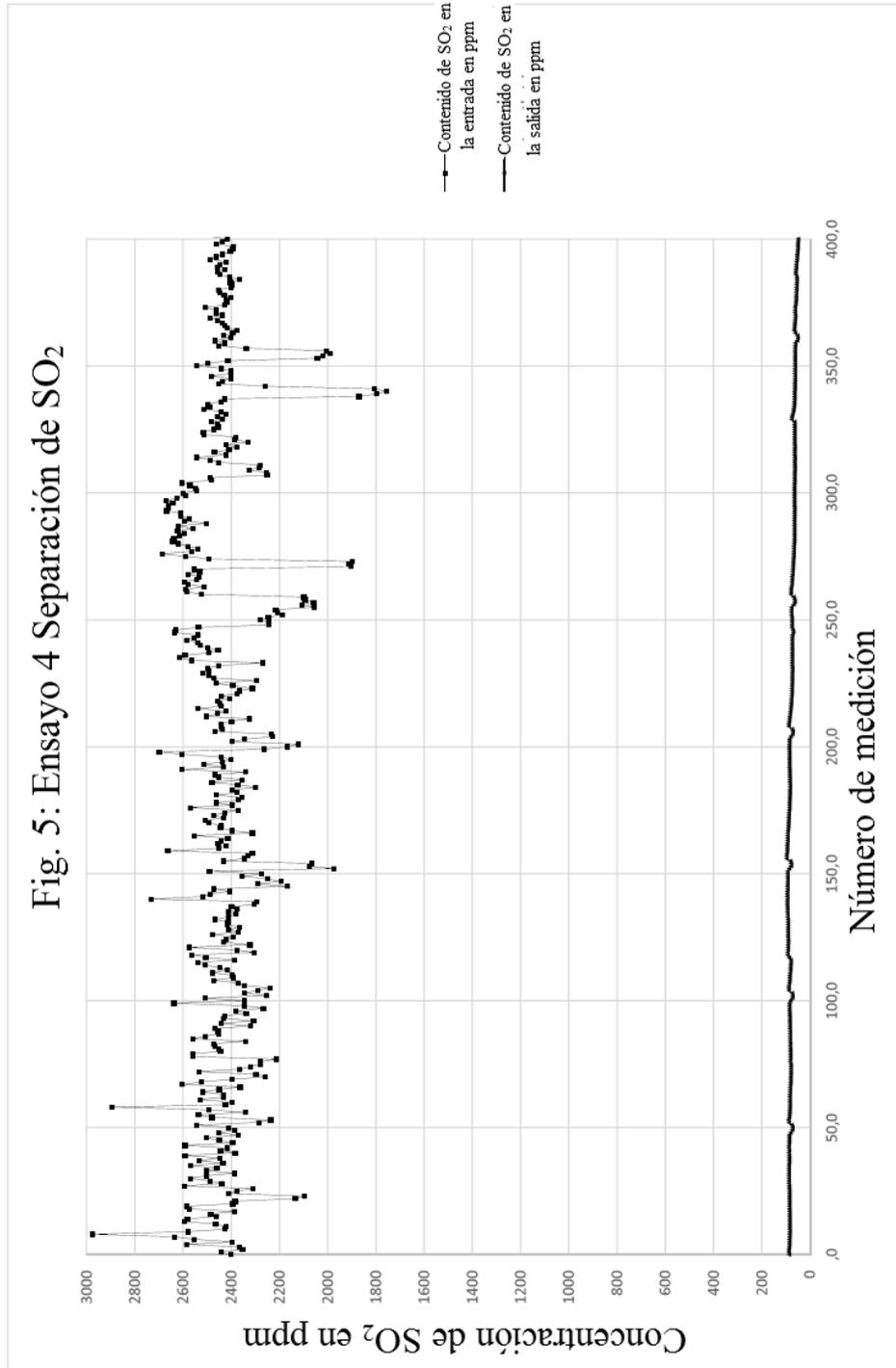


Fig. 3: Ensayo\_2 Separación de SO<sub>2</sub>







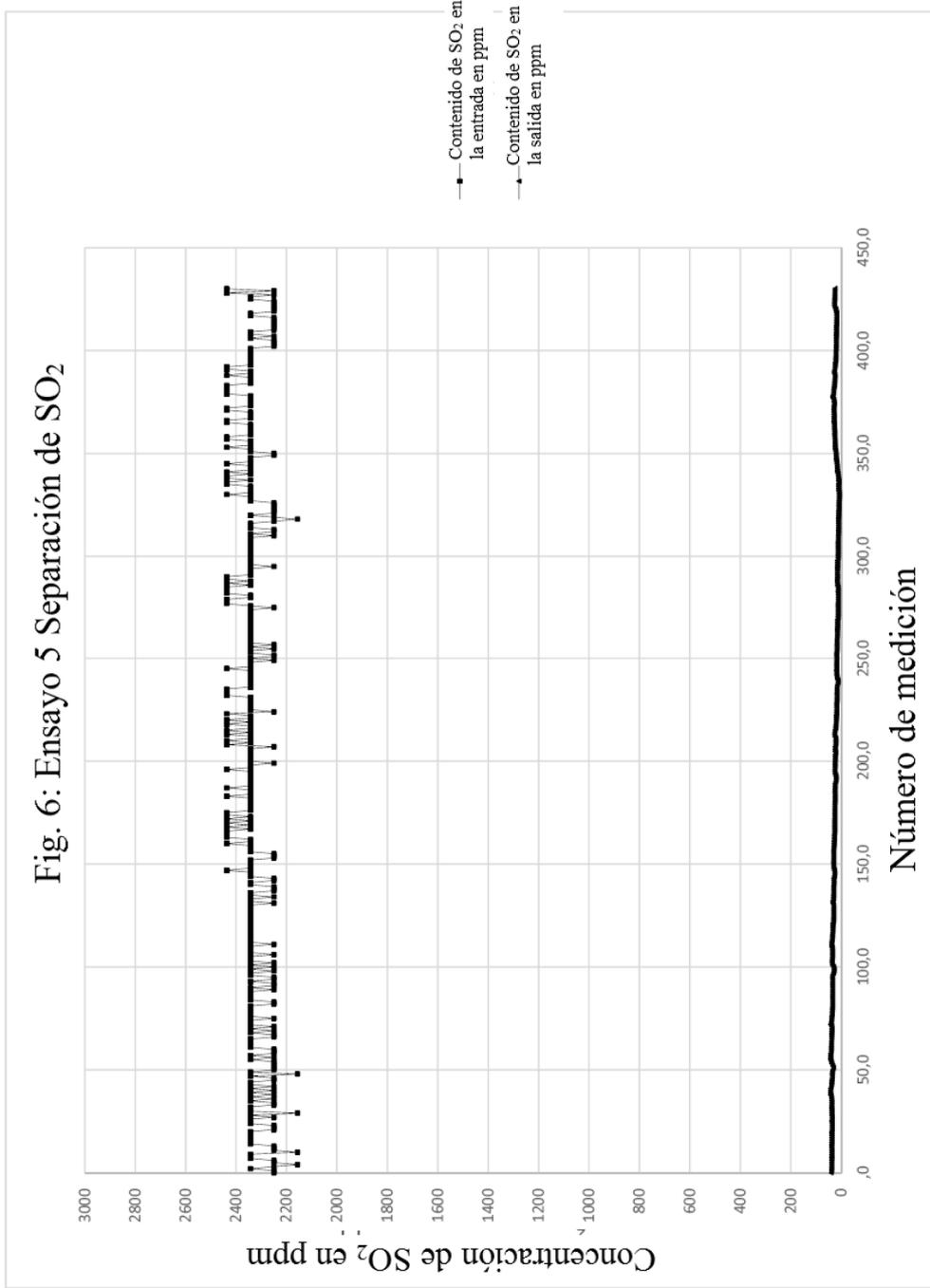


Fig. 7 : Ensayo 6 Separación de SO<sub>2</sub>

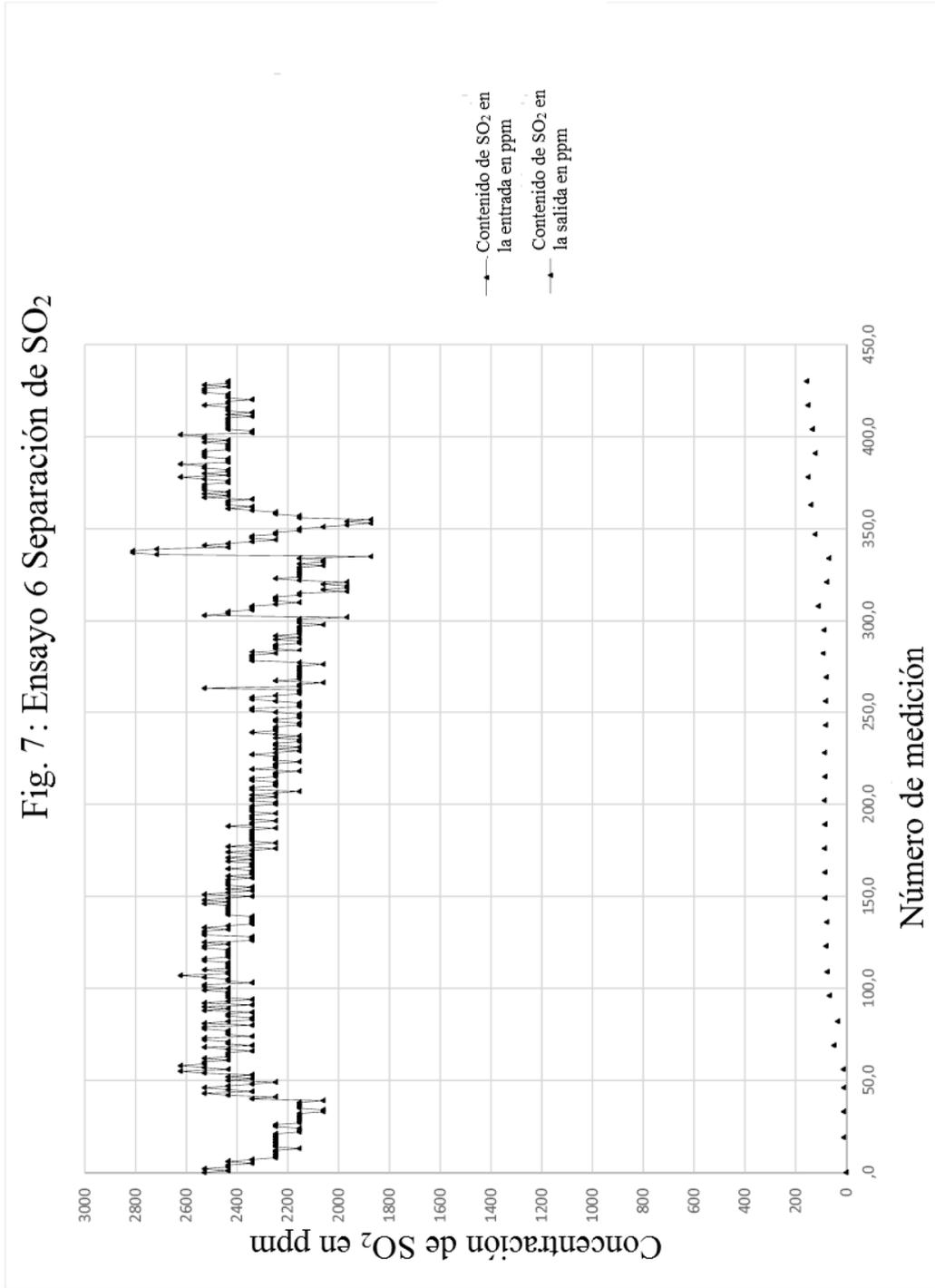


Fig. 8: Conversión de SO<sub>2</sub> (Ensayo 7 y 8)

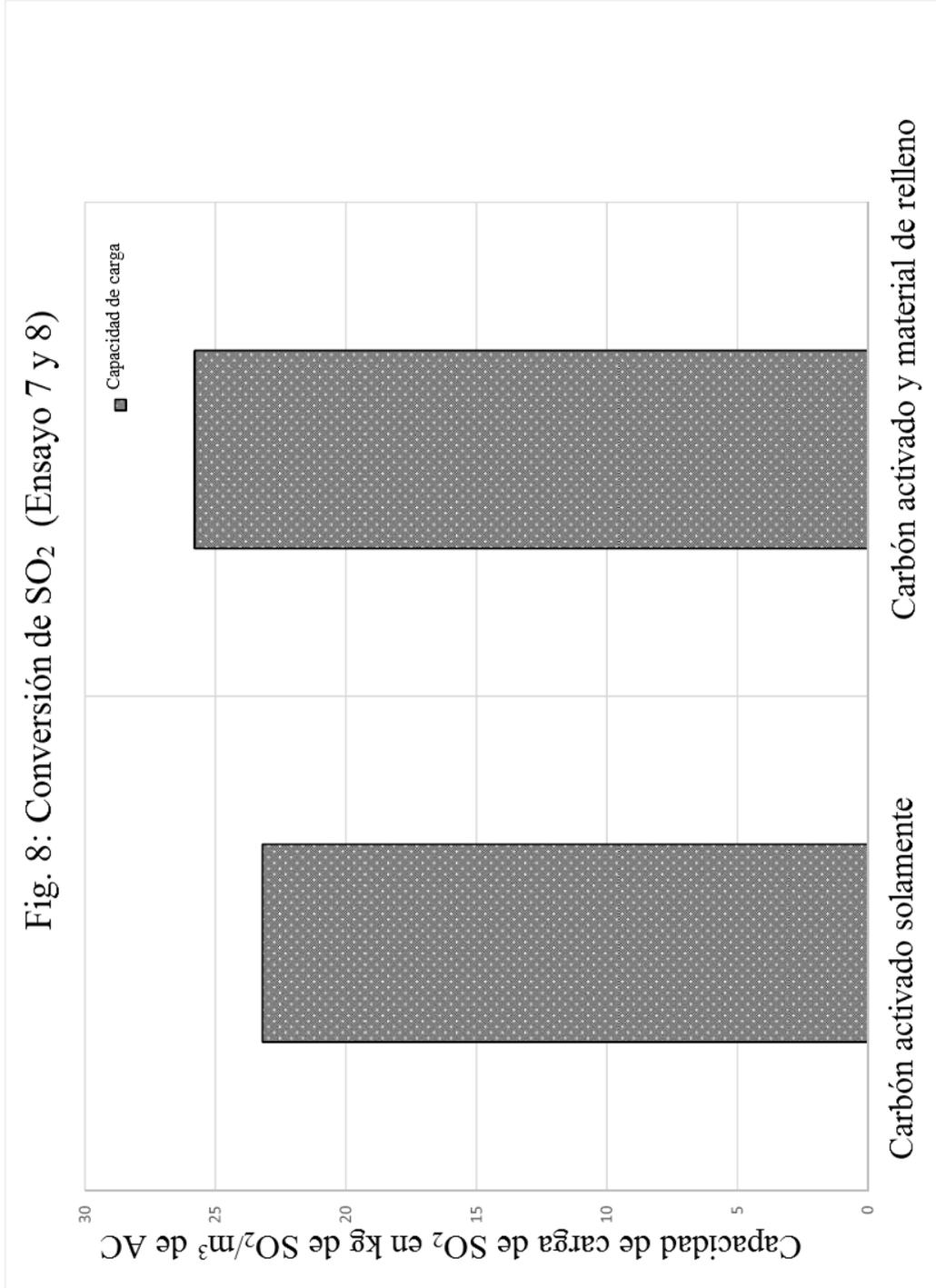


Fig. 9 : Conversión de SO<sub>2</sub> (Ensayo 7 y 8)

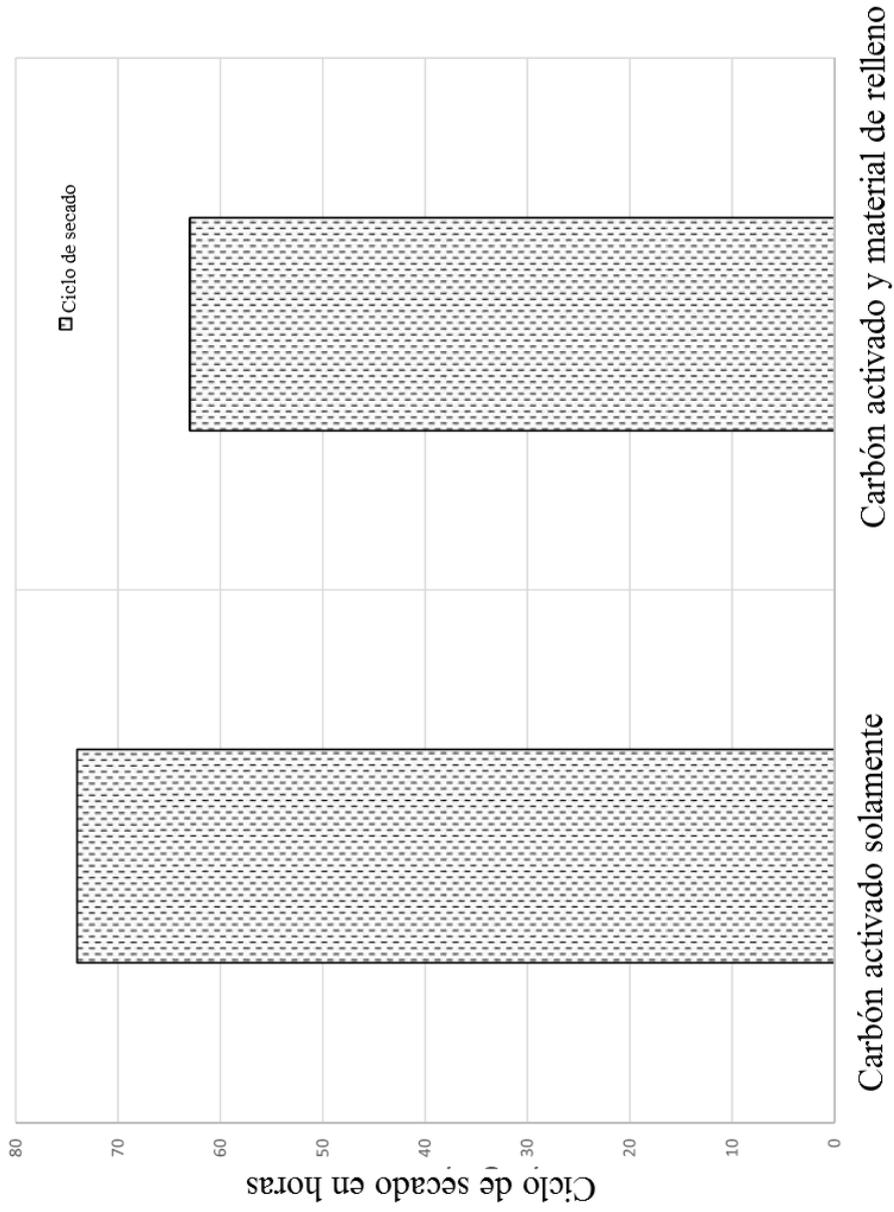


Fig. 10: Mezcla de carbón activado y material de relleno  
 Diseño de lecho frente a rendimiento de eliminación de SO<sub>2</sub>

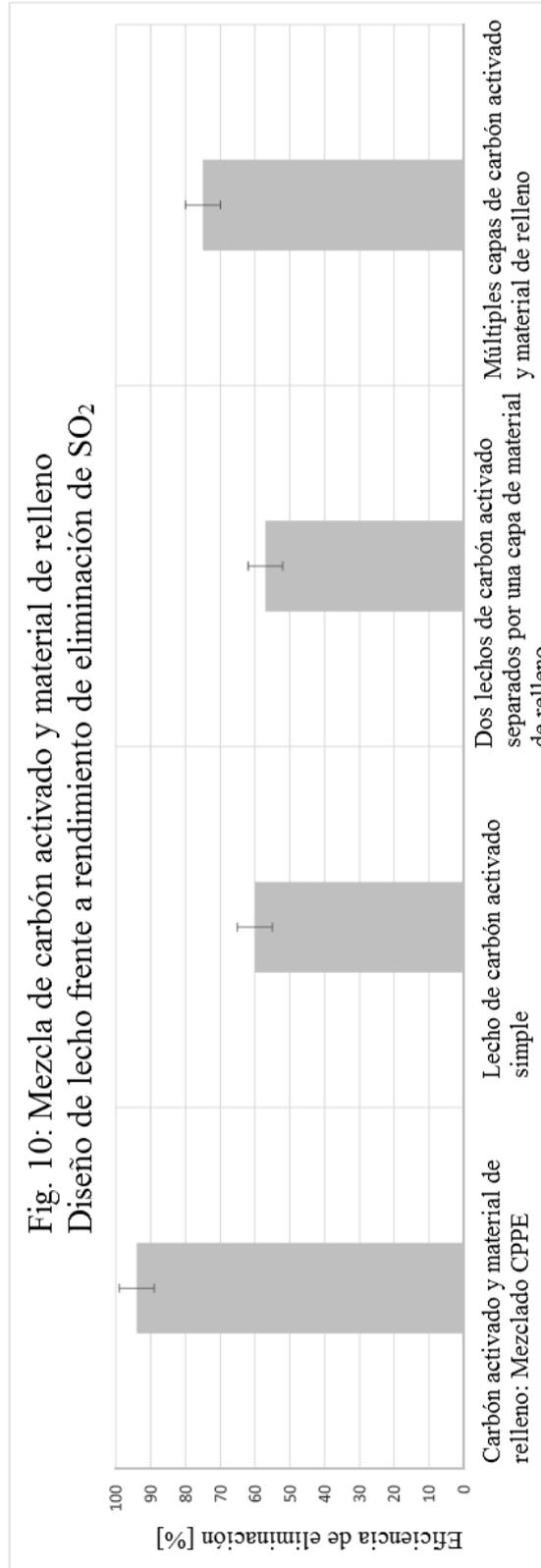


Fig. 11: Efecto de relación volumétrica de material de relleno (sileta de cerámica)/ carbón activado

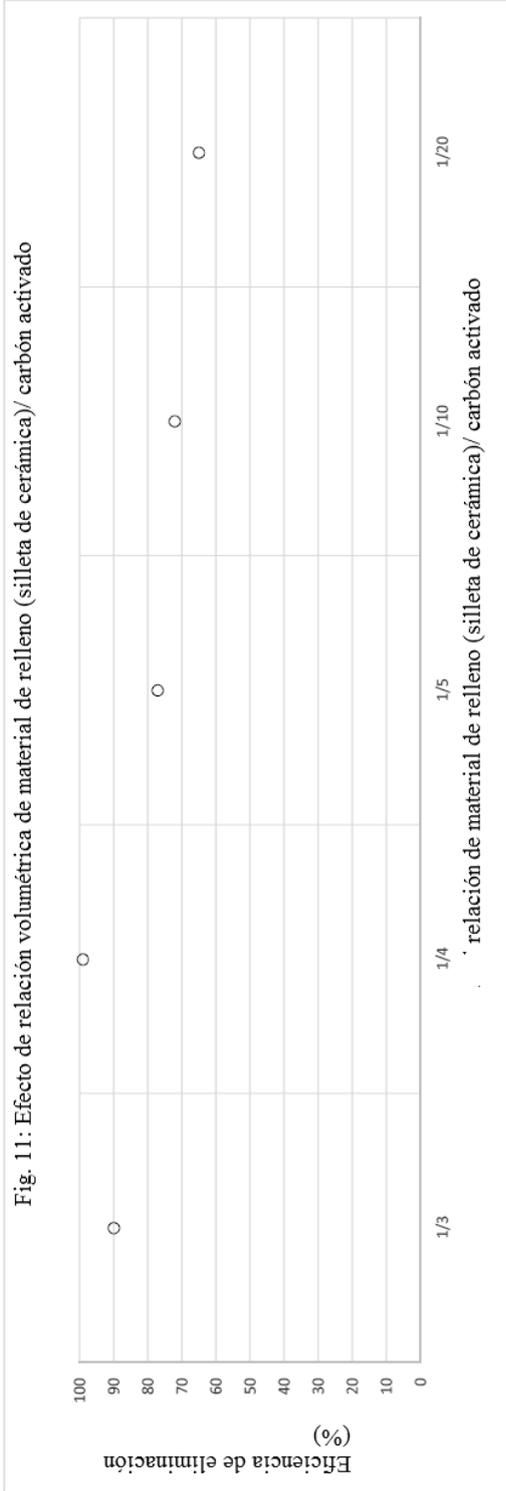
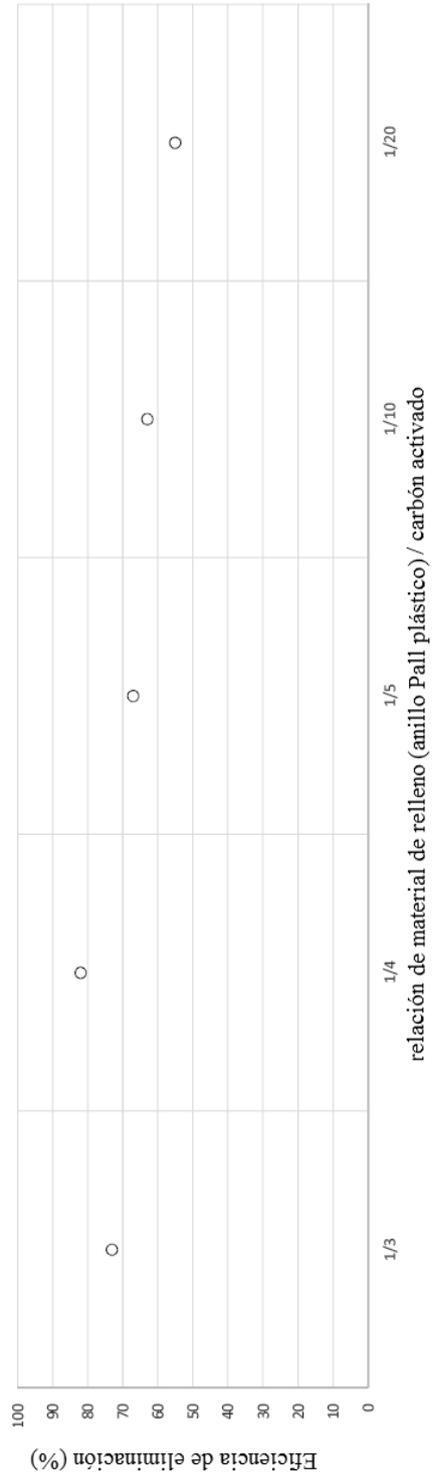


Fig. 12: Efecto de relación de material de relleno (anillo Pall plástico) / carbón activado



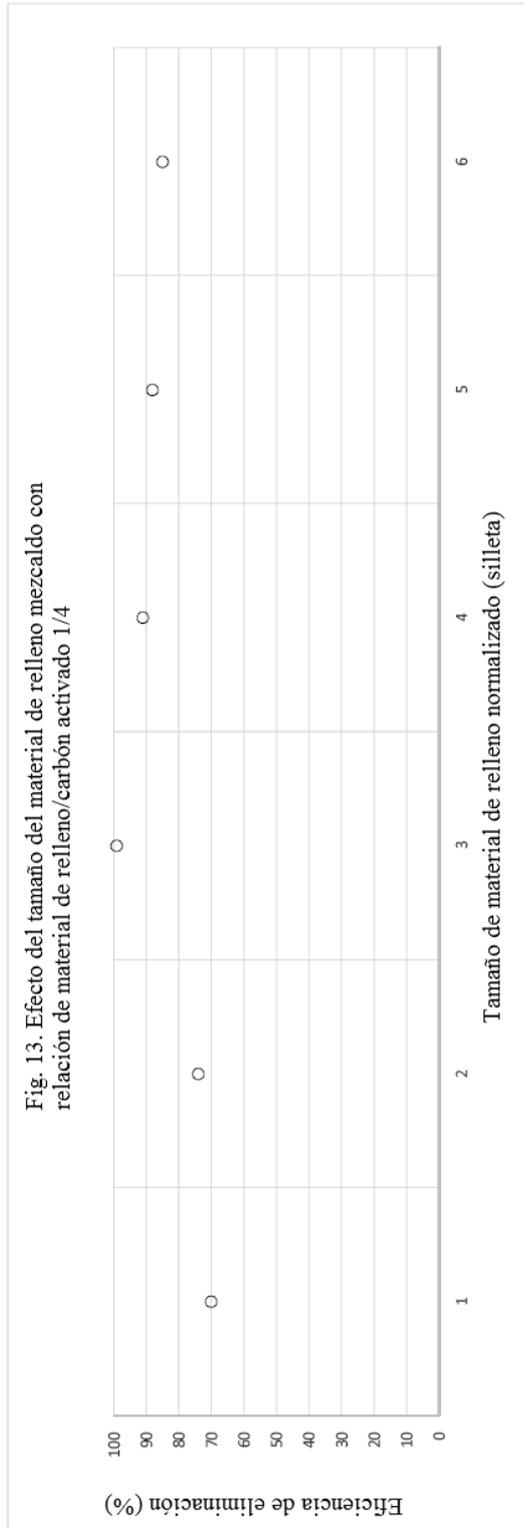


Fig. 14. Efecto del tipo de carbón activado mezclado con relación de material de relleno/carbon activado 1/4

