

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 960**

21 Número de solicitud: 201730388

51 Int. Cl.:

B01J 8/24 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

21.03.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

24.09.2018

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO / EUSKAL
HERRIKO UNIBERTSITATEA (100.0%)
Barrio Sarriena, S/N
48940 Leioa (Bizkaia) ES**

72 Inventor/es:

**ALTZIBAR MANTEROLA, Haritz;
PABLOS CASTRO, Aitor;
OLAZAR AURRECOECHEA, Martín;
AGUADO ZARRAGA, Roberto;
BILBAO ELORRIAGA, Javier;
VICENTE PEÑALOSA, Jorge y
VARONA LOPEZ, Eduardo**

74 Agente/Representante:

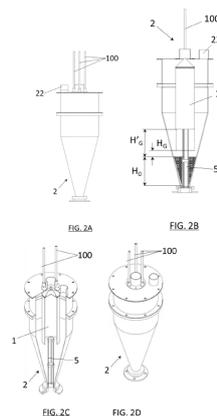
VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

54 Título: **CONFINADOR DE FUENTE PARA CONTACTOR DE LECHO EN SURTIDOR Y CONTACTOR DE LECHO EN SURTIDOR**

57 Resumen:

Confinador de fuente para contactor de lecho en surtidor y contactor de lecho en surtidor.

Confinador (1) de fuente (4) para contactor de lecho en surtidor que tiene: un lecho (3) de partículas; una entrada (21) de gas para tratamiento de las partículas; una salida (22) de gas después del tratamiento de las partículas; una cámara de contacto (23) para permitir un contacto entre el gas y las partículas. El confinador (1) tiene: una pared perimetral (12) para conformar una cavidad (11): interna a la cámara de contacto (23); que tiene una abertura (13) enfrentada a la entrada (21) y al lecho (3), para conducir una entrada y salida de gas y partículas a través de la abertura (13) siendo: la entrada de gas y partículas a la cavidad (11) en sentido ascendente; la salida de gas y partículas de la cavidad (11) en sentido descendente.



ES 2 682 960 A1

CONFINADOR DE FUENTE PARA CONTACTOR DE LECHO EN SURTIDOR Y
CONTACTOR DE LECHO EN SURTIDOR**Campo de la invención**

5 La invención se refiere a un dispositivo para mejorar las prestaciones de un contactor de lecho en surtidor, ubicándose el dispositivo dentro de una cámara de contacto del contactor. Este dispositivo es un confinador de fuente. La invención también se refiere al contacto de lecho en surtidor provisto del confinador de fuente. Dado que la tecnología de contactores de lecho en surtidor tiene múltiples aplicaciones dentro del ámbito de la

10 Ingeniería Química (secado, pirolisis, gasificación, combustión, mezclado, polimerización y recubrimiento de partículas, entre otros), la invención puede abarcar sectores tan diversos como el químico, alimentario, energético, minero, medioambiental y cerámico, entre otros.

Antecedentes de la invención

15 Actualmente los procesos en los que se manipulan sólidos finos y ultrafinos en forma de partículas y que requieren intercambio de calor y materia se llevan a cabo con tecnologías ampliamente establecidas como trómeles, hornos de bandeja e incluso mediante lechos fijos y fluidizados. Aunque se conocen sistemas de secado y/o

20 combustión basados en lechos fijos, está generalmente aceptado que el lecho fluidizado es más eficiente. El lecho fluidizado básicamente consiste en un recipiente (generalmente cilíndrico) en cuya base se coloca una placa dotada de orificios a través de los cuales entra el gas en flujo ascendente, provocando la fluidización (ligera levitación y agitación) de las partículas contenidas en la cámara de contacto. En general, la tecnología de lecho

25 fluidizado requiere de sólidos con una estrecha distribución de tamaño de partícula, es decir, con tamaños de partícula muy parecidos, y con una densidad y morfología que permita su fluidización. Para hablar de tamaño de partícula en la invención, puede hacerse una simplificación considerando que las partículas del lecho son esféricas, a pesar de que realmente no lo sean. Así, para tener en cuenta la geometría de las

30 partículas, puede establecerse una esfericidad, definida como la relación entre el área superficial de una esfera de igual volumen que la partícula y el área superficial de la partícula. Esta esfericidad es un indicador que cuantifica lo esférica que es una partícula; por ejemplo, para partículas como la arena, el carbón y el hierro, es común asumir que la esfericidad suele estar comprendida en un rango entre 0,5 y 0,9. Así, cuando se habla de

35 tamaño de partícula en la invención, se está considerando como medida de referencia un

parámetro que se correspondería con el diámetro de una partícula esférica.

En el caso de materiales que no fluidizan, es habitual el uso de lechos inertes, generalmente arena, que actúan como coadyuvante de la fluidización. Por otro lado, una vía para aumentar la eficacia de las operaciones físicas y químicas consiste en la utilización de métodos de contacto que aseguren una alta turbulencia con la mínima cantidad de fluido. Pues bien, una de las tecnologías que ha demostrado mejores prestaciones es el sistema de contacto de lecho en surtidor, más conocido por su denominación anglosajona como *spouted bed*. En el denominado lecho en surtidor, o *spouted bed*, a diferencia de la placa con orificios habitual del lecho fluidizado, se emplea un diafragma, de manera que el fluido entra a la cámara de contacto del contactor a través de un único orificio central y abre una cavidad cilíndrica o canal (comúnmente denominada por su término en inglés *spout*) por el que asciende el fluido, que suele ser gas y, en muchos casos, aire. Entrando en mayor detalle, el *spouted bed* es un régimen de fluidización de sólidos en el que un gas se introduce en el lecho por un orificio de diámetro inferior al diámetro de la base del contactor y abre una cavidad cilíndrica o canal (*spout*) que penetra hacia la superficie del lecho orientada hacia el interior de la cámara de contacto del contactor. En esta configuración de lecho en surtidor, el sólido granular en forma de partículas, describe trayectorias que comprenden una región descendente en la zona anular del lecho que rodea al canal y a una región ascendente en la zona del canal, donde el sólido granular en forma de partículas es impulsado por el gas. También hay una porción del gas que asciende por la zona anular que rodea al *spout*, por la que desciende el sólido granular o partículas. Las partículas son impulsadas por el gas que asciende en el *spout* a lo largo de la pared del *spout*. Estas partículas abandonan la región superior del lecho, creando una fuente y generando un movimiento en surtidor que reparte las partículas en la superficie del lecho, pasando finalmente a formar parte del lecho anular descendente.

Inicialmente el *spouted bed* se utilizó en el secado de granos de cereales con un elevado grado de humedad, para los que el método tradicional de lecho fluidizado era totalmente inoperativo. Las primeras unidades comerciales fueron instaladas en Canadá en 1962 para el secado de guisantes, lentejas y lino. Desde entonces su aplicación más habitual ha sido el secado de sólidos granulares, especialmente aquellos que son sensibles a la temperatura, tales como productos agrícolas, virutas de madera, materiales poliméricos y granos de nitrato de amonio o cloruro de manganeso. Posteriormente se han construido por todo el mundo equipos para el secado de una amplia gama de productos, incluyendo procesos de secado por evaporación de soluciones, suspensiones y pastas sobre

partículas inertes.

Si bien el intervalo de humedades y condiciones de secado utilizados, tanto a nivel de laboratorio como a nivel comercial, es muy amplio, se ha observado que en todos los casos tiene lugar un salto térmico entre la temperatura del aire de entrada y la temperatura del lecho. Esta característica de los lechos en surtidor es su gran ventaja sobre los secaderos convencionales, en los que la ausencia de este salto térmico obliga a utilizar temperaturas de entrada inferiores para evitar el deterioro térmico de materiales sensibles a la temperatura. Esta peculiaridad de los lechos en surtidor se atribuye al contacto en contracorriente entre el gas que asciende por el *spout* y las partículas descendiendo por la zona anular.

US3385199 describe un aparato para contacto entre fluidos y sólidos en forma de partículas, donde los sólidos son continuamente circulados por corrientes del fluido, moviendo las partículas hacia arriba en la porción central de un recipiente, migrando las partículas hacia abajo en la porción periférica del recipiente.

US20150141589 describe un reactor de polimerización que comprende un recipiente tubular que se extiende en dirección vertical. El reactor tiene un fondo con diámetro interno decreciente en sentido descendente y un orificio vertical en el centro del fondo. También tiene un deflector tubular inferior sobre el orificio, creciendo el diámetro externo del deflector tubular inferior en sentido descendente, y estando provisto el deflector tubular inferior de un orificio en un extremo superior. Además, tiene un deflector superior encima del orificio del deflector inferior, donde el diámetro externo del deflector superior crece en sentido descendente, estando cerrado el extremo superior del deflector superior, estando el extremo inferior del deflector superior a una distancia de la pared interior del recipiente tubular, siendo el diámetro externo en el fondo del deflector superior igual o mayor que un diámetro interno del orificio del deflector inferior.

Las instalaciones basadas en la tecnología de *spouted bed* que mayor desarrollo comercial han alcanzado son las que implican operaciones físicas, tales como el secado de cereales, granulación de fertilizantes (debido a la recirculación de sólido en el contactor se consigue una gran uniformidad de tamaños y una elevada esfericidad del producto) y recubrimiento de sólidos. Aun así, también se ha ensayado con éxito esta tecnología para una amplia variedad de procesos químicos, incluyendo pirolisis de plásticos, neumáticos y biomasa, gasificación de biomasa, craqueo de biomasa, producción de cemento y craqueo térmico de corrientes pesadas de refinería.

La aplicación de la tecnología de *spouted bed* está limitada por las características del sólido, ya que pueden aparecer algunos fenómenos que impiden la operación. A

continuación se resumen algunas de estas limitaciones:

- La estabilidad del proceso (entendida como la estabilidad de los parámetros de operación, fundamentalmente la pérdida de carga en el flujo de gas que se produce al atravesar el gas el lecho y el caudal de gas requerido), se ve seriamente afectada cuando el material procesado es inferior a 1mm, cuando se trabaja con amplias distribuciones de tamaño y cuando se incrementa la altura del lecho o el caudal de gas o aire. En estos casos aparecen fenómenos como el burbujeo o el *slugging*, que provocan cambios bruscos en los valores de proceso y producen un contacto de escasa calidad. Actualmente, el uso de dispositivos internos de tipo tubo central consigue alcanzar una operación estable en algunos casos, aunque estos dispositivos favorecen el arrastre de partículas finas debido a la velocidad con la que éstas abandonan el lecho.
- La segregación, que es un fenómeno según el cual se produce una separación o distribución de las partículas por su tamaño. En el *spouted bed* existe una segregación anular característica, según la cual las partículas más finas son lanzadas hasta la periferia de la superficie y las más gruesas describen una parábola menor en el surtidor para posicionarse en la zona más central, por lo que aparece un gradiente radial de tamaño de partícula en el lecho. Esto genera un problema al trabajar en continuo con materiales con diferentes tamaños de partícula, ya que únicamente las partículas más finas salen del lecho (generalmente por salidas de tipo rebosadero) mientras que las más gruesas se concentran en el lecho.
- El arrastre de partículas, ya que para alcanzar el movimiento del lecho se requiere un caudal mínimo que depende de factores como la altura de lecho o el diámetro de entrada del gas. Por debajo de este valor de caudal mínimo, la fuente colapsa y el lecho se detiene. Cuando se trabaja con partículas finas o con materiales de amplia distribución de tamaño de partícula, el caudal mínimo requerido para garantizar el régimen de lecho en surtidor puede generar corrientes internas con la velocidad suficiente para que las partículas más finas sean arrastradas, limitando notablemente la aplicación de esta tecnología. Para ampliar el ámbito de aplicación de esta tecnología y superar esta limitación, es habitual la utilización de placas o deflectores colocados sobre la fuente en la salida del gas, con el fin de que las partículas finas que son arrastradas por el gas choquen contra estas placas o deflectores y caigan a la superficie del lecho. Son conocidos los deflectores en forma de V inversa o de pirámide; estos dispositivos reducen el arrastre de las partículas finas, pero no así el de las ultrafinas, por lo que hasta la fecha no se ha propuesto ningún dispositivo que

demuestre ser realmente eficaz en la reducción del arrastre de partículas finas y ultrafinas para los contactores de lecho en surtidor.

Es decir, que la tecnología de lecho en surtidor tiene que superar ciertas limitaciones para competir con las tecnologías implantadas comercialmente. Algunos aspectos en los que conviene incidir son los siguientes:

- aumento de escala, que implica dimensionar equipos más grandes que puedan tratar mayores cantidades de partículas. Los rangos de operación son muy variables dependiendo de la alimentación a tratar. Una aplicación donde puede utilizarse el dispositivo de la invención es el secado de partículas húmedas donde debe competir con equipos que alcanzan 40 toneladas/hora de capacidad: En otras palabras, el dispositivo de la invención pretende conseguir que pueda ser empleada en condiciones de producción a nivel industrial;
- asegurar la estabilidad del régimen en que se realiza el tratamiento de las partículas en el contactor;
- evitar la segregación de las partículas; y
- minimizar el arrastre de partículas.

La estabilidad del régimen en que se realiza el tratamiento permite asegurar un contacto íntimo entre fases, es decir, entre las partículas, que están en estado sólido, y el gas, lo que se traduce en una mayor eficiencia. La segregación de partículas puede reducir la eficacia del proceso, y el arrastre de partículas es un serio problema (principalmente de coste por pérdida de reactivo, catalizador o producto, que ha de ser repuesto) cuando se trabaja con partículas ultrafinas, irregulares y con mezclas de partículas finas y gruesas, como por ejemplo en procesos catalíticos, en secado de biomasa o tratamiento de sólidos finos y ultrafinos.

Existen dispositivos que mejoran ligeramente el comportamiento de la tecnología de lecho en surtidor en cuanto a estabilidad del régimen en que se realiza el proceso y arrastre de partículas, como son los tubos centrales instalados en el lecho para canalizar el flujo de gas, o los deflectores, instalados a cierta altura sobre el canal de entrada para desviar las partículas arrastradas por el gas, respectivamente.

Siguiendo con la estabilidad y arrastre en los contactores de lecho en surtidor, cuando se trabaja con materiales con textura irregular como residuos agroforestales, con mezclas de materiales de diferente granulometría, materiales adherentes, y partículas finas o ultrafinas, se crean problemas relacionados con el arrastre de partículas o la inestabilidad del régimen de tratamiento de las partículas (imposibilidad de obtener un régimen de operación estable). Estos dos fenómenos (arrastre e inestabilidad) son tanto más graves

y acentuados cuando mayor es la escala del tratamiento (es decir, cuanto mayores son los parámetros de producción a nivel industrial como las dimensiones del contactor o los volúmenes o cantidades de partículas a ser tratadas en un determinado tiempo) porque para alcanzar estas capacidades de producción se requieren grandes caudales de gas y, en estas condiciones, el arrastre de finos, o partículas finas (partículas de menor tamaño), se acentúa. Así, por ejemplo, la inestabilidad del sistema en plantas grandes puede provocar daños en el equipo debido a que se producen cambios bruscos en la pérdida de carga en el flujo de gas cuando el gas atraviesa el lecho, además de que no se da el contacto adecuado entre las partículas y el gas, disminuyendo la eficiencia del tratamiento y aumentando el coste de operación la planta.

La inestabilidad del lecho ha sido parcialmente resuelta mediante la inclusión en el lecho de una variedad de dispositivos internos consistentes en tubos centrales que pueden tener diferentes configuraciones (de pared continua, con aberturas) y que se colocan en la parte inferior, inmersos en el lecho de partículas. A pesar de que este tipo de dispositivos aporta mejoras sustanciales, no evitan el arrastre de partículas y no consiguen la estabilización del lecho en condiciones extremas, como cuando se opera con materiales irregulares, con distribuciones de tamaños de partícula muy amplias o cuando se procesan partículas ultrafinas. Además, aunque la utilización de los tubos centrales permite una reducción de la pérdida de carga en el flujo de gas que tiene lugar en el lecho y, consecuentemente, una reducción en el caudal de gas necesario para alcanzar el régimen estable de contacto, lleva aparejada una reducción de la vigorosidad del contacto, lo que puede ser una limitación en algunas aplicaciones. Se ha podido ver cualitativamente (visualmente) que la vigorosidad se reduce. Se han podido ver sus consecuencias en procesos como el secado donde un tubo único central sólido o "con pared continua" no genera el suficiente movimiento y las partículas húmedas se acumulan llegando a parar todo el lecho. En cambio, el uso de un tubo único central "con aberturas" tiene una vigorosidad intermedia entre el sistema sin tubo y el del tubo central de pared continua, acercándose al sistema sin tubo dependiendo del porcentaje de aberturas que se use, como se puede observar en la Tabla 1. Se puede medir un parámetro directamente relacionado con la vigorosidad, que es el tiempo de ciclo. Cuanto menos tiempo tarde una partícula en cumplir el ciclo entero, más vigoroso es el movimiento. Esta vigorosidad puede cuantificarse midiendo el flujo de descenso de las partículas en la zona anular, siendo éste un parámetro relacionado directamente con la vigorosidad. Cuanto más rápido sea el flujo, más vigoroso será el movimiento del lecho. Los valores medios de flujo para cada tipo de tubo vienen reflejados en la Tabla 1.

Tabla 1. Flujo de las partículas (diámetro de partícula d_p , densidad de partícula ρ) para diferentes tubos internos en comparación al contactor sin dispositivos internos. Valores medios para bolas de vidrio ($d_p = 2\text{mm}$, $\rho = 2400\text{kg/m}^3$) y guisantes negros ($d_p = 3.4\text{mm}$, $\rho = 1230\text{kg/m}^3$) de diferentes sistemas experimentales donde se han utilizado diferentes ángulos del contactor (γ), diferentes entradas del aire al contactor (D_0) y diferentes alturas de lecho (H_0). Además, en la configuración del tubo central con aberturas se ha variado el porcentaje de apertura de la pared del tubo (W_H) y en el caso del tubo central de pared continua se ha variado la altura de las patas (L_H).

Configuración	Flujo másico (kg/s)	Variación respecto al máximo (%)
Sin tubo	1.002	0
Tubo central con aberturas	0.829	-17
Tubo central de pared continua	0.512	-49

En cuanto al arrastre de partículas por el flujo ascendente del gas, cuando se trabaja en diferentes aplicaciones con partículas finas y ultrafinas, o mezclas de partículas finas con otras de diámetro de partícula notablemente superior, el gas arrastra consigo al exterior la fracción más fina de las partículas. Esto supone una pérdida importante del material del lecho (hasta el 85% de pérdida de partículas finas), lo que supone un coste de reposición adicional notable en caso de materiales costosos como catalizadores o minerales de alto valor añadido, además de la necesidad de incluir sistemas de depuración de gases tras la salida de gas del contactor para evitar la emisión de contaminación por partículas.

Descripción de la invención

Para superar las limitaciones comentadas y ampliar el intervalo de aplicación de la tecnología contactores de lecho en surtidor, se ha investigado la utilización de un innovador dispositivo interno denominado confinador de fuente o, abreviadamente, confinador.

Para ello, la invención propone un dispositivo confinador de fuente configurado para mejorar la transferencia de energía y materia en los contactores de lecho en surtidor, especialmente cuando se trabaja con materiales difíciles de fluidizar, que necesitan un sólido inerte coadyuvante para la adecuada fluidización, con materiales finos y ultrafinos, donde gran parte de los finos es arrastrada al exterior, o con materiales con textura irregular como la biomasa, donde se crean problemas en la circulación interna del sólido en el lecho.

Adicionalmente, mediante el dispositivo confinador de fuente propuesto, es posible alcanzar con todo tipo de materiales un régimen estable de contacto gas-sólido, evitando además los problemas de arrastre de partículas. Además, favorece un mejor contacto entre fases, es decir, de las partículas con el gas, lo que redundará en procesos más eficientes energéticamente, y permite optimizar el tiempo de residencia de la fase gas.

Es decir, que el confinador cambia el funcionamiento de un contactor de lecho en surtidor provisto de confinador frente al funcionamiento de un contacto de lecho en surtidor sin confinador, dado que tanto la trayectoria natural del gas como de las partículas en el contactor se ven modificadas. Este cambio en el patrón del flujo de gas y en el movimiento de las partículas tiene los siguientes efectos:

- Una notable reducción de las partículas arrastradas (hasta un 90% en condiciones de arrastre severo dependiendo del tipo de tubo central que se use, si se usa) y, por tanto, una mejora de la flexibilidad de la tecnología de lecho en surtidor en cuanto al requerimiento de tamaño de partícula sólida.

Efectivamente, las pérdidas por arrastre dependen del tamaño, caudal de gas, densidad de las partículas y densidad del propio gas a una temperatura dada.

El tamaño y densidad de las partículas viene determinado por el tipo de producto a procesar, la única variable que se podría regular sería el caudal de fluido, pero del caudal de fluido depende la producción que puede alcanzarse, por lo que si se limita el caudal para tener poco arrastre, se limita la producción. Por lo tanto, todos los parámetros que afectan al arrastre vienen predefinidos.

En un ejemplo con un equipo con 5 kg de arena de 0 a 0.8 mm de diámetro de partícula y 80 m³/h de aire a temperatura ambiente sin confinador, en 5 min., el lecho se ha reducido a 0,5 kg, es decir, que ha habido unas pérdidas de 4,5 kg, mientras que con confinador, tras 8 h, el lecho sigue con 4,7 kg, es decir, que ha habido unas pérdidas de 0,3 kg.

En otro ejemplo con arenas aún más finas (<0.1mm) el lecho se vacía completamente sin confinador y tras 8 horas con confinador se mantienen 4 kg.

En definitiva, puede verse que el confinador disminuye de manera sustancial las pérdidas de carga e incluso consigue que procesos inviables sin confinador, puedan ser llevados a cabo en un contactor que incorpora confinador. En otras palabras, hay procesos que se hacen posibles gracias al confinador, que de otra manera serían imposibles de realizar, otros procesos que sin confinador serían posibles, pero con caudales de aire/producciones muy muy pequeñas.

Además, en procesos como la combustión o pirolisis, reduce el arrastre de cenizas y

partículas inquemadas, puesto que durante la combustión o pirolisis se produce una reducción del tamaño de la partícula (además de un cambio en sus propiedades) mientras se quema, por lo que la ceniza es mucho más volátil y es más fácil que sea arrastrada con el aire. Hasta ahora, se suelen utilizar placas o deflectores colocados sobre la fuente en la entrada del gas al contactor con el fin de que las partículas que arrastra el gas choquen contra estos dispositivos y caigan a la superficie del lecho. Estos dispositivos minimizan en parte el arrastre de las partículas finas pero no así el de las ultrafinas, por lo que no hay ningún dispositivo en el mercado realmente eficaz en la reducción el arrastre de partículas finas y ultrafinas para los contactores *spouted bed*. Es por ello que el confinador de fuente de la invención supone un gran avance en este campo, ya que reduce el arrastre de estas partículas en hasta un 90%, permitiendo ampliar el espectro de aplicación de la tecnología *spouted bed* a esos materiales hasta ahora inaccesibles.

- Una reducción drástica en la segregación del lecho, consiguiéndose una mezcla de partículas más uniforme al homogeneizar la circulación de las partículas en el lecho, lo que hace que la eficiencia del proceso sea mayor. Este efecto resulta muy beneficioso en procesos donde la homogenización de materiales es crítica, como mezclado o reacción química.

Esta característica es inherente al propio diseño del confinador, ya que su pared interior limita la anchura de la fuente, cortando las trayectorias más largas, por lo que todas las partículas caen al lecho como máximo al radio que tiene el confinador desde el centro.

Se ha observado en ensayos que la diferencia entre la zona más periférica y la más central es menos notable que en un proceso llevado a cabo en un contactor sin confinador. Se ha visto con técnicas como la coloración de la arena, que la arena está mucho mejor mezclada a lo largo del lecho en un contactor con confinador que en un contactor sin confinador.

Normalmente, la densidad de las partículas influye, pero por lo general los lechos están formados siempre por el mismo tipo de partículas (el mismo material) y únicamente difieren en el tamaño entre unas partículas y otras. En los procesos en los que hay dos materiales, generalmente uno es un inerte, con tamaño de partícula mucho más grande, y se quiere que se mantenga siempre dentro del lecho, y el otro es un reactivo, o un material a tratar que sale arrastrado. En esos casos, el arrastre es algo buscado para las partículas más finas y el efecto beneficioso del confinador se da sobre las partículas inertes, impidiendo la pérdida de material inerte por arrastre.

- Una mejora sustancial de la estabilidad del régimen del tratamiento de las partículas, especialmente con partículas difíciles de fluidizar, lo que permite estabilizar lechos que sin el confinador resultan inestables. Es decir, que el confinador de la invención, permite la operación en régimen estable con un amplio rango de partículas, incluyendo partículas del grupo A, B y D de la clasificación de Geldart, y partículas con textura muy irregular. Además, se evitan los problemas de circulación interna de los sólidos en el lecho. Su capacidad estabilizadora permite, en algunos casos, incluso operar sin tubo central ni ningún otro tipo de dispositivo interno de los propuestos y utilizados hasta ahora para facilitar la fluidización, como *draft-plates* y *draft-tubes* entre otros y, por consiguiente, simplificando y abaratando los costes de fabricación, montaje y mantenimiento.

Adicionalmente, se ha observado que el confinador de fuente aporta las siguientes ventajas:

- La vigorosidad del contacto gas-sólido se ve mejorada, lo que a su vez provoca una mejora en el rendimiento de procesos físicos y químicos. El confinador hace que el gas, una vez separado del sólido en la cima, cúspide o ápice de la fuente, circule hacia abajo, por lo que produce un contacto adicional entre el gas y el sólido durante el recorrido descendente (mientras que sin el confinador solo hay contacto en el recorrido ascendente), mejorando significativamente la eficiencia en los procesos físicos y químicos.

Es decir, que el confinador mejora el contacto, o genera un contacto adicional, entre las partículas sólidas y el fluido en las corrientes de subida y de bajada. En un contactor sin confinador, las partículas, una vez traspasada la superficie del lecho caen por gravedad. En un contactor equipado con confinador, las partículas descienden mucho más rápido por la corriente de bajada, e incluso hay partículas que son arrastradas de nuevo por la corriente de subida en el propio confinador. En el contactor con confinador, el aire que desciende entra en contacto con el lecho de nuevo y fuerza a las partículas a descender en el lecho, aumentando la velocidad de bajada de la zona anular. Todo ello hace que el movimiento sea más rápido y más vigoroso.

- El tiempo de residencia del gas aumenta, puesto que se duplica el recorrido de contacto gas-sólido al incorporar el tramo descendente de gas, y además, el tiempo de residencia puede ser regulado.

Efectivamente, se puede aumentar el tiempo de residencia ampliando la longitud del confinador, ya sea cambiándolo o añadiendo tramos de confinador adicionales. Una

posible forma de añadir tramos de confinador adicionales para aumentar su longitud es unir esos tramos adicionales mediante bridas.

Esta característica mejora la eficiencia en los procesos físicos y químicos y es interesante en procesos con reacción, ayudando a conseguir una reacción completa, por ejemplo en procesos químicos como la pirolisis o combustión, en donde se busca optimizar el tiempo de residencia del gas para conseguir una determinada distribución de productos, para reducir la salida de gases nocivos y/o inquemados y para limitar la extensión de las reacciones secundarias.

En procesos como la pirolisis la degradación del reactivo es función del tiempo de residencia del gas, por lo que es ventajoso alargar el tiempo de residencia del gas.

En procesos como la pirolisis y combustión, alargar el tiempo de residencia del gas también favorece que la combustión sea completa. Al aumentar la probabilidad de que la combustión sea completa, se reduce la salida de gases nocivos como el monóxido de carbono (CO) y se limita la extensión de reacciones secundarias.

- Reduce la pérdida de carga de operación, reduciéndose el consumo energético de impulsión del gas o permitiendo instalar equipos de alimentación de gas más pequeños. En efecto, aunque aparece una nueva pérdida de carga por tener que recorrer el gas una trayectoria más sinuosa dentro del contactor, primero ascendiendo y descendiendo dentro del confinador, y después ascendiendo por la cámara de contacto hasta la salida del contactor, la reducción en la pérdida de carga que se da en la entrada del gas al contactor, cuando el gas atraviesa el lecho, por la obstrucción de las partículas en la entrada del gas al contactor, es de una magnitud mayor que el incremento de la pérdida de carga por el cambio en la trayectoria del gas dentro del contactor. Es decir, que la reducción de la pérdida de carga en el flujo de gas por la disminución de la obturación de las partículas en la entrada al contactor debido a la acción del confinador, es de un orden de magnitud mayor que el incremento de la pérdida de carga en el flujo de gas por el cambio en la trayectoria que describe al recorrer el confinador.
- Permite la reducción de la altura de la fuente. El confinador impone una altura máxima para la fuente, lo que, especialmente con partículas ultrafinas, permite construir equipos más compactos. En efecto, un contactor con el confinador de la invención consigue fluidizar partículas por debajo de la frontera entre las partículas B y D de Geldart, mientras que en un contactor sin confinador solo se consigue *spouted bed* para partículas de tamaños superiores.
- Permite reducir el tiempo de ciclo o lo que es lo mismo, aumentar el caudal de

circulación de las partículas. Esta reducción en el tiempo para realizar el ciclo se consigue gracias a la mayor velocidad de las partículas descendentes en el confinador y de la zona anular, esto último también provocado por la corriente descendente que empuja el lecho hacia abajo. Con una longitud de confinador adecuada, el dispositivo fuerza a las partículas a realizar ciclos en tiempos más cortos, lo que supone un beneficio para procesos en los que se tratan materiales termosensibles, puesto que el ciclo se realiza en un tiempo menor.

Conforme se ha descrito, un primer aspecto de la invención se refiere a un confinador de fuente para un contactor de lecho en surtidor donde el contactor tiene una serie de componentes: un lecho de partículas; una entrada de gas para tratamiento de las partículas; una salida de gas después del tratamiento de las partículas y una cámara de contacto configurada para permitir un contacto entre el gas y las partículas. El confinador comprende una pared perimetral configurada para conformar una cavidad interna a la cámara de contacto. La cavidad tiene una abertura enfrentada a la entrada y al lecho, configurada para conducir una entrada y salida de gas y partículas a través de la abertura. La entrada de gas y partículas a la cavidad se produce en sentido ascendente, mientras que la salida de gas y partículas de la cavidad se produce en sentido descendente, y esta abertura es la única vía de acceso tanto de entrada como de salida a la cavidad.

Como puede verse, el confinador tiene una función de cubierta o recubrimiento de la fuente, impidiendo que la fuente pueda sobrepasar los límites establecidos por la cavidad: es decir, que el confinador conforma un recinto interno a la cámara de contacto a modo de falda, fanal, pantalla, capucha o campana, donde la fuente puede formarse y crecer hasta los límites impuestos por las dimensiones del confinador, que constituye una frontera límite de crecimiento de la fuente. El contactor donde es instalado el confinador tiene una entrada de gas para el tratamiento de las partículas y una salida del gas después del tratamiento de las partículas. La cavidad conforma un espacio dentro del que puede crecer la fuente hasta alcanzar los límites definidos por el confinador; si no hubiera confinador, la fuente podría crecer hasta los límites impuestos por la cámara de contacto.

Así, la geometría del confinador crea un volumen dentro de la cámara de contacto donde se favorece un primer efecto para mejorar el contacto entre el gas y las partículas, al aumentar el tiempo de contacto entre el gas y las partículas. El aumento del tiempo de contacto entre el gas y las partículas se produce porque que el gas y las partículas no pueden extenderse más allá de las fronteras establecidas por confinador, por lo que tanto el gas como las partículas permanecen durante más tiempo en el mismo recinto (si no

hubiera confinador, llegaría un momento en que el gas seguiría su camino ascendente y las partículas irían separándose de la trayectoria inicialmente marcada por el gas). Por otro lado, el volumen de la cavidad es menor que el de la cámara de contacto, por lo que además de aumentar la duración del contacto entre el gas y las partículas, se produce un segundo efecto para mejorar el contacto entre el gas y las partículas, ya que el contacto entre el gas y las partículas es más intenso. Es decir, que la cavidad del confinador tiene un efecto sinérgico sobre el contacto gas-sólido, mejorando dicho contacto no sólo por el incremento en la duración del contacto entre el gas y las partículas, sino que además potencia un grado de contacto mayor al disminuir el volumen en que se produce la interacción gas-sólido, generando así una mejora cualitativa del contacto gas-sólido. Y aún se produce un tercer efecto relacionado con el contacto gas-sólido, puesto que el confinador también promueve un contacto adicional entre el gas y entre las partículas que están en la superficie del lecho, cuando el gas sale del confinador por la abertura, en sentido descendente y choca contra el lecho para, finalmente, ascender hacia la salida del contactor.

Adicionalmente, el confinador también proporciona un cuarto efecto, ya que disminuye el arrastre de las partículas más allá de límites deseados, dificultando que el gas pueda arrastrar partículas hasta la salida, lo que obligaría a incluir dispositivos para recuperar estas partículas arrastradas fuera de la cámara de contacto, como se hace necesario en contactores sin el confinador de la invención. En efecto, el confinador favorece que las partículas vuelvan a caer al lecho, al conformar una barrera en el camino del gas entre la entrada y la salida. Las partículas salen del confinador por la abertura en sentido descendente y caen al lecho, ya que el gas no puede arrastrar consigo las partículas por ser las fuerzas gravitacionales superiores a las fuerzas de arrastre.

Conforme a una característica de la invención compatible con todas las realizaciones del confinador, la abertura está situada a una distancia H_G del lecho. Esta distancia H_G es un parámetro que influye en el funcionamiento del confinador y, en consecuencia, en el funcionamiento del contactor de lecho en surtidor o *spouted bed*. Por ejemplo, se ha comprobado que cuando se opera con materiales irregulares de baja densidad como la biomasa, se debe dejar una distancia o altura H_G mínima que evite la creación de cráteres en la superficie del lecho, garantice la estabilización del régimen de funcionamiento del contactor con el confinador y homogeneice la circulación del sólido en el lecho. Durante el funcionamiento del contactor, al comienzo del tratamiento de las partículas, el lecho se expande, por lo que la distancia entre el confinador y la superficie del lecho depende del material sólido a tratar, evitando en cualquier caso que el

confinador entre en el lecho. Por otro lado, existe también un valor máximo de altura H_G a partir del cual disminuye el efecto del confinador donde ya no se obtienen los beneficios comentados. Así, la distancia H_G entre el confinador y el lecho está comprendida entre 3cm y 4 veces el diámetro de entrada al contactor D_0 . Preferiblemente, la distancia H_G está comprendida entre 1.5-2.5 veces el diámetro de entrada. Aún más preferiblemente, la distancia H_G es aproximadamente 2 veces el diámetro de entrada al contactor D_0 .

Conforme a otra característica de la invención compatible con el resto características del confinador, la cavidad tiene forma tubular. En la invención, forma tubular se refiere a forma de tubo, que es una pieza hueca, de forma por lo común cilíndrica y abierta por un extremo. Por un lado, la forma tubular es la más fácil de fabricar. Por otro lado, la forma tubular es la que menos altera la formación de la fuente.

Conforme a otra característica del confinador, la cavidad tiene forma cilíndrica y tiene un diámetro D_G . Una variación en el diámetro D_G cambia levemente el funcionamiento del confinador. El confinador debe tener al menos la anchura necesaria para confinar toda la fuente, es decir, que el confinador es un elemento envolvente de la fuente, y se debe tener en cuenta que el tamaño de la fuente depende de los parámetros concretos de cada instalación y del tubo central que se utilice, si se utiliza. Así, el diámetro D_G está comprendido entre 3 veces el diámetro de entrada al contactor D_0 y 0.7 veces el diámetro de la zona cilíndrica del contactor D_c . Preferiblemente, el diámetro D_G está comprendido entre 4 y 6 veces el diámetro de entrada al contactor D_0 . Aún más preferiblemente, el diámetro D_G es aproximadamente 5 veces el diámetro de entrada al contactor D_0 .

Conforme a otra característica de la invención compatible con el resto características del confinador, el confinador comprende un fondo ciego en una parte superior. Cuando el confinador está colocado desde una pared superior del contactor, es decir, cuando la pared perimetral del confinador parte de la pared superior del contactor, no es necesario que tenga un fondo ciego en la parte superior, pues la propia pared superior del contactor ya evita que el gas y las partículas salgan por la parte superior del contactor. En caso de que la colocación del confinador respecto del contactor fuera otra, por ejemplo en el caso de un confinador que no está adosado a la pared superior del contactor, el confinador tiene un fondo ciego en la parte superior para evitar que la fuente desborde el confinador por el borde superior. Así, el fondo ciego en la parte superior del confinador obliga a que el gas y las partículas salgan por la abertura al redirigirlas hacia al lecho.

En el caso en que el confinador tiene un fondo ciego en la parte superior, el confinador puede ser desplazable entre una posición inferior y una posición superior para acercar y alejar la abertura del confinador a la superficie del lecho, estando la abertura a una

distancia desplazada H'_G igual o mayor que la distancia H_G , cuando el confinador está en la posición inferior. Esta configuración en la que el confinador es desplazable verticalmente entre una posición inferior y una posición superior para situar la abertura a diferentes alturas del lecho tiene la ventaja de poder regular la distancia H_G . Esta
5 regulaci3n de la distancia entre el lecho y el confinador permite encontrar el punto 3ptimo de funcionamiento para cada proceso, pues permite conseguir un ajuste fino de la distancia H_G partiendo de una estimaci3n inicial, pues el valor 3ptimo de funcionamiento real de la instalaci3n puede diferir del valor inicialmente estimado.

Un segundo aspecto de la invenci3n se refiere a un contactor de lecho en surtidor que
10 comprende un confinador seg3n se ha descrito anteriormente. Conforme a una caracter3stica del contactor, la cavidad est3 ubicada respecto a la entrada de gas de manera que: la entrada de gas y part3culas a la cavidad en sentido ascendente tiene lugar en una zona central de la abertura; la salida de gas y part3culas de la cavidad en sentido descendente tiene lugar en una zona perif3rica de la abertura. Conforme a otra
15 caracter3stica del contactor, la entrada de gas comprende un tubo configurado para canalizar un gas desde el lecho hacia un interior del contactor.

Como se ha indicado anteriormente, se ha comprobado el buen funcionamiento del lecho en surtidor en muchas aplicaciones, incluyendo la pirolisis y gasificaci3n de neum3ticos, pl3sticos y biomasa, el secado de 3ridos, granos vegetales, pastas y emulsiones, el
20 revestimiento de polvos de hierro, el reformado catal3tico para producci3n de hidr3geno, la combusti3n de carbones bituminosos y biomasas forestales y residuales, y reacciones de polimerizaci3n catal3tica, granulaci3n o recubrimiento. En todos estos procesos, la tecnolog3a de *spouted bed* ha demostrado ser muy competitiva en comparaci3n con las tecnolog3as ya establecidas, debido principalmente a su alto rendimiento energ3tico, al
25 mejor control de la operaci3n y a la menor p3rdida de carga de flujo de gas.

Sin embargo, el *spouted bed* tiene ciertas limitaciones en estas aplicaciones debidas a la granulometr3a de las part3culas a tratar, y es ah3 donde la utilizaci3n de un confinador de fuente ha demostrado grandes aportaciones. En procesos con part3culas finas o en aquellos en los que se necesita trabajar con mezclas de part3culas finas y gruesas, el
30 caudal de gas necesario para alcanzar una fluidizaci3n estable produce un arrastre notable de las part3culas. Adem3s, en la mayor3a de procesos industriales se requieren capacidades nominales de producci3n muy elevadas, y 3nicamente alcanzables con grandes caudales de gas, condiciones en las que el arrastre de finos se acent3a. En todos estos casos, la inclusi3n en la c3mara de contacto de un confinador de fuente
35 ampl3a el intervalo de condiciones de operaci3n de la tecnolog3a.

Por otro lado, el confinador de fuente mejora sensiblemente el rendimiento de la operación, y por tanto la hace aún más competitiva en todas las aplicaciones en las que ya ha sido probado, ya que aumenta el tiempo de residencia del gas y del sólido y por tanto mejora el contacto.

5 Así, las ventajas del confinador de fuente de la invención se enfocan desde dos puntos de vista.

1) En primer lugar, permite a la empresa explotadora mejorar su competitividad principalmente por dos razones:

- Penetración en nuevos sectores o ampliación del campo de aplicación actual.

10 Permite el tratamiento con la tecnología de lecho en surtidor de materiales finos y ultrafinos, que actualmente se procesan con otras tecnologías menos eficientes. Por ejemplo, el secado de arcillas o de sólidos con un contenido de arcillas importante, el secado de productos alimenticios granulares de gran finura como la harina, el secado de grafeno en polvo, reacciones químicas como el reformado catalítico o la polimerización, la combustión de biomasa particular o la mezcla de

15 áridos reciclados, entre otros.

- La inversión requerida y/o coste de operación para la implantación de esta tecnología es inferior a la requerida con las convencionales (por ejemplo, tecnología de lecho fluido, tambor rotatorio o de banda, entre otras) por lo que le permitiría
- 20 ganar cuota de mercado.

2) En segundo lugar, la incorporación de esta tecnología a la industria reduciría el impacto medioambiental de los procesos que la implantasen, porque se mejoraría la eficiencia energética del proceso. Esto a su vez produce una reducción del consumo energético para la empresa.

25 Por otro lado, la aplicación industrial de esta tecnología favorecería el desarrollo sostenible ya que permitiría llevar a cabo la revalorización de residuos de forma más eficaz que con otras tecnologías (por ejemplo, la pirolisis de neumáticos).

Así, como se ha descrito, el confinador de fuente es un dispositivo diseñado para su instalación en contactores con tecnología de lecho en surtidor, que minimiza el arrastre de partículas, mejora la estabilidad del régimen de funcionamiento del surtidor, reduce la segregación de las partículas en el lecho, y permite operar eficazmente con partículas

30 finas, mejorando la vigorosidad del contacto entre fases, es decir, entre las partículas y el gas. Estas características posibilitan un equipo más compacto y versátil, aumentando la competitividad de la tecnología de lecho en surtidor frente a las actuales.

35

Breve descripción de las figuras

Para complementar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de la descripción, un juego de figuras en el que, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La Figura 1 muestra la forma geométrica de una primera realización del dispositivo confinador de fuente.

Las Figuras 2A a 2D muestran diferentes vistas donde puede verse una forma de colocación de la primera realización del dispositivo confinador en un contactor de lecho en surtidor o *spouted bed*. La figura 2A es una vista exterior en alzado del contactor; la figura 2B es un corte longitudinal del contactor; la figura 2C es una vista en perspectiva del contactor con un corte a un cuarto; la figura 2D es una vista exterior en perspectiva del contactor.

La Figura 3 muestra las trayectorias del sólido en doble línea y del gas en línea simple en un contactor de lecho en surtidor con fondo cónico con una segunda realización del confinador según la invención.

La Figura 4 muestra dimensiones de la forma y colocación de la segunda realización del confinador de la invención en un contactor *spouted bed*. La figura 4 muestra el diámetro D_G del confinador, y la altura H_G sobre la superficie del lecho donde se coloca la abertura que está en la parte inferior del confinador.

La Figura 5 muestra una gráfica donde se representa la clasificación de partículas para fluidización en aire (clasificación Geldart de las partículas). En el eje de abscisas se representa el diámetro de partícula d_p en μm , y en el eje de ordenadas la diferencia entre la densidad de la partícula (ρ_p) y la densidad del fluido (ρ_f) en 10^{-3}kg/m^3 .

Se incluye a continuación un listado de los elementos principales de la invención:

Confinador 1

Cavidad 11

Pared perimetral 12

Abertura 13

Columnas 100

Contactor 2

Entrada 21

Salida 22

Cámara de contacto 23

Lecho 3

Fuente 4

Tubo central 5

Diámetro D_G del confinador 1

Diámetro de entrada al contactor D_0

5 Diámetro de cilindro D_c

Distancia H_G entre el lecho 3 y el confinador 1

Distancia desplazada H'_G entre el lecho 3 y el confinador 1 desplazable

Altura de lecho (H_0)

10 **Descripción de un modo de realización de la invención**

La figura 1 muestra una primera realización de un dispositivo confinador 1 de fuente 4 según la invención. El dispositivo confinador 1 ilustrado en la figura 1 tiene una pared lateral sustancialmente cilíndrica, un fondo ciego superior cónico y una abertura 13 inferior circular. El dispositivo confinador 1 de la figura 1 comprende medios para ser desplazado axialmente en el interior de un contactor 2 donde puede ser instalado. En la figura 1 pueden verse estos medios para ser desplazado formados por tres columnas 100 verticales que parten desde una cara exterior del fondo ciego superior cónico. En la realización ilustrada en la figura 1, las tres columnas 100 son paralelas entre sí y paralelas al eje de simetría longitudinal del dispositivo confinador 1. En la figura 2D puede verse la distribución angular de las columnas 100, estando uniformemente distribuidas en radios que forman 120° entre sí.

Las figuras 2A a 2D muestran el dispositivo confinador 1 de fuente 4 de la figura 1 instalado en un contactor 2. El contactor 2 tiene una pared lateral sustancialmente cilíndrica, un fondo plano superior que comprende la salida 22 y una parte inferior cónica convergente hacia abajo. El contactor 2 de las figuras 2A a 2D comprende un tubo central 5 alineado axialmente con el dispositivo confinador 1. En la realización del confinador ilustrada en las figuras 2A a 2D, el confinador 1 se coloca concéntricamente respecto al contactor 2 y se proyecta desde la parte interna superior de la cámara de contacto 23 hacia la parte inferior del contactor 2. En esta realización del confinador mostrada en las figuras 2A a 2D, la altura del confinador 1 sobre el lecho 3 es regulable, es decir, que el confinador 1 puede ser desplazado verticalmente entre una posición superior y una posición inferior dentro del contactor 2 por medio de un equipo elevador. En la realización del contactor con el confinador ilustrada en las figuras 2A a 2D pueden verse las siguientes características. El contactor comprende dos partes principales, una parte superior y una parte inferior. La parte superior es cilíndrica y está unida a la parte inferior,

que tiene una zona cilíndrica unida a la parte superior mediante una brida. La parte inferior tiene una zona troncocónica que converge hacia el fondo del contactor. Como puede verse en las figuras 2B y 2C, el tubo central 5 puede penetrar en el confinador 1. En la figura 2B puede verse que la abertura 13 del confinador está a un nivel inferior al que se encuentra la unión entre la zona troncocónica y la cilíndrica del tramo inferior del contactor 2. Estas configuraciones son especialmente recomendables cuando se requiere disminuir la altura de la fuente.

La figura 3 muestra una segunda realización de un dispositivo confinador 1 de fuente 4 instalado en un contactor 2. El dispositivo confinador 1 de fuente 4 ilustrado en la figura 3 comprende una cavidad 11 con la parte superior cegada por una tapa plana. Esta tapa podría tener otra forma diferente, por ejemplo, forma de cono (como se ilustra en las figuras 1 y 2), semiesfera o pirámide. En la realización ilustrada en la figura 3, no sería necesario que el confinador 1 tuviera tapa, pues las paredes laterales parten directamente de la tapa superior del contactor 2, por lo que ni el gas ni las partículas pueden abandonar el confinador 1 por la parte superior del confinador 1, sino que han de descender por el interior del confinador 1 para, en el caso del gas, sortear el borde inferior del confinador 1 al salir por la abertura 13 y pasar a la cámara de contacto 23, por donde asciende hasta abandonar la cámara a través de la salida 22 y, en el caso de las partículas, caer de nuevo al lecho 3 al salir por la abertura 13.

En la figura 3 se ilustran las trayectorias del gas y de las partículas, donde se muestra que el confinador 1 cambia la trayectoria del gas en el contactor 2, dado que una vez que el gas llega a la parte superior del confinador 1, el gas se ve obligado a bajar y pasar por el espacio que queda entre la parte inferior del confinador 1, es decir, entre la abertura 13 y la superficie del lecho 3. Con esta disposición del confinador 1, la cavidad 11 confina, por un lado, la fuente 4 característica en un régimen estable de contacto gas-sólido que generan las partículas al entrar la corriente de gas por la parte inferior del contactor 2 e impulsar las partículas y, por otro lado, actúa como conductor de la corriente de gas en el interior del confinador 1; la corriente de gas, tras entrar en la cavidad 11 por la abertura 13, describe un tramo ascendente por la cavidad 11, llega a la parte superior del confinador 1 y es desviada para iniciar un tramo descendente de salida de la cavidad 11, de nuevo a través de la abertura 13. Así, el confinador 1 cambia la operación en régimen estable de un lecho en surtidor o *spouted bed*:

a) por un lado, la trayectoria del gas en el contactor 2 se prolonga: mientras que en un contactor sin confinador el gas solo describe una trayectoria ascendente desde la entrada al contactor por la parte inferior, hasta la salida del contactor por la parte

superior, en el contactor provisto de confinador, el gas describe una trayectoria con un primer tramo ascendente, de entrada al confinador, un segundo tramo descendente, de salida del confinador y, finalmente, un tercer tramo ascendente, de salida del contactor;

- 5 b) por otro lado, las partículas también siguen diferentes trayectorias en un contactor provisto de confinador y en un contactor sin confinador: mientras que un contactor sin confinador son arrastradas por el gas hacia la salida del contactor, en el contactor provisto de confinador, las partículas son arrastradas por la corriente de gas en el primer tramo ascendente de entrada al confinador y después caen al lecho 3 a través
10 de la abertura 13, pero ya no son arrastradas de nuevo por el gas en el tercer tramo ascendente cuando sale del contactor.

En la figura 4 se muestra el diámetro D_G del confinador 1, el diámetro de entrada al contactor D_0 , el diámetro de cilindro D_C del contactor y la distancia o altura H_G entre la
15 abertura 13 y la superficie del lecho 3 para la misma realización del confinador 1 ilustrada en la figura 3.

En la realización del contactor con el confinador ilustrada en las figuras 3 y 4 pueden verse las siguientes características. El contactor 2 tiene un cuerpo con una zona sustancialmente cilíndrica y una zona inferior cónica. El fondo superior del contactor 2 es plano y la salida 22 está en la pared cilíndrica del contactor. La zona inferior tiene una
20 parte troncocónica que converge hacia el fondo del contactor. Como puede verse en las figuras 3 y 4, el tubo central 5 no alcanza la abertura 13 del confinador 1. En las figuras 3 y 4 puede verse que la abertura 13 del confinador está a un nivel superior al que se encuentra la unión entre la zona troncocónica y la cilíndrica del cuerpo del contactor 2. Estas configuraciones están especialmente indicadas cuando el arrastre de las partículas
25 extremadamente finas no supone un problema.

La reducción de pérdida de carga en el flujo de gas, y la altura de la fuente 4 favorecidas por el confinador 1 se traducen en un proceso más estable y reducen las diferencias en las prestaciones de tres tipos de sistemas posibles: lechos en surtidor sin tubo central, con tubo central no poroso y con tubo central con aberturas. En una realización de la
30 invención, se ha instalado un confinador 1 de 0,9m de longitud y 0,2m de diámetro en una planta piloto de secado de arenas, colocándolo mediante un sistema de guiado que sujetan el confinador 1 y permiten variar su distancia o altura H_G a la superficie del lecho 3 como se ilustra en las figuras 2A-2D. Con el contactor 2 provisto del confinador 1 de la invención se han procesado materiales finos y ultrafinos que sin el confinador 1 no
35 alcanzan el régimen de lecho en surtidor. Se ha alcanzado régimen estable sin necesidad

de incorporar elementos internos adicionales en el lecho 3 como tubos 5 o *draft-plates* y *draft-tubes* para alcanzar el régimen estable y con una pérdida de carga en el flujo de gas similar a la obtenida en un contactor que sí incorpora esos elementos adicionales en el lecho como se ilustra en las tablas 2A y 2B.

5 Tabla 2A. Comparativa de la pérdida de carga en el flujo del gas para diferentes configuraciones de elementos internos. Valores medios para bolas de vidrio ($d_p = 2\text{mm}$, $\rho = 2400\text{kg/m}^3$) y guisantes negros ($d_p = 3.4\text{mm}$, $\rho = 1230\text{kg/m}^3$) de diferentes sistemas experimentales donde se han utilizado diferentes ángulos del contactor (γ), diferentes entradas del aire al contactor (D_0) y diferentes alturas de lecho (H_0). Además, en la configuración del tubo central con aberturas se ha variado el porcentaje de apertura de la pared del tubo (W_H) y en el caso del tubo central de pared continua se ha variado la altura de las patas (L_H).

	ΔP_s (Pa)	
	Sin confinador	Con confinador
Sin tubo central	2410	2190
Con tubo central con aberturas	2170	1850
Con tubo central no poroso	1340	1210

15 Tabla 2B. Comparativa de la pérdida de carga en el flujo del gas para diferentes configuraciones de elementos internos. Valores para bolas de vidrio ($d_p = 2\text{mm}$, $\rho = 2400\text{kg/m}^3$) y guisantes negros ($d_p = 3.4\text{mm}$, $\rho = 1230\text{kg/m}^3$).

	ΔP_s (% variación respecto al máximo)	
	Sin confinador	Con confinador
Sin tubo central	0	-9
Con tubo central con aberturas	-10	-23
Con tubo central no poroso	-45	-50

20 Como puede verse en la tabla 2A, comparando los valores de pérdida de carga que se producen en las instalaciones con confinador frente a los que se producen en las instalaciones sin confinador, en todos los casos, hay menos pérdida de carga en las instalaciones con confinador. En la tabla 2B, puede verse que la reducción de la pérdida de carga según el tipo de instalación (sin tubo central, con tubo central con aberturas, con tubo central no poroso) también se ve potenciada por la instalación del confinador.

25 Además, se han conseguido rendimientos en retención de partículas finas hasta un 90%, lo que permite al secadero mejorar su competitividad frente a los secaderos convencionales y, especialmente, frente a su inmediato competidor, el lecho fluidizado.

En este texto, la palabra "comprende" y sus variantes (como "comprendiendo", etc.) no deben interpretarse de forma excluyente, es decir, no excluyen la posibilidad de que lo

descrito incluya otros elementos, pasos etc.

Por otra parte, la invención no está limitada a las realizaciones concretas que se han descrito, sino que abarca también, por ejemplo, las variantes que pueden ser realizadas por el experto medio en la materia (por ejemplo, en cuanto a la elección de materiales, dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro de lo que se desprende de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Confinador (1) de fuente (4) para contactor (2) de lecho (3) en surtidor donde el contactor (2) tiene:

1a) un lecho (3) de partículas;

5 1b) una entrada (21) de gas para tratamiento de las partículas;

1c) una salida (22) de gas después del tratamiento de las partículas;

1d) una cámara de contacto (23) configurada para permitir un contacto entre el gas y las partículas;

caracterizado por que el confinador (1) comprende:

10 1e) una pared perimetral (12) configurada para conformar una cavidad (11):

1e1) interna a la cámara de contacto (23);

1e2) que tiene una abertura (13) enfrentada a la entrada (21) y al lecho (3), configurada para conducir una entrada y salida de gas y partículas a través de la abertura (13) siendo:

15 1e2a) la entrada de gas y partículas a la cavidad (11) en sentido ascendente;

1e2b) la salida de gas y partículas de la cavidad (11) en sentido descendente;

1e2c) la abertura (13) la única vía de acceso tanto de entrada como de salida a la cavidad.

20 2. Confinador (1) de fuente (4) para contactor (2) de lecho (3) en surtidor según la reivindicación 1 **caracterizado por que** la abertura (13) está situada a una distancia H_G del lecho (3).

3. Confinador (1) de fuente (4) para contactor (2) de lecho (3) en surtidor según la 25 reivindicación 2 **caracterizado por que:**

3a) la entrada (21) tiene un diámetro de entrada al contactor D_0 ;

3b) la distancia H_G entre la abertura (13) y el lecho (3) está comprendida entre 3cm y cuatro veces el diámetro de entrada al contactor D_0 .

30 4. Confinador (1) de fuente (4) para contactor (2) de lecho (3) en surtidor según la reivindicación 3 **caracterizado por que** la distancia H_G entre la abertura (13) y el lecho (3) está comprendida entre 1,5 y 2,5 veces el diámetro de entrada al contactor D_0 .

35 5. Confinador (1) de fuente (4) para contactor (2) de lecho (3) en surtidor según la reivindicación 4 **caracterizado por que** la distancia H_G entre la abertura (13) y el lecho

(3) es sustancialmente 2 veces el diámetro de entrada al contactor D_0 .

5 6. Confinador (1) de fuente (4) para contactor (2) de lecho (3) en surtidor según cualquiera de las reivindicaciones 1-5 **caracterizado por que** la cavidad (11) tiene forma tubular.

10 7. Confinador (1) de fuente (4) para contactor (2) de lecho (3) en surtidor según cualquiera de las reivindicaciones 1-6 **caracterizado por que** la cavidad (11) tiene forma cilíndrica de diámetro D_G .

8. Confinador (1) de fuente (4) para contactor (2) de lecho (3) en surtidor según la reivindicación 7 **caracterizado por que:**

8a) el contactor tiene una zona cilíndrica de diámetro de cilindro D_c ;

15 8b) el diámetro D_G está comprendido entre 3 veces el diámetro de entrada al contactor D_0 y 0.7 veces el diámetro de cilindro D_c .

9. Confinador (1) de fuente (4) para contactor (2) de lecho (3) en surtidor según la reivindicación 8 **caracterizado por que** el diámetro D_G está comprendido entre 4 y 6 veces el diámetro de entrada al contactor D_0 .

20 10. Confinador (1) de fuente (4) para contactor (2) de lecho (3) en surtidor según la reivindicación 9 **caracterizado por que** el diámetro D_G es sustancialmente 5 veces el diámetro de entrada al contactor D_0 .

25 11. Confinador (1) de fuente (4) para contactor (2) de lecho (3) en surtidor según cualquiera de las reivindicaciones 1-10 **caracterizado por que** el confinador (1) comprende un fondo ciego en una parte superior.

30 12. Confinador (1) de fuente (4) para contactor (2) de lecho (3) en surtidor según la reivindicación 11 **caracterizado por que** el confinador (1) es desplazable entre una posición inferior y una posición superior, estando la abertura (13) a una distancia desplazada H'_G igual o mayor que la distancia H_G , cuando el confinador (1) está en la posición inferior.

35 13. Contactor (2) de lecho (3) en surtidor **caracterizado por que** comprende un

confinador (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

14. Contactor (2) de lecho (3) en surtidor según la reivindicación 13 **caracterizado por que** la cavidad (11) está ubicada respecto a la entrada (21) de manera que:

5 14a) la entrada de gas y partículas a la cavidad (11) en sentido ascendente tiene lugar en una zona central de la abertura (13);

14b) la salida de gas y partículas de la cavidad (11) en sentido descendente tiene lugar en una zona periférica de la abertura (13).

10 15. Contactor (2) de lecho (3) en surtidor según la reivindicación 14 **caracterizado por que** la entrada (21) comprende:

15a) un tubo (5) configurado para canalizar un gas desde el lecho (3) hacia un interior del contactor (2).

15

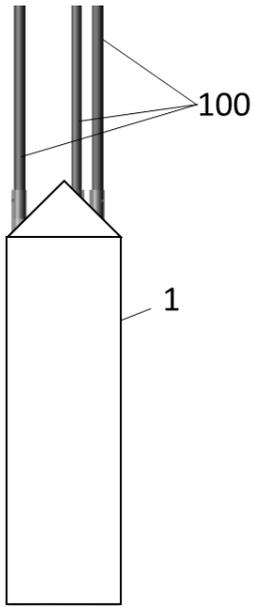


FIG. 1

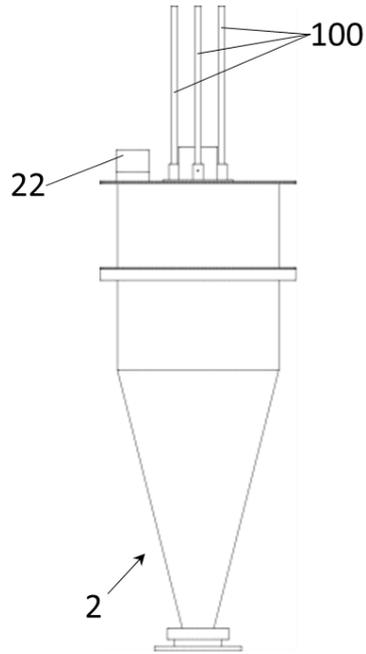


FIG. 2A

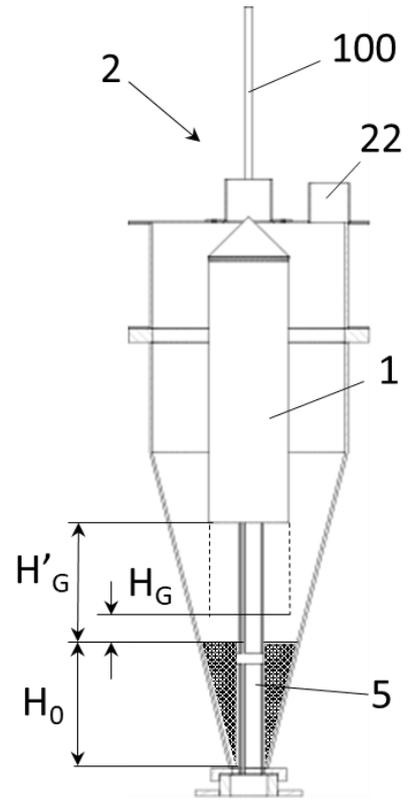


FIG. 2B

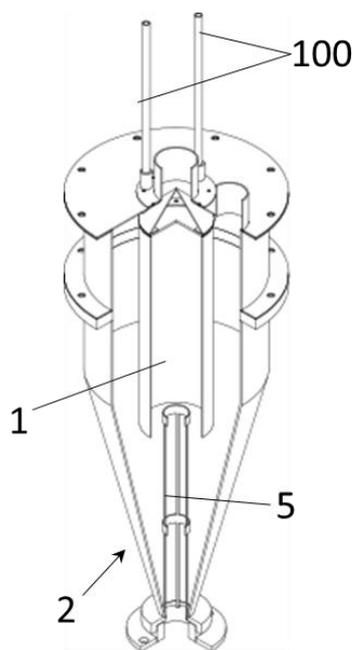


FIG. 2C

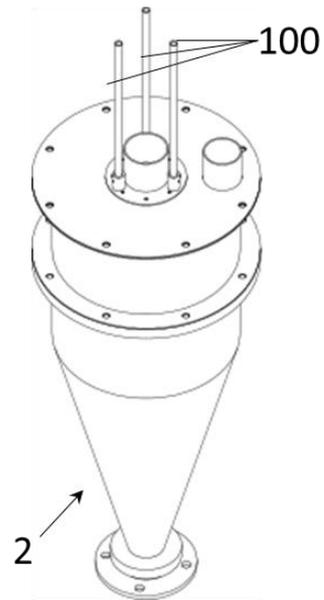


FIG. 2D

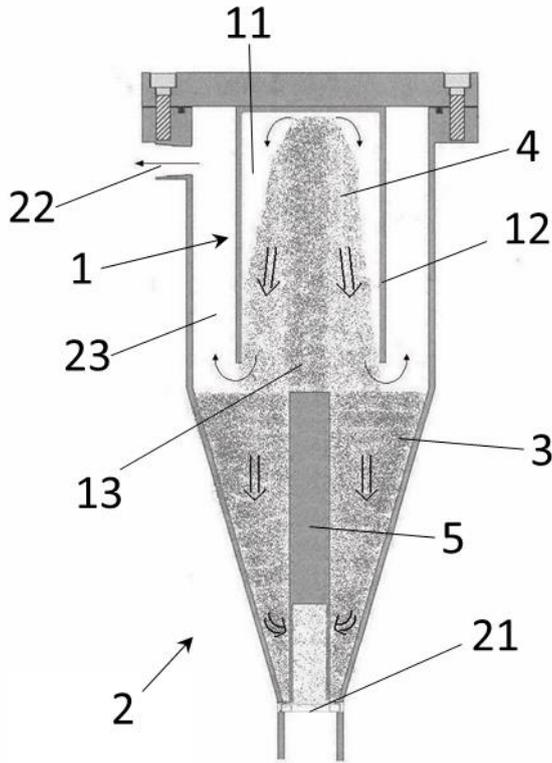


FIG. 3

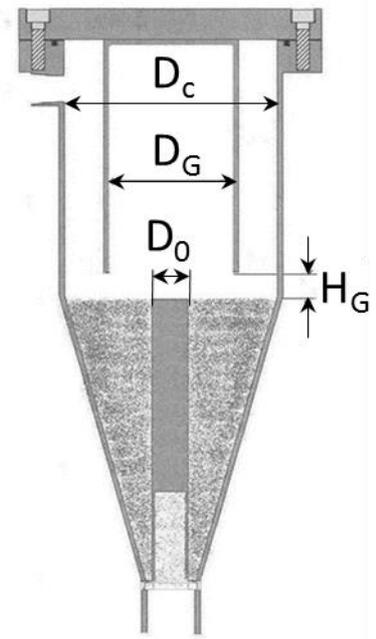


FIG. 4

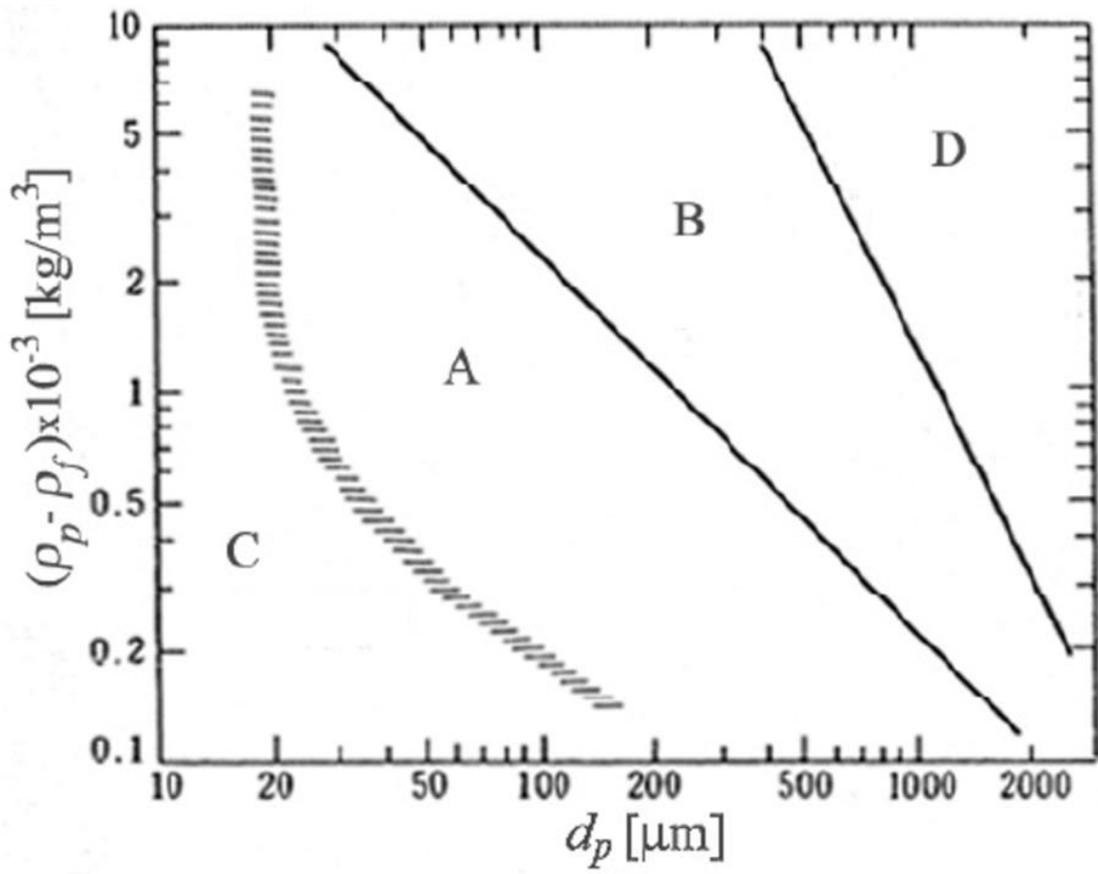


FIG. 5



- ②① N.º solicitud: 201730388
②② Fecha de presentación de la solicitud: 21.03.2017
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **B01J8/24** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2011230628 A1 (OGAWA HIROYUKI et al.) 22/09/2011, párrafos [0046 - 0048]; figura 1, párrafos [0051 - 0052]; párrafos [0124 - 0125];	1 -11
A	US 2005217989 A1 (HRADIL GEORGE) 06/10/2005, Todo el documento	1-15
A	WO 2004007805 A2 (DE NORA ELETTRODI SPA et al.) 22/01/2004, Todo el documento	1-15

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

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

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

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

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

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
30.04.2018

Examinador
C. Alonso de Noriega Muñiz

Página
1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B01J

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 30.04.2018

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 3 -10, 12-15	SI
	Reivindicaciones 1, 2 y 11	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 12-15	SI
	Reivindicaciones 1-11	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2011230628 A1 (OGAWA HIROYUKI et al.)	22.09.2011
D02	US 2005217989 A1 (HRADIL GEORGE)	06.10.2005
D03	WO 2004007805 A2 (DE NORA ELETTRODI SPA et al.)	22.01.2004

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La solicitud se refiere a un confinador de fuente para contactor de lecho en surtidor.

El documento D01, US2011230628 considerado el estado de la técnica más cercano al objeto técnico de la invención y al que pertenecen las referencias numéricas entre paréntesis siguientes, divulga (ver párrafos [0046] a [0048] y figura 1) un confinador (22) de fuente (8a) para contactor (10A) de lecho (8) en surtidor donde el contactor (10A) tiene:

- un lecho (8b) de partículas;
- una entrada (40) de gas para tratamiento de las partículas;
- una salida (70) de gas después del tratamiento de las partículas;
- una cámara de contacto (25b) configurada para permitir un contacto entre el gas y las partículas;

en el que el confinador (22) comprende:

- una pared perimetral (22b, 22c) configurada para conformar una cavidad interna a la cámara de contacto (25b), que tiene (*dicha cavidad*) una abertura enfrentada a la entrada (40) y al lecho (8), configurada para conducir una entrada y salida de gas y partículas a través de la abertura (no referenciada) siendo:
 - la entrada de gas y partículas a la cavidad en sentido ascendente;
 - la salida de gas y partículas de la cavidad en sentido descendente;
 - la abertura la única vía de acceso tanto de entrada como de salida a la cavidad.
 - la abertura está situada a una distancia por encima del lecho

El confinador (22) (ver párrafos [0051 y 0052] y figura 1) está dispuesto en a una distancia por encima del lecho (8) una posición opuesta al orificio, de entrada de gas en el mismo, y sirve para reducir la dispersión de las partículas y mantenerlas en la zona de reacción (25b). Con el fin de aumentar la estabilización del lecho(8), (ver párrafos [0124] y [0125]) el confinador (22), que está cerrado en su parte superior, dispone de una faldón o porción cilíndrica inferior (22c) que se extiende hacia el lecho (8).

1.- NOVEDAD Y ACTIVIDAD INVENTIVA (ART 6.1 Y 8.1 LEY 24/15)**1.1.- Reivindicaciones 1, 2 y 11**

Se deduce de lo anterior que las características de las reivindicaciones R1, R2 y R11, ya son conocidas del documento D01. Por lo tanto esas reivindicaciones no son nuevas a la vista del estado de la técnica conocido. **6.1 Ley 24/15 de patentes.**

1.2.- Reivindicaciones 3 a 5

El objeto de estas reivindicaciones consiste en limitar las dimensiones relativas entre la distancia del confinador al lecho y el diámetro de la entrada de gas. Estas reivindicaciones se consideran son opciones constructivas o de diseño, que según se explica en la memoria, pretenden reducir la dispersión o escape de las partículas. El problema de la dispersión de las partículas se describe también en el documento D01, esto es, se trata de un problema conocido, y sería obvio para cualquier experto en la materia saber que cuanto mayor sea la distancia del confinador al lecho, mayor será la dispersión, por lo que se considera que cualquier experto en la materia optará con un diseño que incluya unas distancias acordes con el fin de estabilizar el lecho en la zona de reacción. Adicionalmente, si bien no consta en D01 que las figuras adjuntas estén dibujadas a escala, en la figura 1 de D01 se aprecia una relación de dimensiones que estaría dentro de los límites definidos en las reivindicaciones R3 a R5.

Del análisis anterior cabe concluir que el contenido de estas reivindicaciones no implica actividad inventiva con respecto al estado de la técnica según el **artículo 8.1 de la Ley de Patentes 24/15**.

1.3.- Reivindicaciones 6 a 10

Las reivindicaciones R6 y R7 se refieren a la forma geométrica del confinador que será tubular/cilíndrica respectivamente. La diferencia con el confinador descrito en D01 es que este es de forma cónica provista de un faldón o extensión de forma cilíndrica en la parte inferior (ver párrafos [0124] y [0125])

El efecto técnico de la configuración de la presente invención es un aumento del volumen de confinación para una misma altura del confinador. Efecto que resolvería el problema técnico de un espacio de reacción insuficiente.

No obstante, esta diferencia de volumetría no es lo suficientemente importante como para no poder compensarse modificando levemente las otras dimensiones del confinador, como por ejemplo, la altura total y/o parcial del faldón 22c, y el diámetro. Por otro lado, se pierde el efecto técnico que produce la conicidad del confinador del documento D02 y que consiste en reducir la adherencia de partículas en el techo del mismo. Se considera, por la tanto, que la diferencia de diseño carece actividad inventiva según el mencionado artículo de la ley.

Adicionalmente, las características dimensionales contenidas en las reivindicaciones R8 a R10 se consideran meras opciones de diseño. Respetando siempre el principio de funcionamiento según el cual confinador es un elemento envolvente de la fuente y que por tanto el confinador debe tener un diámetro superior al de la fuente, las distintas características de cada instalación concreta aconsejaran distintos opciones óptimas de diseño de tal modo que consideramos que el contenido de estas reivindicaciones carecen de actividad inventiva.

1.4.- Reivindicación 12 a 15

A diferencia del documento D01, la reivindicación R12 incluye un confinador que se puede desplazar verticalmente. Este desplazamiento permite una regulación de la distancia entre el lecho y el confinador que permite encontrar el punto óptimo de funcionamiento para cada proceso, partiendo de una misma instalación inicial.

No se ha encontrado en el estado de la técnica ningún confinador desplazable ni indicaciones que conduzcan a un experto en la materia a resolver la eficiencia del funcionamiento de la manera reivindicada en R12. Por lo tanto se considera que dicha reivindicación es nueva y tiene actividad inventiva de acuerdo con lo establecido en el **art. 6 y 8 LP**.

En consecuencia, el contenido de las reivindicaciones 13 a 15 se consideran también nuevo e inventivo en el caso y en la medida de que dependan de la reivindicación R12.

2.- CONCLUSIÓN Art. 4.1 de la Ley de Patentes 24/15

En conclusión, se considera que la invención según se define en las reivindicaciones R1 a R11 no cumplen los requisitos de patentabilidad establecidos en el **art. 4.1 de la Ley de Patentes 24/15**. Por el contrario, se considera que las reivindicaciones R12 a R15 satisfacen dichos requisitos de patentabilidad.

Al presentar las reivindicaciones modificadas, el solicitante debe presentar al mismo tiempo la descripción en conformidad con las reivindicaciones modificadas. Se debe tener cuidado durante la revisión, especialmente de la parte introductoria y de cualquier declaración de problema o ventaja, para no agregar materia con respecto a la solicitud tal como fue presentada.