



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 281 790**

51 Int. Cl.:
F28D 21/00 (2006.01)
F28F 21/04 (2006.01)
F28F 9/02 (2006.01)
F28F 7/02 (2006.01)
F28F 27/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04722480 .3**
86 Fecha de presentación : **22.03.2004**
87 Número de publicación de la solicitud: **1627198**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **22.02.2006**

54 Título: **Método y equipo para hacer entrar dos fluidos en los canales de una estructura monolítica multicanal, o para hacerlos salir de ellos, y su uso.**

30 Prioridad: **11.04.2003 NO 20031710**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.10.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.10.2007

73 Titular/es: **NORSK HYDRO ASA**
0240 Oslo, NO

72 Inventor/es: **Bruun, Tor y**
Werswick, Björn

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 281 790 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

Método y equipo para hacer entrar dos fluidos en los canales de una estructura monolítica multicanal, o para hacerlos salir de ellos, y su uso.

La presente invención se refiere a un método y un equipo para hacer entrar dos fluidos en los canales de una estructura monolítica multicanal (monolito), o para hacerlos salir de ellos, en la que las aberturas de los canales están distribuidas en toda la superficie de la sección transversal de dicha estructura.

La presente invención es aplicable a procesos de transferencia de masa y/o transmisión de calor entre dos fluidos.

Los dos fluidos serán, normalmente, dos gases con propiedades químicas y/o físicas diferentes. Pero la presente invención es aplicable, también, cuando un fluido sea un gas y el otro un líquido. Pueden tenerse, incluso, sistemas en los que uno o ambos fluidos sean una mezcla de gas y líquido. Esta mezcla de gas y líquido puede consistir en un flujo de una fase continua u homogénea o en un flujo de dos fases distintas (régimen multifase). En la descripción que sigue los dos fluidos se denominan fluido 1 y fluido 2.

Una particularidad característica de las estructuras monolíticas con múltiples canales (monolitos) es que consisten en un cuerpo con un gran número de canales internos longitudinales y paralelos. El monolito completo, con todos sus canales, puede hacerse en una operación, y la técnica de fabricación usada es, normalmente, extrusión.

Al usar tecnología de extrusión para la fabricación de una estructura monolítica, se tienen grandes posibilidades de influir en la configuración geométrica de los canales. La extrusión como método de fabricación significa que toda la estructura monolítica puede hacerse en una operación. La superficie de la sección transversal de los canales puede diferir en configuración y tamaño o puede hacerse uniforme en tamaño y configuración, lo que es más común, por ejemplo, triangular, cuadrada o hexagonal. Pero son concebibles, también, combinaciones de distintas configuraciones geométricas. La configuración geométrica, junto con la anchura o superficie de la abertura de los canales, será significativa para la resistencia mecánica y la superficie disponible por unidad de volumen.

La anchura de las aberturas de los canales es típicamente, del orden de 1 a 6 mm, y el grosor de las paredes es, normalmente, de 0,1 a 1 mm. Una estructura monolítica multicanal con una anchura de abertura de los canales que corresponda a los tamaños más pequeños indicados ofrece una gran superficie por unidad de volumen. Los valores típicos de dicha superficie por unidad de volumen se encuentran en el margen de 250 a 1000 m²/m³. Otra ventaja de los monolitos consiste en que los canales rectos ofrecen poca resistencia al flujo del fluido. Los monolitos se hacen, normalmente, de materiales cerámicos o metálicos que soporten temperaturas elevadas. Ello los hace robustos y aplicables, particularmente, a procesos con temperaturas elevadas.

En contextos industriales o comerciales, los monolitos se usan, principalmente, cuando sólo un fluido fluya por todos los canales en el monolito. Las paredes de los canales del monolito pueden estar revestidas con un catalizador que provoque una reacción química en el fluido que pase por ellas. Un ejemplo lo constituyen las estructuras monolíticas de sistemas

de escape de vehículos. Los gases de escape calientan las paredes del monolito a una temperatura que hace que el catalizador active la oxidación de componentes no deseables en el gas de escape.

Las estructuras monolíticas se usan, también, para transmitir calor de gases de combustión o gases de escape al aire de aporte destinado a procesos de combustión. Un método hace uso de dos gases, por ejemplo, un gas caliente y otro frío, que fluyen, alternativamente, por el monolito. Merced a un método de este tipo, por ejemplo, el gas de escape puede calentar la estructura monolítica y, subsiguientemente, transmitir calor al aire frío. Pero tales procesos de intercambio de calor regenerativos con ciclos en los que hay alternancia entre dos fluidos (uno caliente y otro frío) en la misma estructura no son adecuados cuando la mezcla de los dos fluidos no sea deseable o cuando se requiera transmisión de calor y/o transferencia de masa estables y continuas.

El uso industrial de monolitos se limita, principalmente, a aplicaciones en las que sólo un fluido fluya por todos los canales al mismo tiempo.

En la literatura se describen distintos procesos o aplicaciones en los que pueden usarse monolitos para transmitir calor y/o transferir masa, ventajosamente, entre dos flujos de fluidos diferentes. Se han realizado, también, pruebas experimentales a pequeña escala de tales procesos. Un ejemplo consiste en la generación de gas de síntesis (CO y H₂). El gas de síntesis se obtiene, normalmente, usando reformado de metano mediante vapor. Se trata de una reacción endotérmica en la que el metano y el vapor reaccionan para formar gas de síntesis. Un proceso de este tipo puede ser llevado a cabo mediante un monolito en el que una reacción exotérmica en canales adyacentes proporcione calor al reformado de metano con vapor.

Aunque se ha indicado que es ventajoso usar monolitos para el intercambio de masa y/o calor entre dos fluidos en diversas aplicaciones, el uso industrial de monolitos para tales aplicaciones no está muy generalizado. Uno de los puntos más importantes de queja o una de las razones por las que no se usan monolitos en este campo consiste en que la tecnología de la técnica anterior para hacer entrar los dos fluidos en los canales separados de los monolitos, o para hacerlos salir de ellos, es complicada y no muy adecuada para aumentos de escala (es decir, la interconexión de varias unidades de monolitos), particularmente cuando se tiene en cuenta el gran número de canales en un monolito.

La patente alemana DE 196 53 989 describe un dispositivo y un método para introducir dos fluidos en los canales de un monolito a través de conductos de alimentación. Estos conductos o tubos alimentan los dos fluidos a los canales respectivos del monolito a partir de las cámaras de sobrepresión de los fluidos respectivos. Las cámaras de sobrepresión se montan conjuntamente de tal manera que tubos de la cámara exterior sean hechos pasar por la cámara interior y, subsiguientemente, sean introducidos en los canales del monolito. Cada tubo individual tiene que preverse de manera estanca con el fin de evitar escapes en los canales del monolito y en los pasos de las paredes de las cámaras de sobrepresión. Cuando se calientan, el monolito, las paredes de sobrepresión, los conductos y el material de estanqueidad se dilatan, y, cuando se enfrían, se contraen. Ello aumenta la probabilidad de formación de grietas y escapes no deseables, con

la consiguiente mezcla de los dos fluidos. Esta probabilidad aumentará con el número de pasos para los tubos.

En el documento DE 196 53 989, se refrigeran las zonas de entrada y salida con los conductos, previstos en relación estanca, de manera que tiene que usarse un material de estanqueidad que soporte temperaturas bajas y que sea flexible, con el fin de reducir el riesgo de formación de grietas y escapes. Naturalmente, un sistema de refrigeración hará la estructura monolítica más cara y más complicada, particularmente para aplicaciones a gran escala en las que el monolito consista en muchos miles de canales y en las que sea necesario, además, usar muchas estructuras monolíticas en serie y/o en paralelo para conseguir una superficie suficiente.

La patente norteamericana 4271110 describe otro método para hacer entrar y salir dos fluidos. Este método presenta la ventaja de que puede prescindirse completamente de alimentaciones, a partir de la cámara de sobrepresión, mediante conductos que penetren en los canales de los fluidos respectivos en la estructura monolítica. Esto se consigue formando huecos por corte debajo de los extremos del monolito. Estos cortes o huecos permiten hacer entrar uno de los fluidos en los canales, o hacerlo salir de ellos. Por tanto, los huecos formados por corte cumplen la función de cámara de sobrepresión para la fila de canales que el hueco atraviese. Al cerrar la abertura del hueco que mira al extremo del monolito, se crean aberturas en la pared lateral del monolito por las que uno de los fluidos pueda entrar o salir. El otro fluido, entonces, entrará, por el extremo corto del monolito, en los canales abiertos restantes o saldrá de ellos por dicho extremo corto del monolito. Una desventaja importante de este método, aparte del tratamiento necesario (corte y estanqueidad) de la propia estructura monolítica, consiste en que sólo puede utilizarse la mitad de la superficie disponible para el intercambio de masa y/o calor. Por ejemplo, canales cuadrados para un fluido y el otro fluido en filas conectadas, de modo que la estructura de los canales para los dos fluidos corresponda a un intercambiador de calor de placas. Si los canales para los dos fluidos se distribuyesen con un patrón de tablero de ajedrez, en el que los campos negros correspondan a canales para un fluido y los campos blancos correspondan a canales para el otro fluido, podría conseguirse la utilización máxima de la superficie, porque, mediante un patrón de distribución de fluidos de este tipo, todas las paredes de los canales para un fluido serían paredes comunes o compartidas con el otro fluido. Con canales para el mismo fluido en fila, como en la patente norteamericana 4271110, solo la mitad, más o menos, de las paredes de los canales estarán en contacto con las del otro fluido.

El principal objeto de la presente invención consiste en lograr un método y un equipo para alimentar dos fluidos y hacerlos entrar en una estructura monolítica multicanal, o hacerlos salir de ella, merced a los cuales se consiga una superficie de utilización máxima.

Otro objeto de la invención consiste en lograr un método y un reactor mejorados para la transferencia de masa y/o la transmisión de calor entre dos fluidos.

De acuerdo con la invención, el primer objeto se consigue mediante un método por el que un fluido es hecho entrar, a través de una hendidura, en uno o más huecos de una cabeza distribuidora, unida, en relación

estanca, con una cara de dicha estructura de monolito, el otro fluido es hecho entrar en un túnel de dicha cabeza distribuidora y, también, a través de hendiduras en la pared de dicho túnel, en uno o más huecos de dicha cabeza distribuidora, dichos fluidos son hechos entrar, a partir de sus respectivos huecos, en dichos canales, de tal manera que, al menos, la pared de uno los canales sea común para dichos fluidos, dichos fluidos son recibidos, en sus huecos respectivos, en una cabeza distribuidora, unida, en relación estanca, con el lado de dicha estructura opuesto al lado con el que está unida la primera cabeza distribuidora, los fluidos son hechos pasar, entonces, respectivamente, a través de una hendidura, a partir de uno o más huecos, y hendiduras en la pared de un túnel de dicha última cabeza distribuidora mencionada.

De acuerdo con la invención, el primer objeto se consigue merced a una cabeza distribuidora porque dicha cabeza distribuidora comprende, al menos, tres placas divisorias paralelas, unidas entre sí mediante separadores con el fin de formar huecos, con hendiduras entre dichas placas, y tapas de extremo unidas, en paralelo, con dichas placas divisorias, en la que dichas placas divisorias y dichas tapas presentan una abertura que forma un túnel, con hendiduras, a través de dichas placas unidas.

De acuerdo con la invención, el primer objeto se consigue mediante una unidad con una estructura monolítica multicanal en la que las aberturas de los canales están distribuidas en toda la superficie de la sección transversal de dicha estructura, dichos canales tienen paredes comunes y dicha cabeza distribuidora está montada, en relación estanca, en, al menos, una cara de dicha estructura.

De acuerdo con la invención el primer objeto se consigue merced a una pila, porque dicha pila comprende dos o más estructuras monolíticas con múltiples canales, en las que las aberturas de los canales están distribuidas en toda la superficie de la sección transversal de dichas estructuras y dichos canales tienen paredes comunes, al menos una de dichas cabezas distribuidoras, prevista, en relación estanca, en, al menos, una cara de dicha estructura, al menos una placa con agujeros, prevista, en relación estanca, entre dicha cabeza distribuidora y dicha estructura en dicho lado de las aberturas de los canales, y, al menos, una placa conectadora u otro dispositivo de acoplamiento entre unidades.

De acuerdo con la invención el primer objeto se consigue merced a una fila porque dicha fila comprende dichas unidades o pilas acopladas entre sí.

Típicamente, la longitud de la fila es del mismo orden de magnitud que la altura de la pila individual, para su montaje en una envolvente cilíndrica.

De acuerdo con la invención el primer objeto se consigue merced a un bloque, porque dicho bloque comprende filas de dichas unidades o pilas enganchadas y en contacto estrecho entre sí.

El bloque tiene la misma altura que la pila de monolitos individuales, con la misma anchura que la fila y siendo la longitud del bloque proporcional al número de filas.

De acuerdo con la invención, el segundo objeto se consigue merced a un reactor porque una o más de dichas unidades o pilas, o dicha fila de unidades o pilas, o dichos bloques están integrados en dicho reactor.

El recipiente de presión contiene el bloque de monolitos (las estructuras de monolitos agrupadas apre-

tadamente) con espacios huecos, conductos, canales o tubos dentro de la envolvente, para hacer entrar uno o ambos fluidos en las estructuras de monolitos, o hacerlos salir de ellas, y, también, hacerlos entrar en el recipiente de presión o hacerlos salir de él.

De acuerdo con la invención, el segundo objeto se consigue merced al método porque dichos dos fluidos son distribuidos a través de una o más de dichas unidades o pilas, filas de unidades o pilas, o bloques.

Entre la cabeza distribuidora y el monolito hay montadas una o más placas con agujeros para los fluidos, con el fin de garantizar una distribución de flujo uniforme y la conversión del patrón de flujo de fluido en tablero de ajedrez (en el monolito) a un patrón lineal (en la cabeza distribuidora).

La presente invención hace posible conectar dos o más estructuras monolíticas mediante un acoplamiento flexible integrado en la cabeza distribuidora. Si se requiere conectar varias de tales unidades entre sí, es esencial que puedan moverse una respecto a otra, como consecuencia de las dilataciones térmicas diferentes. Varias estructuras monolíticas acopladas entre sí constituyen una fila de monolitos.

Por otro lado, la presente invención hace posible disponer un gran número de estructuras monolíticas dentro de un recipiente de presión sin tener que aumentar el diámetro del recipiente de presión cuando se aumente el número de estructuras monolíticas. De ese modo, la capacidad del sistema puede aumentarse/disminuirse, simplemente, modificando el número de filas o el número de estructuras de monolitos y ajustando la longitud del recipiente de presión.

La presente invención hace posible, también, permitir que un fluido pueda ser mantenido en un sistema tubular cerrado, por ejemplo, un conducto, y que el otro fluido pueda penetrar en espacios huecos, o salir de ellos, dentro de un recipiente de presión.

En caso de usar la presente invención, no es necesario prever cortes como los descritos en el documento US 4271110, ni alimentaciones de conductos, como se describe en el documento DE 19653989 C2.

Los fluidos 1 y 2 son hechos entrar, respectivamente, en dichos canales para el fluido 1 y dichos canales para el fluido 2. El fluido 1 y el fluido 2 son distribuidos en el monolito de tal manera que haya paredes comunes que los separen. Entonces, las paredes comunes a los dos fluidos constituirán una superficie de contacto entre los dos fluidos que puede usarse para la transferencia de masa y/o la transmisión de calor. Ello significa que los fluidos tienen que ser hechos entrar en canales cuyas aberturas estén distribuidas en toda la superficie de la sección transversal del monolito. La presente invención hace posible utilizar toda la superficie de contacto de todas las paredes de los canales del monolito, directamente, para la transferencia de masa y/o la transmisión de calor entre el fluido 1 y el fluido 2. Ello significa que el canal para un fluido tendrá siempre el otro fluido al otro lado de sus paredes, es decir, todos los canales adyacentes o próximos al fluido 1 contienen el fluido 2, y viceversa. La presente invención es aplicable, en particular, a la intensificación de procesos, porque pueden utilizarse estructuras monolíticas con aberturas de canales con superficie de sección transversal pequeña (por ejemplo, aberturas de canales con anchura de entre 1 y 6 mm) y paredes delgadas. Los canales con superficie de sección transversal pequeña y paredes delgadas ofrecen una gran superficie por unidad de volumen, y,

por tanto, un dispositivo muy compacto y que consume poca energía para la transmisión de calor y/o la transferencia de masa.

En la presente invención la pared de la superficie de contacto en el monolito puede ser una membrana susceptible de transportar uno o más componentes, selectivamente, entre los dos fluidos. Además, la presente invención puede ser utilizada, también, con sistemas de flujo de dos fases en los que se transporte gas y líquido dentro del mismo canal (en este caso, fluido 1) y se produzca transferencia de masa interna (absorción o desorción) entre las dos fases (gas y líquido), mientras que, simultáneamente, se calientan o enfrían mediante el fluido 2 a través de la pared de la superficie de contacto.

La pared entre los dos fluidos diferentes puede consistir, también, en componentes de superficie activa por uno o ambos lados. Tales componentes de superficie activa o catalizadores se usan cuando estén implicadas una o más reacciones químicas. Con frecuencia, las reacciones químicas generan o consumen calor (reacciones exotérmicas y endotérmicas). Con el fin de optimizar tales sistemas de reacciones tiene gran importancia el control de la temperatura.

La presente invención ofrece a los usuarios la libertad de usar todo tipo de configuraciones y tamaños, y la oportunidad de utilizar la superficie máxima disponible para el intercambio de calor y/o masa. El método descrito en el documento US 4271110 requiere que todos los canales con el mismo fluido compartan, al menos, una pared, de modo que cuando la pared compartida se retire o elimine por mecanización, se cree un hueco de conexión que constituya una cámara de sobrepresión común para el fluido. El hecho de que dos canales contiguos con el mismo fluido tengan que tener, al menos, una pared de canal común significa que la superficie disponible para el intercambio de calor y/o masa se reduce. En el documento DE 19653989 C2 se usan conductos que alimentan, a partir de las cámaras de sobrepresión de los fluidos respectivos, a los canales de los monolitos, que pueden estar distribuidos de tal manera que pueda utilizarse la superficie máxima disponible, es decir, los fluidos son alimentados y distribuidos de tal manera que un fluido siempre comparta o tenga las paredes de los canales en común con el otro fluido. Los dos fluidos son distribuidos en los canales con un patrón de tablero de ajedrez. Ello permite una utilización máxima de la superficie disponible para el intercambio de masa y/o calor.

La presente invención consiste en un método y un equipo para alimentar y distribuir dos fluidos diferentes que permiten, de manera eficaz, hacerlos entrar en sus canales respectivos, en una estructura monolítica multicanal, o hacerlos salir de ellos. Es necesario que las aberturas de los canales para los dos fluidos estén distribuidas o repartidas uniformemente en toda la superficie de la sección transversal del monolito y que los canales tengan paredes comunes. El equipo, de manera eficaz y simple, recibirá el mismo tipo de fluido, por ejemplo, fluido 1, a partir de todos los canales que contengan este fluido, a través de una entrada, o lo enviará, a través de una salida, a dichos canales, de modo que el fluido 1 pueda mantenerse separado del fluido 2, y viceversa.

Además, el menor número posible de partes o componentes, el menor tratamiento y la menor adaptación posibles de estas partes o componentes y del

monolito serán ventajosos en lo que se refiere a la robustez, la complejidad y el coste. En principio, es correcto afirmar que cuanto menor sea el número de componentes o partes individuales, mayor será la ventaja conseguida. Ello contribuye a simplificar la estanqueidad entre los dos fluidos que tengan que ser hechos entrar en los canales del monolito o hechos salir de ellos. La posibilidad de fabricación paralela de cabezas distribuidoras, placas de agujeros y estructuras de los monolitos reducirá el tiempo de tratamiento. El premontaje de estos componentes para formar una unidad de monolito, una pila de monolitos, una fila de unidades o pilas, o un bloque de monolitos, será, además, muy ventajoso para su instalación dentro de un recipiente de presión.

Además, puede ser favorable conseguir la superficie de contacto mayor posible en un monolito para una anchura de abertura de canal determinada. Esto será particularmente ventajoso si la estructura monolítica o las paredes de los canales se usan a modo de membrana, por ejemplo, una membrana de transporte de hidrógeno u oxígeno.

Para conseguir la mayor capacidad de transporte posible del componente del fluido relevante por unidad de volumen de la estructura monolítica, será importante disponer de la mayor superficie de contacto posible por unidad de volumen. Por tanto, es deseable que el fluido que fluya por un canal tenga el otro fluido en todas las paredes laterales que formen el canal. Al usar canales con sección transversal cuadrada, por ejemplo, los dos fluidos tienen que fluir por el monolito con un patrón de canales a modo de tablero de ajedrez, es decir, un fluido por los canales "blancos" y el otro fluido por los canales "negros". Además de ser muy significativa para la transferencia de masa entre dos fluidos, la superficie de contacto directo mayor posible será importante, también, para la eficacia de la transmisión de calor.

Cuanto más pequeñas sean las aberturas de los canales, mayor será la superficie específica en el monolito. Por tanto, para conseguir soluciones compactas será deseable que los canales sean tan pequeños como resulte posible en la práctica.

En las caras del monolito en las que los canales de monolito tengan sus entradas y salidas, hay una cabeza distribuidora prevista, en relación estanca, sobre las aberturas de los canales del monolito. Para algunas aplicaciones, puede ser necesario cerrar sólo una cara del monolito mediante una cabeza distribuidora. La cabeza distribuidora comprende placas divisorias previstas a una distancia apropiada al tamaño de las aberturas de los canales del monolito. La distancia o el espacio entre las placas recibe fluido a partir de las aberturas de los canales que se encuentren en la misma fila (es decir, el mismo fluido) en el monolito. Este espacio se denomina hueco de sobrepresión. En una aplicación, estas placas divisorias tienen un agujero (por ejemplo, un agujero circular) de modo que uno de los fluidos pueda ser hecho salir del espacio tubular formado por dichas placas divisorias, o ser hecho entrar en él. Este espacio tubular puede conectarse con un tubo o conducto. Así, si los monolitos están previstos dentro de un recipiente de presión, uno de los fluidos puede ser mantenido en un sistema de conductos cerrado conectado con el espacio tubular de la cabeza distribuidora, y puede permitirse que el otro fluido fluya en el espacio abierto interno del recipiente, y/o a través de conductos de guía, hacia las aberturas de

entrada y salida de la cabeza distribuidora de dicho recipiente. Mediante un sistema de este tipo se evita una conexión directa (estanca) con el monolito para uno de los fluidos.

Preferiblemente, las filas de aberturas de los canales se extienden transversalmente en todo el extremo corto del monolito y comprenden la entrada o la salida del mismo fluido. Estas filas de aberturas de canales con el mismo fluido se mantienen separadas, mediante las placas divisorias herméticas, en la cabeza distribuidora. Los dos fluidos, entonces, serán recibidos en sus respectivos huecos de sobrepresión. Mediante filas de aberturas de canales para el mismo fluido, el hueco de sobrepresión para un fluido tendrá el hueco de sobrepresión para el otro fluido al otro lado de la placa divisora. En un monolito con canales cuadrados en los que esté previsto, en filas, el mismo fluido, las placas divisorias tendrán que estar unidas, en relación estanca, con las paredes de los canales del monolito. En lugar de unir directamente las placas divisorias con las paredes de los canales del monolito, alternativamente, puede unirse, primero, una placa con la cara corta del monolito. Dicha placa consiste en una placa con agujeros (placa agujereada) en los que desembocan las aberturas de los canales del monolito, es decir, de manera que fluido de los distintos canales que contengan el mismo fluido pueda ser hecho salir a través de los agujeros de dicha placa y hecho entrar en los huecos de sobrepresión. Ello significa que las placas divisorias de la cabeza distribuidora tienen que unirse, en relación estanca, con la placa agujereada entre las filas de agujeros, en lugar de, directamente, con las paredes de los canales del monolito que separan los dos fluidos.

Merced a la aplicación, en relación estanca, en una o ambas caras del monolito, de una placa agujereada con aberturas destinadas a los fluidos 1 y 2, puede usarse la cabeza distribuidora descrita cuando los canales para los fluidos 1 y 2 estén distribuidos con un patrón de tablero de ajedrez en el monolito. Ello representa un método y un equipo para hacer entrar y salir dos fluidos distintos que permiten una utilización máxima de la superficie del monolito. Los fluidos serán hechos pasar de un patrón de distribución a modo de tablero de ajedrez en el monolito a filas de agujeros en la placa aplicada, de manera estanca, con el monolito. Además, los fluidos 1 y 2 serán hechos salir, a través de dichas filas de agujeros, de los canales del monolito, o hechos entrar en él, distribuyéndose los fluidos 1 y 2 con un patrón a modo de tablero de ajedrez, con un fluido en los canales "negros" y el otro fluido en los canales "blancos". La placa de agujeros permite que fluido distribuido con un patrón de tablero de ajedrez sea alimentado a huecos de sobrepresión, formados mediante placas divisorias, que permiten separar los fluidos 1 y 2 entre sí. Los agujeros de las placas tienen que tener una superficie de abertura ligeramente menor que las aberturas de los canales con las que están aplicadas en relación estanca. Además de una superficie de salida reducida en relación con la superficie de los canales, las aberturas en la placa aplicada, en relación estanca, con la estructura de canales del monolito, y con las placas divisorias de la cabeza distribuidora, tienen que estar previstas y posicionadas, también, de modo que la distancia entre los agujeros que conducen a los canales para los dos fluidos, o fuera de ellos, sea tal que puedan posicionarse las placas divisorias entre las filas de agujeros

con entradas y/o salidas para el mismo fluido. Usando el ejemplo de aberturas de canales cuadrados mediante los que los dos fluidos se distribuyen con un patrón de tablero de ajedrez, las placas divisorias entre los dos fluidos seguirán una línea recta entre las filas de agujeros con el mismo fluido.

Resulta posible, ahora, hacer entrar dos fluidos en los canales de una estructura monolítica a partir de huecos de sobrepresión separados, o viceversa, cuando las aberturas de los canales estén previstas con un patrón de tablero de ajedrez. Con el fin de poder mantener los dos fluidos separados cuando entren en los huecos de sobrepresión de la cabeza distribuidora, o cuando salgan de ellos, un fluido puede alimentarse a través de aberturas en los huecos de sobrepresión en un borde lateral de la cabeza distribuidora, y, análogamente, todos los huecos de sobrepresión para el otro fluido pueden desembocar en el borde lateral de la cabeza distribuidora opuesto al del primer fluido. Alternativamente, uno de los fluidos puede ser hecho entrar, desde los huecos de sobrepresión, en un espacio tubular de las placas divisorias, o viceversa, estando dicho espacio tubular, a su vez, conectado o acoplado con un conducto o una conexión o unión circular con la cabeza distribuidora contigua de una pila monolítica. Un acoplamiento o una unión de este tipo entre cabezas distribuidoras hace posible alojar o prever varias unidades o pilas monolíticas en filas. Entonces, una fila de esta clase, a su vez, puede engancharse con una fila adyacente. Por tanto, las unidades de monolito pueden preverse próximas entre sí, permitiendo soluciones compactas de múltiples pilas monolíticas para formar un bloque o alma de monolitos dentro de un recipiente de presión.

En un sistema en el que no haya una única placa de agujeros para hacer entrar el fluido, a partir de cada canal, a través de los agujeros de dicha placa, y, directamente, en los huecos de sobrepresión de la cabeza distribuidora (el espacio entre las placas divisorias de la cabeza distribuidora), sino un sistema de dos o más placas, la distancia entre las placas divisorias en la cabeza distribuidora puede hacerse mucho mayor que las aberturas de los canales en el monolito, y, por tanto, no limitada por la superficie de la sección transversal (anchura) de los canales del monolito.

Ello se hace introduciendo el fluido de un canal en el flujo del canal contiguo mediante canales o embudos creados dentro del sistema de placas de agujeros, entre el monolito y la cabeza distribuidora. Entonces, el fluido de uno o más canales contiguos en el monolito tiene que ser hecho salir a través una salida común con destino a los huecos de sobrepresión de la cabeza distribuidora. Estas salidas/entradas comunes están previstas en un sistema de modo que las salidas de un fluido estén agrupadas, y, consiguientemente, las salidas del otro fluido estén, también, agrupadas. Estos conjuntos de salidas para el mismo fluido se agrupan de modo que puedan crear un patrón que haga posible que las placas divisorias en la cabeza distribuidora se encuentren a mucha mayor distancia una de otra que si las placas estuvieran unidas directamente con la cabeza distribuidora, en cuyo caso la anchura de las aberturas de los canales individuales en el monolito determinaría la distancia.

La transferencia de calor más eficaz por unidad de volumen de estructura monolítica se consigue mediante canales pequeños y distribución de fluido con patrón de tablero de ajedrez. De ese modo puede uti-

lizarse casi el 100% de la superficie disponible en el monolito. Cuanto más pequeños sean los canales, mayor será la superficie específica por unidad de volumen.

Pero una pequeña anchura de la abertura de los canales, hará, también, más complicado hacer entrar los fluidos, a partir de la cabeza distribuidora, en los canales del monolito, o hacerlos salir de éstos hacia la cabeza distribuidora. Un sistema de placas agujereadas como se ha descrito en lo que antecede simplificará la entrada de fluido en los pequeños canales, y la salida de ellos, y permitirá mantener la distribución de fluido con un patrón de tablero de ajedrez.

En lo que sigue se describe un sistema para hacer entrar dos fluidos diferentes en estructuras monolíticas, y hacerlos salir de ellas, sin el uso de una cabeza distribuidora. El método se basa en que los canales con el mismo fluido estén previstos en filas en las que compartan paredes comunes. De manera similar a lo descrita en el documento US 4271110, estas paredes comunes pueden recortarse a cierta profundidad del monolito y, subsiguientemente, cerrarse herméticamente en el extremo, con el fin de crear aberturas en las paredes laterales del monolito por las que uno de los fluidos pueda ser hecho entrar o salir.

Pero, a diferencia del método descrito en la patente norteamericana 4271110, este método se basa en canales de fluido en filas que no sólo se extiendan en paralelo a las paredes laterales, en una dirección, sino con un patrón de filas en dos direcciones (perpendiculares entre sí). Ello significa que los cortes se hacen en estas filas que se cortan, y una vez cerradas (como se describe en lo que antecede), el resultado serán aberturas en las cuatro paredes laterales del monolito y no sólo en las dos paredes laterales, que es el caso cuando las filas se extienden en paralelo solamente en una dirección. Ello proporciona más flexibilidad para hacer entrar los fluidos en el monolito o para hacerlos salir de ellos. Será posible, entonces, prever unidades repetidas de 3x3 canales de fluido con un fluido en los canales de los rincones y el otro fluido en las dos filas que se corten centralmente (la cruz). De modo similar, será posible prever una unidad de repetición de 4x4 canales en la que las filas conectadas que se corten centralmente formen una cruz. Entonces, los otros seis canales se posicionan, también, uno en cada rincón (la parte superior de la cruz) y dos en los bordes exteriores correspondientes, a cada lado de la parte inferior de la cruz.

La presente invención hace posible, de manera simple y eficaz, alimentar y distribuir dos fluidos diferentes de manera que sean hechos entrar en los canales individuales, o sean hechos salir de ellos, en una estructura monolítica multicanal. Ello se realiza por medio de una cabeza distribuidora unida, en relación estanca, con la cara corta o las caras del monolito en las que se encuentren las aberturas de los canales. El método se basa en utilizar el sistema en un monolito, en el que las aberturas de los canales que alimenten el mismo fluido se encuentren en filas, cuando los dos fluidos sean distribuidos uniformemente. Las filas de aberturas de los canales con el mismo fluido conducen a huecos de sobrepresión en la cabeza distribuidora. Los huecos de sobrepresión, también, pueden estar previstos con aberturas, de modo que los dos fluidos diferentes puedan ser hechos salir por cada lado de la cabeza distribuidora. Ello significa que puede haber flujos de fluidos separados a partir de los cana-

les individuales del monolito en dirección a huecos de sobrepresión separados (es decir, los espacios formados entre dos placas divisorias), o viceversa. Ello quiere decir que no es necesario usar conductos para hacer entrar los dos fluidos en el monolito, o hacerlos salir de él, ni hacer cortes ni formar huecos en el propio monolito. Además, será posible apilar varios monolitos en paralelo, es decir, superficie lateral contra superficie lateral, y, por tanto, alimentar los fluidos a partir de un recipiente externo, o alimentar un recipiente externo con los fluidos, a través de canales formados por paredes inclinadas en las cabezas distribuidoras. Los huecos de sobrepresión, también, pueden estar dotados de hendiduras de modo que uno de los fluidos pueda ser alimentado haciéndolo entrar o salir por la parte superior o por uno o ambos lados de la cabeza distribuidora, mientras que el otro fluido puede ser alimentado haciéndolo salir, a partir de huecos de sobrepresión, a través de hendiduras, para su introducción en un espacio tubular en la cabeza distribuidora, o viceversa. Ello significa que pueden tenerse flujos de fluido separados que entren en los canales individuales en el monolito a partir de huecos de sobrepresión separados (es decir, los espacios formados entre placas divisorias), o viceversa, conduciendo los huecos de sobrepresión para uno de los fluidos a un espacio tubular conectado, a su vez, con un tubo o una conexión circular de conductos.

Por otro lado, la presente invención hará posible, del mismo modo descrito en lo que antecede mediante las cabezas distribuidoras indicadas, hacer entrar dos fluidos en un monolito multicanal, o hacerlos salir de él, merced a canales con un patrón de tablero de ajedrez, a saber, con un fluido en los canales "negros" y el otro fluido en los canales "blancos".

Si la cabeza distribuidora está conectada directamente con el monolito, la distancia entre las placas divisorias en la cabeza del monolito tendrá que ser inferior a la abertura de los canales en el monolito. Por tanto, el límite inferior de la distancia entre las placas divisorias determinará lo pequeñas que puedan ser las aberturas de los canales en el monolito. Un sistema de placas de agujeros entre el monolito y la cabeza distribuidora hará posible hacer entrar los fluidos en los canales del monolito, y hacerlos salir de ellos, teniendo dichos canales un tamaño mucho menor que la distancia entre las placas divisorias de la cabeza distribuidora. Además, este sistema de placas con agujeros hará posible, también, prever los canales de fluido, distribuidos con un patrón de tablero de ajedrez, con un patrón en el que los canales de salida para el mismo fluido se encuentren en una fila.

Además, un sistema de placas de agujeros entre el monolito y la cabeza distribuidora hará posible prever una distancia entre las placas divisorias mayor que las aberturas de los canales en el monolito.

Una distribución de las aberturas de los canales de fluido con un patrón de tablero de ajedrez permite una utilización máxima de la superficie de contacto entre los dos fluidos en el monolito. Una placa que cubra todas las aberturas de los canales se une, en relación estanca, con una cara del monolito y con la cabeza distribuidora. La placa presenta, también, un patrón de agujeros similar al patrón de los canales en el monolito. El patrón de los canales del monolito y el patrón de agujeros en la placa se ajustan de modo que agujeros para el mismo fluido puedan formar filas de agujeros sobre las que estén posicionados los huecos

de sobrepresión.

La presente invención no requiere tratamiento del propio monolito si la rugosidad de la superficie en las caras de aberturas de los canales cumple los requisitos de desviación de tolerancia para la unión, en relación estanca, de la placa agujereada con las caras de abertura de los canales del monolito. En otro caso, la invención podrá usarse si las superficies de monolito se tratan, por ejemplo, se desbastan, de acuerdo con los requisitos de desviación de tolerancia, para unir, en relación estanca, las placas de agujeros con las caras de las aberturas de los canales.

A través de las filas de agujeros para un fluido en la placa, el fluido es hecho entrar en huecos de sobrepresión, o es hecho salir de ellos, en la cabeza distribuidora, y es hecho salir de dicha cabeza distribuidora, o entrar en ella, a través de hendiduras en la misma. Correspondientemente, el otro fluido es hecho entrar en la cabeza distribuidora, o hecho salir de ella, a través de hendiduras en la pared lateral opuesta a la misma o a través de una conexión tubular. Por tanto, los dos fluidos son alimentados, a partir de sus canales respectivos en el monolito, de tal manera que los dos fluidos puedan ser mantenidos separados de modo relativamente fácil.

La presente invención se explica e ilustra con mayor detalle por medio de las figuras 1-18.

Figura 1

La figura 1 muestra dos monolitos con múltiples canales, ambos con células o aberturas de canales cuadradas. El monolito del lado izquierdo tiene las paredes de los canales orientadas paralelamente a las paredes del monolito. El monolito del lado derecho tiene las paredes de los canales orientadas con un ángulo de 45° en relación con las paredes exteriores del monolito. Tales estructuras de monolito, si son de materiales cerámicos, se fabricarán, normalmente, por extrusión. La figura presenta los monolitos, en perspectiva, por una cara que muestra las aberturas de los canales con una vista de despiece que muestra los detalles de los canales. La herramienta de extrusión determina la estructura, la superficie de la sección transversal y la configuración de los canales del monolito. Pueden realizarse configuraciones geométricas de canales distintas. Por ejemplo, todas las secciones transversales de los canales pueden ser triángulos, cuadrados o hexágonos, o una combinación de los mismos. Normalmente, los canales en un monolito serán paralelos y de configuración uniforme a lo largo de toda la dirección longitudinal del monolito. Los monolitos más comunes presentan aberturas de canales cuadradas y las paredes de las aberturas de los canales paralelas a las paredes laterales del monolito. Los monolitos con las paredes de las aberturas de los canales orientadas con un ángulo de 45° en relación con las paredes exteriores son menos usuales. En la presente invención una orientación de esta clase es preferible porque simplifica el patrón de agujeros y reduce el número necesario de placas de agujeros en relación con el monolito con paredes de aberturas de canales paralelas a la paredes exteriores del monolito.

Figura 2

La figura 2 presenta un conjunto de monolito, placas de agujeros y cabeza distribuidora. Típicamente, una pila de monolitos o una unidad de monolito tendrá dos cabezas distribuidoras de este tipo en las dos caras del monolito en las que se encuentren las aberturas de entrada y salida de los canales. Por medio

de las placas de agujeros el sistema de flujo de fluido se transforma de una disposición lineal, en la cabeza distribuidora, a una disposición con patrón a modo de tablero de ajedrez en el monolito, o viceversa. La cabeza distribuidora está constituida por un grupo de placas divisorias (placas A y B de partición) y dos cubiertas de extremo (tipo "A" y tipo "B"). Como puede verse a partir de la figura, el fluido 1 puede entrar en la cabeza distribuidora, o salir de ella, a través de aberturas tubulares dentro de la cabeza distribuidora. En la figura 2 las aberturas tubulares se encuentran en posición central de la cabeza distribuidora, pero, en principio, pueden estar en cualquier posición en la cabeza distribuidora. Además, la configuración de la cabeza distribuidora es flexible, a excepción de la cara que se ajusta en las placas convertidoras o, directamente, en las caras del monolito en las que se encuentren las aberturas de entrada y salida de los canales. La abertura tubular hace posible conectar con una pila de monolitos próxima, con una cabeza distribuidora similar, por medio de una conexión tubular, o conectar una cabeza distribuidora con un conducto colector de varias pilas de monolitos. Así, el fluido 1 puede ser hecho entrar en cierto número de monolitos, y ser hecho salir de ellos, por medio de un sistema de conductos cerrado, mientras que el otro fluido puede entrar en la cabeza distribuidora, o salir de ella, a través de hendiduras de abertura en la misma. Una solución de este tipo es ventajosa para un sistema cuando las pilas de monolitos estén posicionadas dentro de un recipiente de presión, porque solamente uno de los fluidos (en este caso, el fluido 1) tiene que estar cerrado herméticamente mientras que el otro fluido (en este caso, el fluido 2) puede llenar el espacio vacío en el recipiente de presión, y dirigirse, a través de conductos o canales, hacia aberturas de entrada o de salida de la envolvente del recipiente.

La primera placa de agujeros unida, en relación estanca, con las caras del monolito en las que se encuentren las aberturas de entrada y salida de los canales, presenta aberturas (agujeros) que coinciden con el número de aberturas de canales en el monolito. Los agujeros están previstos con aberturas posicionadas por encima de las aberturas de los canales del monolito, de modo que dos fluidos puedan fluir desde los canales del monolito a los huecos entre las placas divisorias de la cabeza distribuidora y viceversa. En cuanto a la funcionalidad del sistema, las aberturas para un fluido en la placa unida, en relación estanca, con el monolito (previsto con un patrón de tablero de ajedrez, para una utilización máxima de la superficie) tienen que dirigir el fluido a través de un grupo de aberturas conectadas en un grupo de placas conectadas que cambian la posición del flujo de fluido de tal manera que dicho fluido sea hecho salir a través de un patrón lineal de aberturas que coincidan con las aberturas entre las placas de partición para el mismo fluido.

Figura 3

La figura 3 muestra la vista frontal de un monolito, con las aberturas de los canales, junto con cinco placas de agujeros. La placa 1 tiene agujeros con un patrón tal que la posición de cada agujero corresponda a la posición de la abertura de un canal en el monolito. Por tanto, cuando la placa 1 se posicione correctamente sobre el monolito, cada agujero tendrá que coincidir de modo correspondiente con la abertura de un canal del monolito. En esta posición, la

placa 1 puede ser unida, en relación estanca, con el monolito. De modo más preferido, el diámetro de los agujeros de la placa 1 es algo menor que la anchura de las aberturas de los canales. La medida en que debe ser más pequeño es función de las tolerancias y de la caída de presión aceptable. En este caso, se entienden por tolerancias las desviaciones de configuración y tamaño que puedan producirse durante la fabricación. Para materiales cerámicos una de las razones de las desviaciones consiste en el encogimiento que se produce durante la sinterización del material. Agujeros más pequeños permiten tolerancias mayores y pueden aceptarse desviaciones mayores. Por otro lado, aberturas más pequeñas en la placa 1 producirán caídas de presión mayores en un fluido que fluya a su través. Las placas 2, 3 y 4, denominadas placas intermedias, presentan agujeros con configuraciones longitudinales. Estas configuraciones garantizan el cambio de posición de los fluidos desde una disposición de flujo a modo de tablero de ajedrez en el monolito a una disposición de flujo lineal cuando sea hecho salir por los agujeros de la placa 5. Las líneas a trazos muestran la posición de las placas divisorias de la cabeza distribuidora. El sistema convertidor de fluido previsto mediante agujeros en las placas puede conseguirse, también, con menos placas o, incluso, con una placa. Si se hace con una placa se necesita una técnica de fabricación que permita obtener pequeños canales que dirijan el fluido de salida o entrada a la posición correcta. Es decir, las aberturas correspondientes del monolito o las aberturas correspondientes a la posición entre las placas de partición. Un método de este tipo puede ser moldeado por inyección, pero el nivel de exigencia de esta técnica es muy alto debido a las pequeñas tolerancias que permiten los canales, muy estrechos, con pequeñas distancias entre uno y otro. Se cree que prever, al menos, las placas 1 y 5 como placas individuales permite un control mejor, ya que pueden ser unidas, en relación estanca, directamente, con el monolito y las placas de partición.

Figuras 4.1 y 4.2

La figura 4.1 muestra una vista, en sección, de la cabeza distribuidora, con flechas que indican la dirección del flujo del fluido. Los fluidos son hechos entrar a los monolitos, o hechos salir de ellos, a través de hendiduras que permiten al fluido 1 entrar, desde la abertura circular ("túnel"), al espacio encerrado (hueco) entre las placas divisorias que separan el fluido 1 del fluido 2. Como se muestra, las placas divisorias para el fluido 2 no desembocan en el espacio circular, sino que cuentan con hendiduras de abertura en la parte superior de la cabeza distribuidora y, por tanto, el fluido 2 puede entrar por dichas hendiduras. Así, el fluido 1 y el fluido 2 pueden ser hechos salir de cámaras o huecos de sobrepresión distintos, entre las placas divisorias, o pueden ser hechos entrar en ellos. Las aberturas en el espacio circular para el fluido 1 se consiguen merced a un grupo de prominencias de la placa divisoria o de partición B cerca de la abertura circular. Aumentan la capacidad de las placas divisorias para soportar diferencias de presión y, también, pueden transmitir la fuerza axial requerida para una junta en caso de que dos o más cabezas distribuidoras tengan que acoplarse entre sí.

La figura 4.2 muestra una cabeza distribuidora del mismo sistema que la figura 4.1, pero con dos aberturas tubulares en su interior. Mediante un sistema de este tipo ambos fluidos pueden ser hechos entrar, a

partir del monolito, en un sistema de conductos cerrado herméticamente o aislado, o viceversa. Entonces, pueden mantenerse las estructuras de monolitos en un recipiente aislado en condiciones atmosféricas aún cuando ambos fluidos se encuentren a presiones elevadas. La desventaja es que el movimiento producido por las dilataciones térmicas se limita como consecuencia de las conexiones tubulares de ambos fluidos.

Figura 5
Las figuras 1-4 se refieren a un sistema individual de un monolito con su cabeza distribuidora.

La figura 5 muestra un sistema para acoplar dos o más pilas de monolitos. Por medio de una junta, una cubierta de extremo de tipo "A" de una cabeza distribuidora, otra cubierta de extremo de tipo "B" de otra cabeza distribuidora y una fuerza axial, pueden acoplarse entre sí dos pilas de monolitos (véase la figura 6). Un sistema de este tipo es aplicable, en especial, a procesos industriales en los que, con frecuencia, se necesite un gran número de monolitos.

Figura 6

La figura 6 ilustra el principio de acoplamiento entre dos cabezas distribuidoras, mostrándose una junta y dos tipos de cubiertas de extremo, tipo "A" y tipo "B". La superficie de contacto entre la junta y la cubierta "A" es una superficie plana que permite el movimiento en dos ejes en la superficie. La superficie de contacto entre la junta y la cubierta "B" de extremo es una parte de una superficie esférica que permite la rotación en torno al centro de la esfera. Debe hacerse notar la fuerza externa aplicada a la cabeza distribuidora. Esta fuerza es necesaria para hacer el sistema hermético, especialmente si el "Fluido 1" se encuentra a mayor presión que el "Fluido 2". Si el "Fluido 2" se encuentra a mayor presión que el "Fluido 1" en medida suficiente, no se requiere fuerza externa.

La vista circular en despiece de la figura 6 muestra la junta y los dos tipos diferentes (tipo A y tipo B) de cubiertas de extremo usadas para conectar la cabeza distribuidora de una pila de monolitos con la cabeza distribuidora de otra pila de monolitos próxima. Merced a un sistema de este tipo puede realizarse el acoplamiento de dos monolitos diferentes de tal modo que pueda mantenerse la estanqueidad del fluido y la flexibilidad de su movimiento. Otro aspecto es que mediante un sistema de este tipo el acoplamiento de las dos pilas de monolitos puede realizarse de manera muy compacta. La única distancia viene determinada por el grosor requerido para la junta.

Figura 7

La figura 7 representa la superficie esférica de contacto entre la junta y la cubierta "B" de extremo. Esta figura muestra el modo en que la superficie de contacto entre la junta y la cubierta "B" de extremo forma parte de una superficie esférica que permite la rotación en torno al centro de la esfera.

Figura 8

La figura 8 muestra un conjunto de dos monolitos con su sistema distribuidor, conectados entre sí. La vista ampliada muestra la posición y los detalles de los acoplamientos descritos en las figuras 5-7.

Figura 9

La figura 9 muestra un diseño alternativo de convertidor que usa un monolito con un patrón de células orientadas a 45° en relación con la pared del monolito. Un monolito de este tipo requiere, como máximo, cuatro placas de agujeros, a diferencia de la solución de la figura 3, que requiere cinco. Además, el espacio

o la distancia entre placas divisorias es mayor que con el método o el sistema mostrado en la figura 3, para un mismo tamaño de célula de monolito. La parte inferior derecha de la figura 9 muestra la cavidad. La cavidad es lo que queda cuando se retira todo el material. Puede verse la cavidad de los "canales de flujo" entre las cuatro placas de agujeros.

Figura 10

La figura 10 muestra una pila de monolitos individuales que consiste en los monolitos, las placas convertidoras y las cabezas distribuidoras. Se muestran, también, las placas conectadoras. Tales placas se incluyen, solamente, si hay dos o más monolitos individuales. Este puede ser el caso si la longitud de un monolito individual no resulta suficiente o porque el sistema consista en monolitos con capacidades funcionales o propiedades diferentes. Por ejemplo, un monolito puede ser un intercambiador de calor y el otro monolito puede consistir en una estructura de membrana. Los conectadores pueden consistir en un material con gradiente, de manera que pueda adaptarse a dilataciones térmicas diferentes de los monolitos.

Figura 11

La figura 11 muestra una fila de pilas de monolitos que consiste en pilas de monolitos individuales acopladas entre sí. Para construir una línea de pilas de monolitos de este tipo puede usarse el sistema de acoplamiento mostrado en la figura 8. Para aumentar la escala a tamaños industriales debe empezarse por la unidad de repetición más pequeña que, en este sistema, sería la pila de monolitos individuales mostrada en la figura 10. La componente siguiente de la unidad es un conjunto o una línea de pilas de monolitos acopladas entre sí, como se muestra en la figura 11.

Figura 12

En aplicaciones industriales a gran escala, en las que tengan que usarse muchos cientos de monolitos, es importante que las pilas de monolitos puedan disponerse muy próximas entre sí para soluciones de diseño de reactor compactas. La figura 12 muestra un sistema o método en el que líneas de pilas de monolitos, como las mostradas en la figura 11, están apiladas, pared con pared, constituyendo un gran "bloque de monolitos". En la figura 12 una línea o fila consiste en diez pilas de monolitos. El número de pilas por fila depende de varios factores. Para su montaje en un recipiente de presión cilíndrico, con vistas a una utilización máxima del volumen, la altura de las pilas y la anchura del bloque de monolitos tienen que coincidir. Así, para una altura de pila de 150 cm la fila tiene que tener 10 pilas de monolitos si la anchura de la cabeza distribuidora y del monolito es de 15 cm. Entonces, la capacidad del sistema puede aumentarse sin tener que aumentar el diámetro del recipiente de presión, aumentando, simplemente, la longitud y añadiendo más pilas de monolitos.

Figura 13

La figura 13 muestra la disposición del bloque de monolitos dentro de un recipiente de presión cilíndrico. Como puede verse, el número de filas puede aumentarse o reducirse sin modificar el diámetro del recipiente de presión. Así, el sistema puede ajustarse con un amplio abanico de capacidades, simplemente, modificando el número de filas y ajustando la longitud del recipiente de presión. En la figura 13 el fluido 1 se mantiene en un sistema cerrado por medio de conductos colectores internos de entrada y salida. En dicha figura se muestra un sistema de flujo de contra-

corriente en los monolitos por el que el fluido 1, que entra en las pilas de monolitos por la cabeza distribuidora superior, fluye hacia abajo y es hecho salir por la cabeza distribuidora inferior. El fluido 2 entra por la cabeza distribuidora inferior a partir de conductos o del espacio abierto interno del recipiente reactor, fluye hacia arriba por los canales de los monolitos y sale por la cabeza distribuidora superior hacia la parte superior del reactor, por la que es hecho salir, a través de las hendiduras de abertura de las cabezas distribuidoras de la parte superior del reactor.

Figura 14

La figura 14 muestra las estructuras monolíticas dentro de un recipiente de presión o reactor. En este sistema el fluido 2 es hecho entrar y salir por la misma posición en la pared del recipiente de presión. Este sistema podría ser adecuado, por ejemplo, cuando el fluido 2 provenga de un compresor y el fluido 2' sea hecho salir con destino a una turbina. El fluido 2 puede ser aire y el fluido 2' puede ser aire calentado empobrecido en oxígeno. Los monolitos pueden ser membranas cerámicas de entrega de oxígeno y el fluido 1 puede ser el fluido filtrado que reciba el oxígeno del aire. Entonces, podría inyectarse combustible en el fluido 1 de modo que tenga lugar una combustión que consuma el oxígeno y produzca calor. Merced a un sistema de este tipo, el fluido 1 empobrecido en oxígeno (después de la combustión) podría ser hecho retornar a los monolitos, con paredes consistentes en una membrana de transferencia de oxígeno. El fluido 1 es calentado por la combustión y se transmite calor del fluido 1 al fluido 2 que contenga oxígeno. A un nivel de temperatura definido la membrana de la pared del monolito transfiere oxígeno al fluido 1. El excedente de masa debido al combustible inyectado y al oxígeno puede ser hecho salir a modo de gas de purga, a través del monolito, por el lado izquierdo, con destino a un conducto colector. Entonces, el monolito en el lado izquierdo puede ser usado como intercambiador de calor puro, que calienta aire y enfría gas de purga. Si el fluido 1 consiste en vapor de agua y dióxido de carbono, tal diseño o solución del sistema puede usarse para generar electricidad mediante gas, con tratamiento del CO₂. En tal caso, puede conseguirse una central eléctrica de emisión cero si el CO₂ se almacena de modo permanente.

Figura 15

La figura 15 es una vista, en sección transversal, del reactor mostrado en la figura 14. Esta figura ilustra el sistema de flujo del proceso usando flechas que muestran la dirección del flujo. Puede verse que el fluido 2 de entrada es dirigido mediante conductos próximos a la pared interior y en dirección a la parte inferior del reactor, por donde penetra en las cabezas distribuidoras inferiores de las pilas de monolitos. El fluido 1 fluye a contracorriente del fluido 2 en un circuito de circulación. En el caso del sistema de generación de energía eléctrica mediante gas de emisión cero, el fluido 2 es aire y los monolitos son membranas cerámicas de transporte de oxígeno. Los componentes del fluido 1 pueden ser vapor de agua y dióxido de carbono, que, entonces, reciben oxígeno del aire. Luego se añade un gas natural a modo de combustible para su combustión y, entonces, el fluido 1 puede ser hecho retornar a los monolitos para recibir oxígeno (el flujo es controlado merced a la diferencia de presión parcial del oxígeno) y calentar el fluido 2 y el fluido 2', destinado a la turbina de generación de electricidad.

Con el fin de asegurar un balance de masa en el circuito de circulación del fluido 1, se purga dicho circuito. Por tanto, la pila de monolitos izquierda cumple la función de intercambiador de calor puro. La inyección de combustible puede realizarse por medio de un inyector de combustible, para garantizar la circulación del fluido 1.

Figura 16

La figura 16 muestra un concepto de reactor para la generación combinada de oxígeno y electricidad, en el que los monolitos están hechos de membranas de transporte de oxígeno. Ello ilustra la flexibilidad de la presente invención para su utilización en diferentes sistemas de procesos.

Mediante sólo modificaciones menores el mismo concepto de reactor mostrado en las figuras 14 y 15 puede usarse para combinar la generación de oxígeno y electricidad. El fluido 2 puede ser aire comprimido, calentado en el fondo del reactor por medio de quemadores de gas. Por tanto, se consume algo de oxígeno del aire para calentar el aire a una temperatura adecuada a las membranas cerámicas de transporte de oxígeno. El fluido 1 tiene que tener una presión parcial de oxígeno menor que el fluido 2. La presión parcial inferior garantiza el transporte de oxígeno del fluido 2 al fluido 1 a través de la membrana. Es posible, también, usar vacío para extraer el oxígeno en el lado de filtrado de la membrana en lugar del fluido 1. Ello hará posible obtener, directamente, oxígeno puro que puede ser comprimido para su entrega o almacenamiento a presión.

Para una capacidad de generación de electricidad máxima el oxígeno que quede en el fluido 2 a la salida de las membranas puede usarse para aumentar la temperatura del aire para la turbina mediante quemadores de gas en el conducto o tubo de salida, como se muestra en la figura. El fluido 1, en principio, puede ser cualquier fluido (e incluso aire a presiones inferiores que el fluido 2 que garantice una diferencia de presión parcial de oxígeno positiva) susceptible de transportar oxígeno a partir de la membrana y adecuado para la separación, aguas abajo, del oxígeno, o para aplicaciones directas.

Figura 17

La figura 17 muestra el conjunto de monolito, placas de agujeros y cabeza distribuidora del sistema. En la cabeza distribuidora ilustrada las aberturas de salida (en este caso para el fluido 2) están más próximas y presentan una dirección más recta que la cabeza distribuidora de la figura 2. Las placas divisorias tienen nervios de guiado para el fluido 2 que proporcionan, también, soporte mecánico. Los nervios están configurados de modo que eviten el bloqueo de los agujeros y minimicen la limitación de flujo del fluido 2. Hay una entrada circular para el fluido 1 en la cabeza distribuidora y hendiduras abiertas por las que el fluido 1 puede entrar, a través de las placas de agujeros, en los canales del monolito. No hay nervios ni prominencias en el lado del fluido 1 de la placa divisoria. En la figura 9 se muestra un sistema de cuatro placas individuales para transferir los fluidos, a diferencia de, solamente, dos en la figura 17. Las placas de la figura 17 mantienen la mismas funciones que las cuatro placas de la figura 9. La placa 1 corresponde a la placa 1 de la figura 9, y la placa 2 corresponde a las placas 2-4 de la figura 9.

Figura 18

La figura 18 muestra vistas de detalle del interior

de las placas 2 y 1. El grosor de la placa 2 es función del ángulo de inclinación del embudo que conduce a los agujeros de abertura en la placa 1 para los fluidos 1 y 2, así como del número de agujeros de la placa 1 que cada embudo recibirá. Como puede verse a partir de la vista de despiece del lado izquierdo, el embudo para el fluido 2 recibe a partir de cuatro agujeros de la placa 1, y, por tanto, también, de cuatro canales del monolito. La vista de despiece del lado derecho muestra el embudo para el fluido 1, y, como puede verse, estos embudos reciben de cinco agujeros de la placa 1, o distribuyen a los mismos. Por razones de simetría se han hecho un número par de agujeros para cada embudo. Entonces, cada quinto agujero tiene que ser repartido entre dos embudos. La figura 18 muestra, solamente, un diseño de principio de la placa 2. Por tanto, todas las combinaciones posibles entre el número de agujeros de los que cada embudo recibirá, o a los que cada embudo distribuirá, pueden seleccionarse libremente. La combinación seleccionada será función de un grupo de parámetros, entre ellos, la caída de presión, el número de placas divisorias o la distancia entre ellas.

La presente invención ofrece posibilidades de mejora y simplificación de operaciones unitarias de transmisión de calor y transferencia de masa (separación) merced a la compacidad de las estructuras monolíticas (es decir, gran superficie por unidad de volumen con pequeños canales), la pequeña resistencia al flujo de gases y el material cerámico resistente a temperaturas elevadas, que puede revestirse mediante un catalizador. Las mejoras se asocian con el uso de monolitos en transferencia de masa y transmisión de calor entre dos fluidos diferentes y el hecho de que estas operaciones unitarias en la estructura monolítica pueden integrarse con una reacción química. Una combinación de transferencia de masa, transmisión de calor y reacción química de este tipo (operaciones unitarias) en los monolitos contribuirá a ofrecer soluciones compactas en las que se simplifique el transporte y la separación. Una aplicación podrá ser una combinación de reacciones endotérmicas y exotérmicas, por ejemplo, reformado de metano mediante vapor a partir de gas natural u otras sustancias que contengan hidrocarburos para obtener gas de síntesis (hidrógeno y monóxido de carbono), produciéndose el reformado endotérmico de metano mediante vapor en canales revestidos con un catalizador y la combustión exotérmica en canales adyacentes. Tales estructuras monolíticas pueden permitir reformadores muy compactos y pueden ser usadas, por ejemplo, para la generación

de hidrógeno a pequeña escala. Pero, el gas de síntesis, también, puede ser tratado ulteriormente para su transformación en otros varios productos, por ejemplo, metanol, amoníaco y gasolina/diesel sintéticos.

Temperaturas de funcionamiento más elevadas (800-900°C y superiores), con las que no pueden usarse metales, son favorables en términos de equilibrio o termodinámica para muchos procesos químicos. En tales procesos pueden ser muy ventajosos los monolitos de cerámica, que pueden estar revestidos mediante catalizadores y pueden soportar temperaturas elevadas. Así, un proceso de combustión o con gas caliente puede combinarse, directamente, con un proceso de reacción química.

Pueden usarse estructuras monolíticas, también, en el mercado de la energía (generación de electricidad), por ejemplo, para la combustión catalítica de gas natural. Merced a la utilización de la presente invención puede controlarse la ventana de temperaturas del proceso de combustión para la generación de óxidos de nitrógeno (NO_x) reducida. La combustión o la oxidación con aire o cualquier atmósfera en la que exista oxígeno y nitrógeno siempre podrán generar NO_x. Estos gases, dañinos para el medio ambiente, se generan, principalmente, en las zonas de temperaturas elevadas de la llama de combustión. Merced a la utilización de la presente invención, con una distribución del gas de flujo en el monolito a modo de tablero de ajedrez se puede tener la combustión catalítica de una mezcla de combustible y aire que genere calor en los canales "negros" y un refrigerante pasivo (por ejemplo, aire) en los canales "blancos", o un refrigerante activo que produzca una reacción endotérmica (por ejemplo, reformado de metano mediante vapor) en los canales "blancos". Un sistema de este tipo evitará temperaturas máximas, y, por tanto reducirá la generación de NO_x. Además, mediante este sistema se tiene la posibilidad de mezclar refrigerante y gas de combustión aguas abajo del monolito con sólo un distribuidor en posición de entrada (con flujos paralelos), y, por tanto, una mezcla muy eficaz en posición de salida como consecuencia del patrón en tablero de ajedrez y los pequeños canales del monolito.

El sistema descrito en lo que antecede para evitar la generación de NO_x puede usarse, también, para evitar/reducir la emisión de otros componentes no deseados. Por tanto, la presente invención puede combinar combustión (generación de calor) y transmisión de calor, directamente, en estructuras de monolitos por medio de la pared de contacto delgada entre los dos fluidos.

REIVINDICACIONES

1. Un método para hacer entrar dos fluidos en los canales de una estructura monolítica multicanal, y para hacerlos salir de ellos, por el que las aberturas de los canales están distribuidas en toda la superficie de la sección transversal de dicha estructura y dichos canales tienen paredes comunes,

caracterizado porque

un fluido es hecho entrar, a través de una hendidura, en uno o más huecos de una cabeza distribuidora, unida, en relación estanca, con una cara de dicha estructura de monolito,

el otro fluido es hecho entrar en un túnel de dicha cabeza distribuidora y, además, a través de hendiduras en la pared de dicho túnel, en uno o más huecos de dicha cabeza distribuidora,

dichos fluidos son hechos entrar, a partir de sus respectivos huecos, en dichos canales, de tal manera que, al menos, la pared de uno de los canales sea común para dichos fluidos,

dichos fluidos son recibidos, en sus huecos respectivos, en una cabeza distribuidora, unida, en relación estanca, con el lado de dicha estructura opuesto al lado con el que está unida la primera cabeza distribuidora,

los fluidos son hechos pasar, entonces, respectivamente, a través de una hendidura, a partir de uno o más huecos, y hendiduras en la pared de un túnel de dicha última cabeza distribuidora mencionada.

2. Un método para hacer entrar dos fluidos en los canales de una estructura monolítica multicanal, y para hacerlos salir de ellos, por el que las aberturas de los canales están distribuidas en toda la superficie de la sección transversal de dicha estructura y dichos canales tienen paredes comunes

caracterizado porque

un fluido es hecho entrar en un primer túnel de una cabeza distribuidora, y, a través de hendiduras en la pared de dicho primer túnel, también, en uno o más huecos de dicha cabeza distribuidora,

el otro fluido es hecho entrar en un segundo túnel de dicha cabeza distribuidora, y, a través de hendiduras en la pared de dicho segundo túnel, también, en uno o más huecos adicionales de dicha cabeza distribuidora,

dichos fluidos son hechos entrar, a partir de sus huecos respectivos, en dichos canales de tal manera que al menos una pared de los canales sea común para dichos fluidos,

dichos fluidos son recibidos, en sus huecos respectivos, en dicha cabeza distribuidora, y, luego, los fluidos son hechos salir de sus huecos, respectivamente, a través de hendiduras en las paredes de dichos túneles.

3. Un método según las reivindicaciones 1 o 2,

caracterizado porque

dichos fluidos son hechos entrar en una cabeza distribuidora y son hechos salir de dicha cabeza distribuidora.

4. Un método según las reivindicaciones 1-3,

caracterizado porque

dichos fluidos son distribuidos en dichos canales de tal manera que un fluido que fluya en un canal tenga al otro fluido fluyendo en todos los canales adyacentes.

5. Un método según la reivindicación 4,

caracterizado porque

dichos fluidos, a partir de dichos huecos, son he-

chos entrar en dichos canales con un patrón de tablero de ajedrez, con un fluido en los canales "negros" y el otro fluido en los canales "blancos".

6. Una cabeza distribuidora para hacer entrar dos fluidos en los canales de una estructura monolítica multicanal, o para hacerlos salir de ellos, estando distribuidas las aberturas de los canales en toda la superficie de la sección transversal de dicha estructura y teniendo dichos canales paredes comunes,

caracterizada porque

dicha cabeza distribuidora comprende:

al menos, tres placas divisorias paralelas, unidas entre sí mediante separadores con el fin de formar huecos, con hendiduras entre dichas placas, y

tapas de extremo unidas, en paralelo, con dichas placas divisorias, presentando dichas placas divisorias y dichas tapas una abertura que forma un túnel, con hendiduras, a través de dichas placas unidas.

7. Una cabeza distribuidora según la reivindicación 6,

caracterizada porque

dichas placas divisorias y tapas tienen, al menos, un agujero, que forman, cada uno, un espacio tubular (túnel) a través de dichas placas unidas y en la que dicha pared de túnel presenta hendiduras que comunican con dichos huecos.

8. Una unidad,

caracterizada porque

dicha unidad multicanal comprende:

una estructura monolítica en la que las aberturas de los canales están distribuidas en toda la superficie de la sección transversal de dicha estructura y dichos canales tienen paredes comunes y una cabeza distribuidora, de acuerdo con las reivindicaciones 6 o 7, unida, en relación estanca, con, al menos, una cara de dicha estructura.

9. Una unidad,

caracterizada porque

dicha unidad comprende:

una estructura monolítica multicanal en la que las aberturas de los canales están distribuidas en toda la superficie de la sección transversal de dicha estructura y dichos canales tienen paredes comunes,

una cabeza distribuidora según las reivindicaciones 6 o 7, unida, en relación estanca, con, al menos, una cara de dicha estructura, y, al menos, una placa con agujeros, prevista, en relación estanca, entre dicha cabeza distribuidora y dicha estructura, en dicha cara en la que se encuentren las aberturas de los canales.

10. Una unidad según la reivindicación 9,

caracterizada porque

dichos agujeros están previstos de tal manera que dos fluidos puedan fluir desde dichos canales del monolito a dichos huecos, y viceversa.

11. Una unidad según las reivindicaciones 8 o 9,

caracterizada porque

una o más de las paredes de dichos canales están revestidas con uno o más componentes catalíticos activos.

12. Una unidad según las reivindicaciones 8 o 9,

caracterizada porque

dichas aberturas de los canales están distribuidas uniformemente en toda la superficie de la sección transversal de dicha estructura monolítica con un patrón de tablero de ajedrez.

13. Una unidad según las reivindicaciones 8 o 9,

caracterizada porque

dicha estructura tiene las paredes de los canales orientadas con un ángulo de 45° en relación con las paredes exteriores de la estructura.

14. Una unidad según las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizada** porque dichas placas divisorias están unidas, en relación estanca, con una placa de agujeros.

15. Una unidad según las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizada** porque dichas placas divisorias están unidas, en relación estanca, directamente, con las paredes de los canales del monolito.

16. Una unidad según las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizada** porque dicha cabeza distribuidora está unida, en relación estanca, con, al menos, una de las caras de la estructura del monolito que tengan las aberturas de los canales.

17. Una pila, **caracterizada** porque dicha pila comprende: dos o más estructuras monolíticas multicanal, en las que las aberturas de los canales están distribuidas en toda la superficie de la sección transversal de dichas estructuras y dichos canales tienen paredes comunes,

al menos, una cabeza distribuidora, según las reivindicaciones 6 o 7, unida, en relación estanca, con, al menos, una cara de dicha estructura,

al menos, una placa con agujeros, prevista, en relación estanca, entre dicha cabeza distribuidora y dicha estructura en dicho lado en el que estén las aberturas de los canales,

y, al menos, una placa conectadora u otro dispositivo de acoplamiento entre unidades.

18. Una fila de unidades o pilas, **caracterizada** porque dicha fila comprende unidades según las reivindicaciones 8-16, o pilas según la reivindicación 17, acopladas entre sí.

19. Una fila de unidades o pilas, **caracterizada** porque dicha fila comprende unidades según las reivindicaciones 8-16, o pilas según la reivindicación 17, en la que se usan una junta y dos tipos diferentes (tipo A y tipo B) de cubiertas de extremo para conectar dicha cabeza distribuidora de una unidad o pila con dicha cabeza distribuidora de otra unidad o pila próxima.

20. Un bloque, **caracterizado** porque dicho bloque comprende filas de unidades o pilas, según las reivindicaciones 18 o 19, enganchadas y en contacto estrecho entre sí.

21. Un reactor para la transferencia de masa y/o la transmisión de calor entre dos fluidos,

caracterizado porque una o más de las unidades según las reivindicaciones 8-16, pilas según la reivindicación 17, filas de unidades o pilas según la reivindicación 18 o bloques según la reivindicación 20 están integrados en dicho reactor.

22. Un método para la transferencia de masa y/o la transmisión de calor entre dos fluidos,

caracterizado porque dichos dos fluidos son distribuidos a través de una o más unidades según las reivindicaciones 8-16, pilas según la reivindicación 17, filas de unidades o pilas según la reivindicación 18 o bloques según la reivindicación 20.

40

45

50

55

60

65

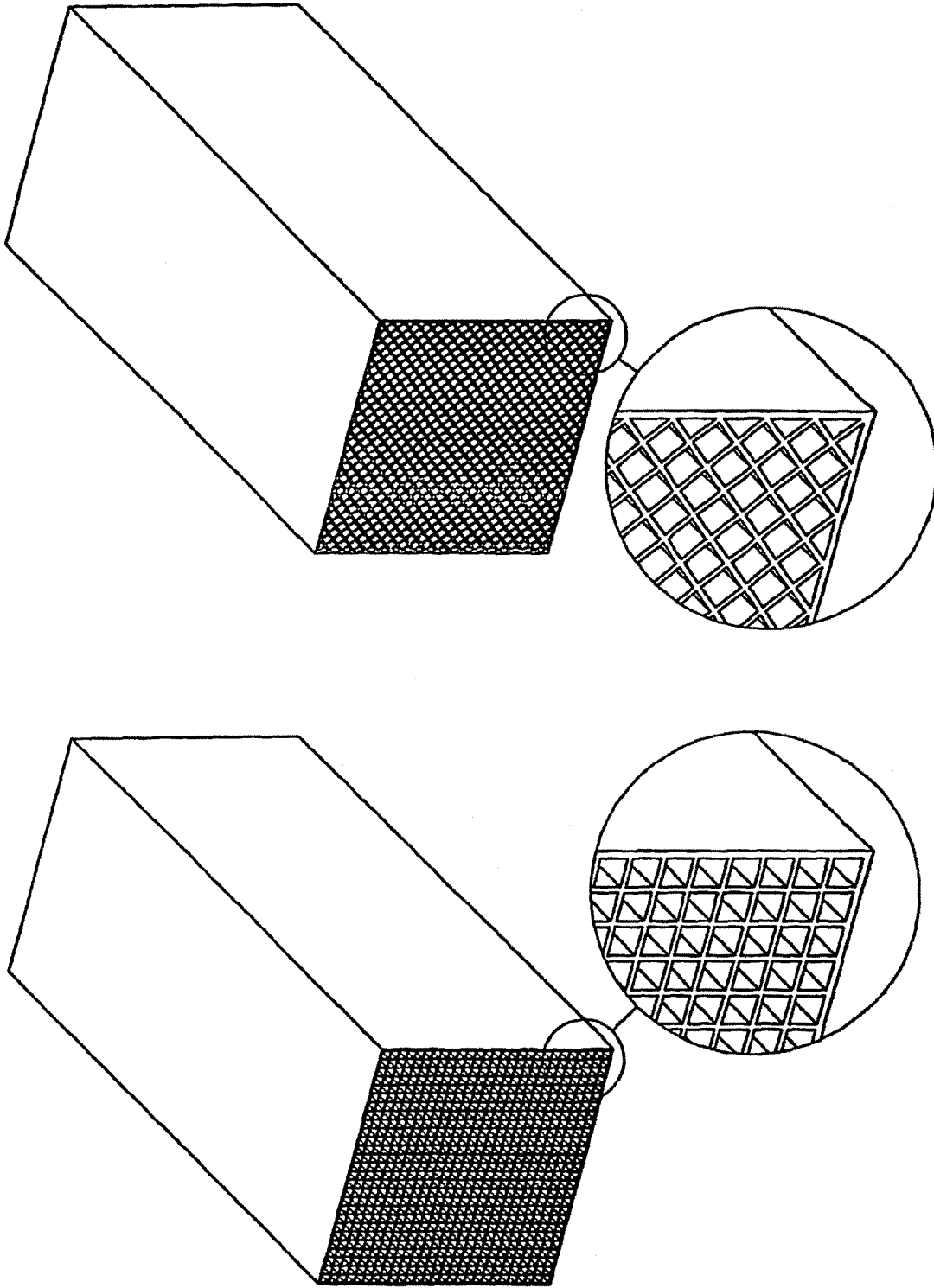


Fig. 1

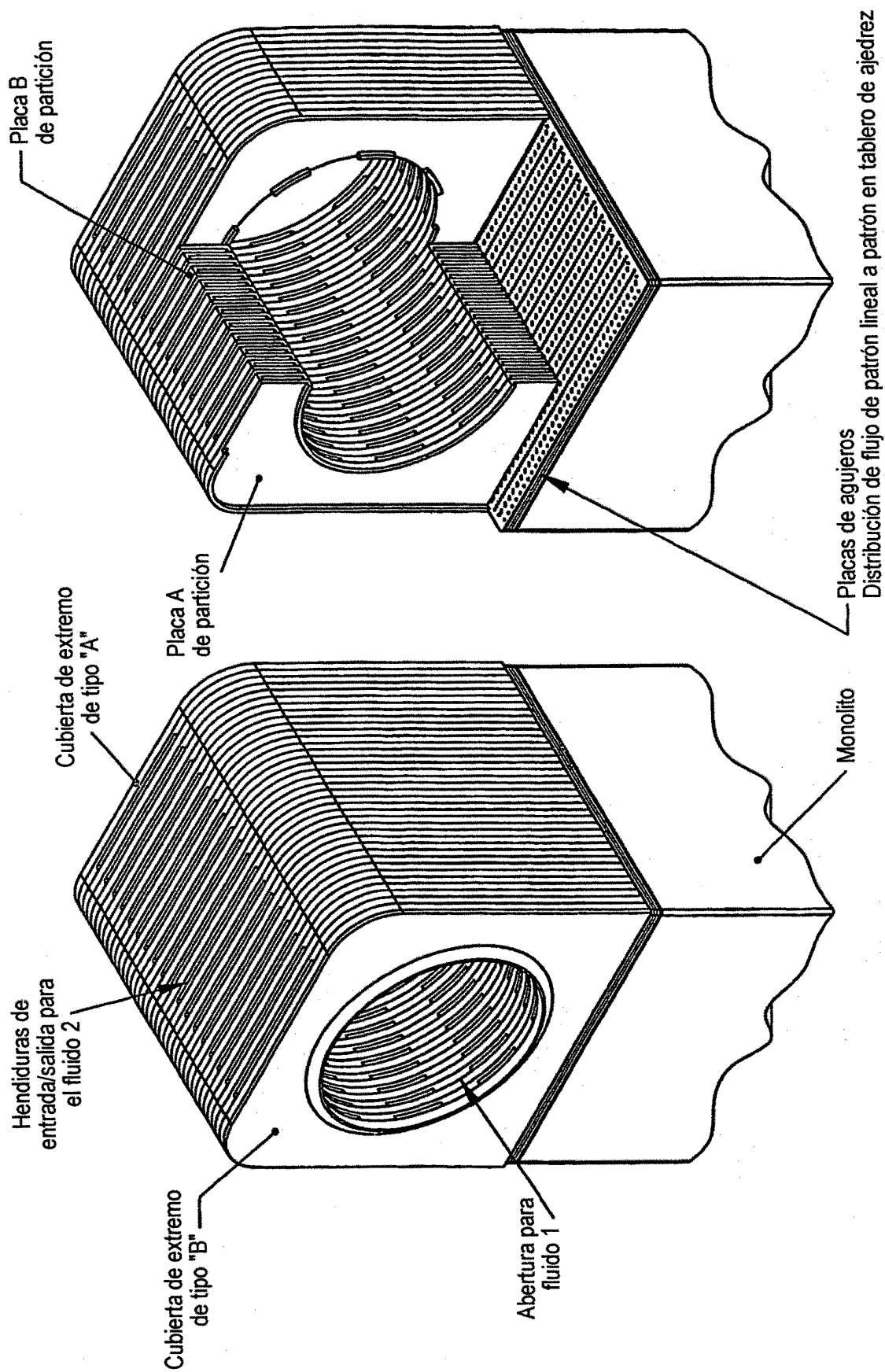


Fig. 2

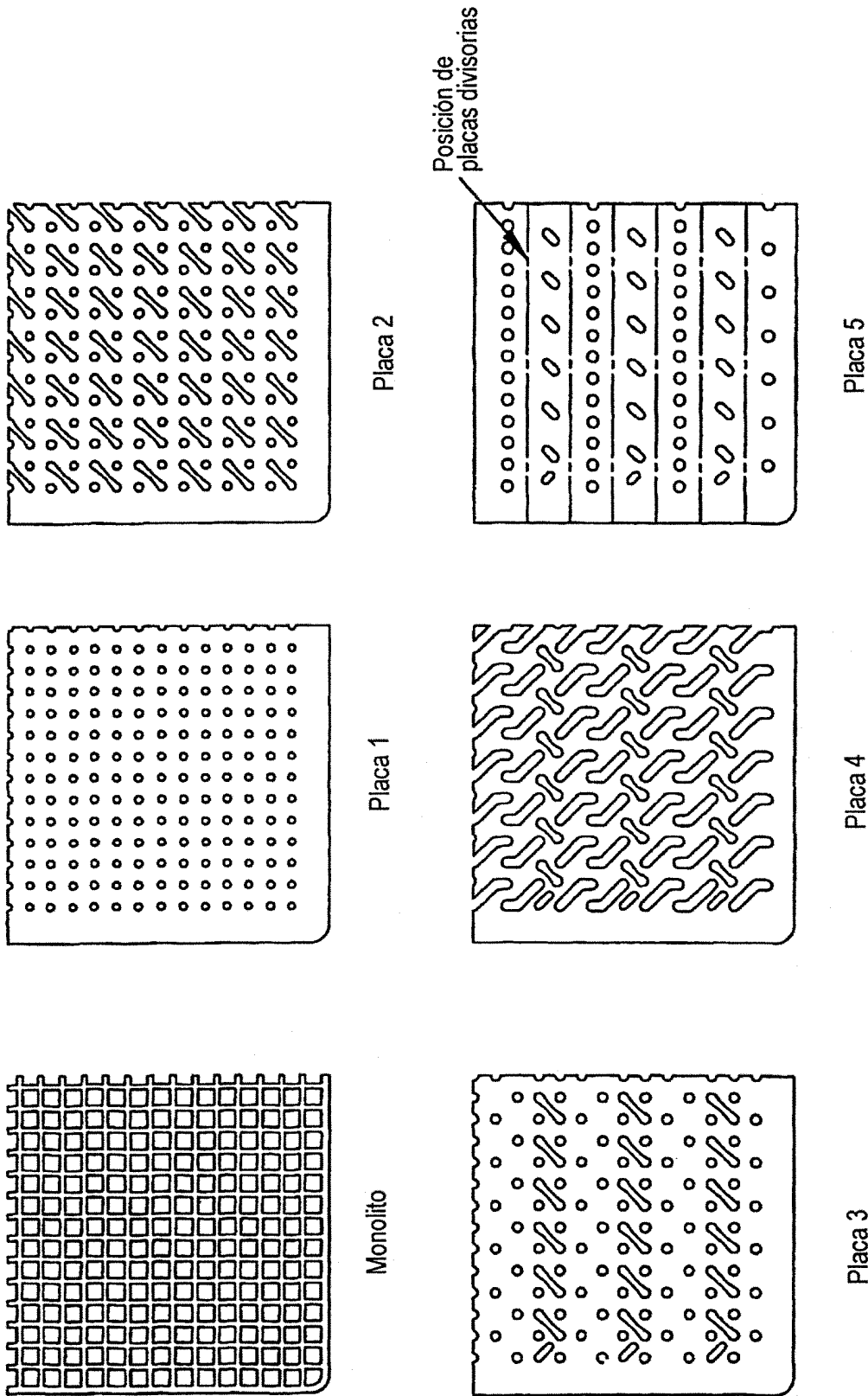


Fig. 3

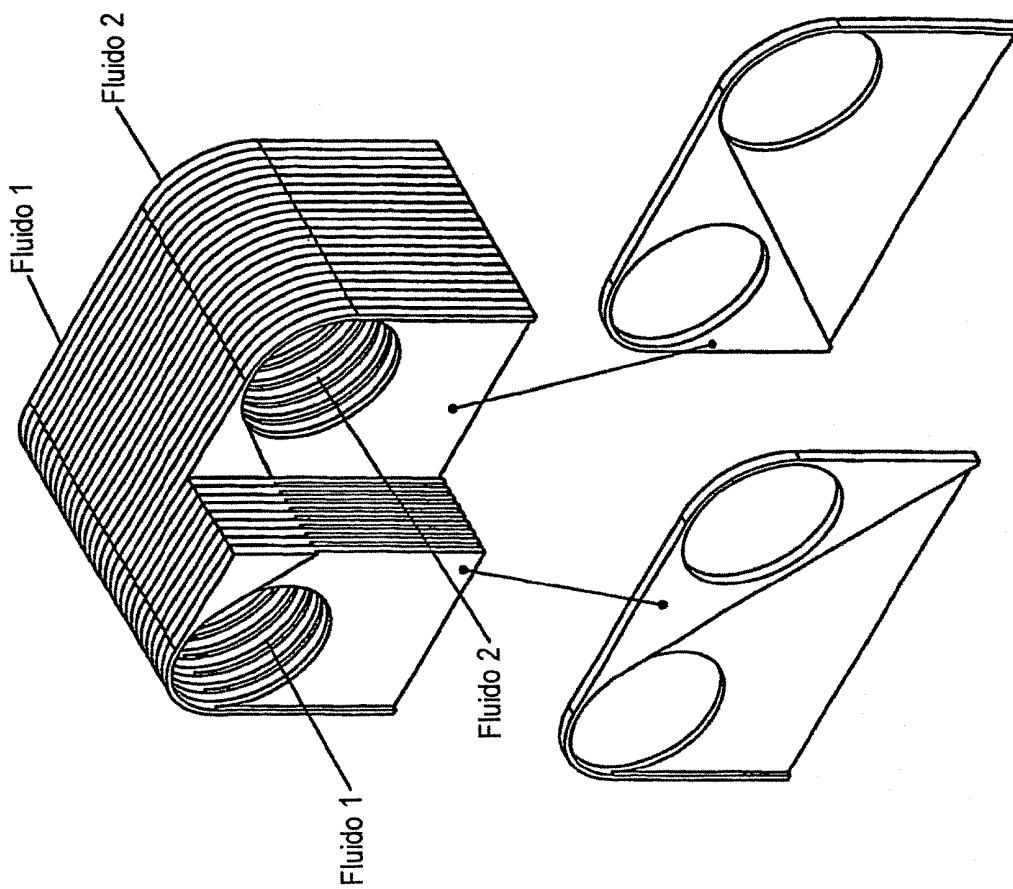


Fig. 4.1

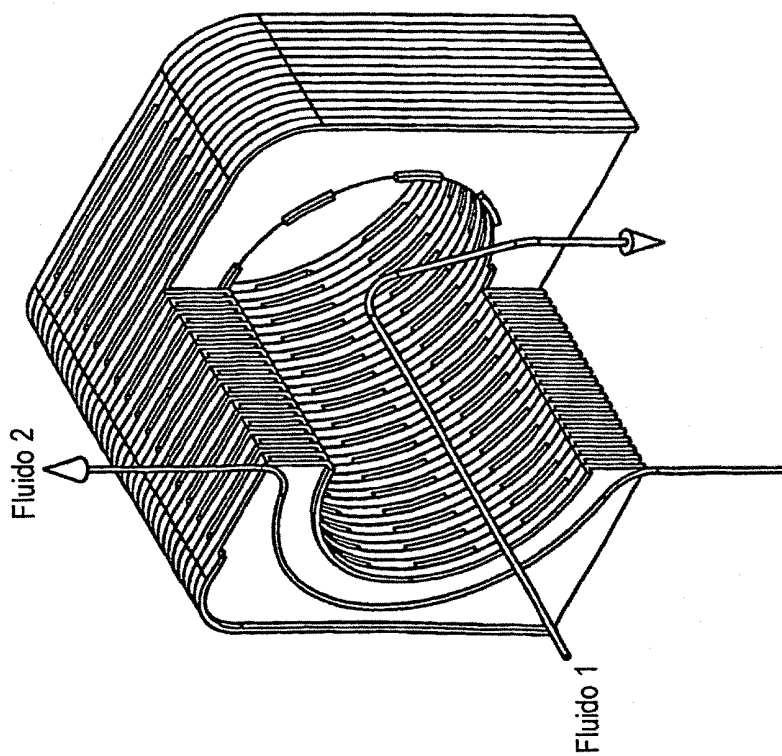


Fig. 4.2

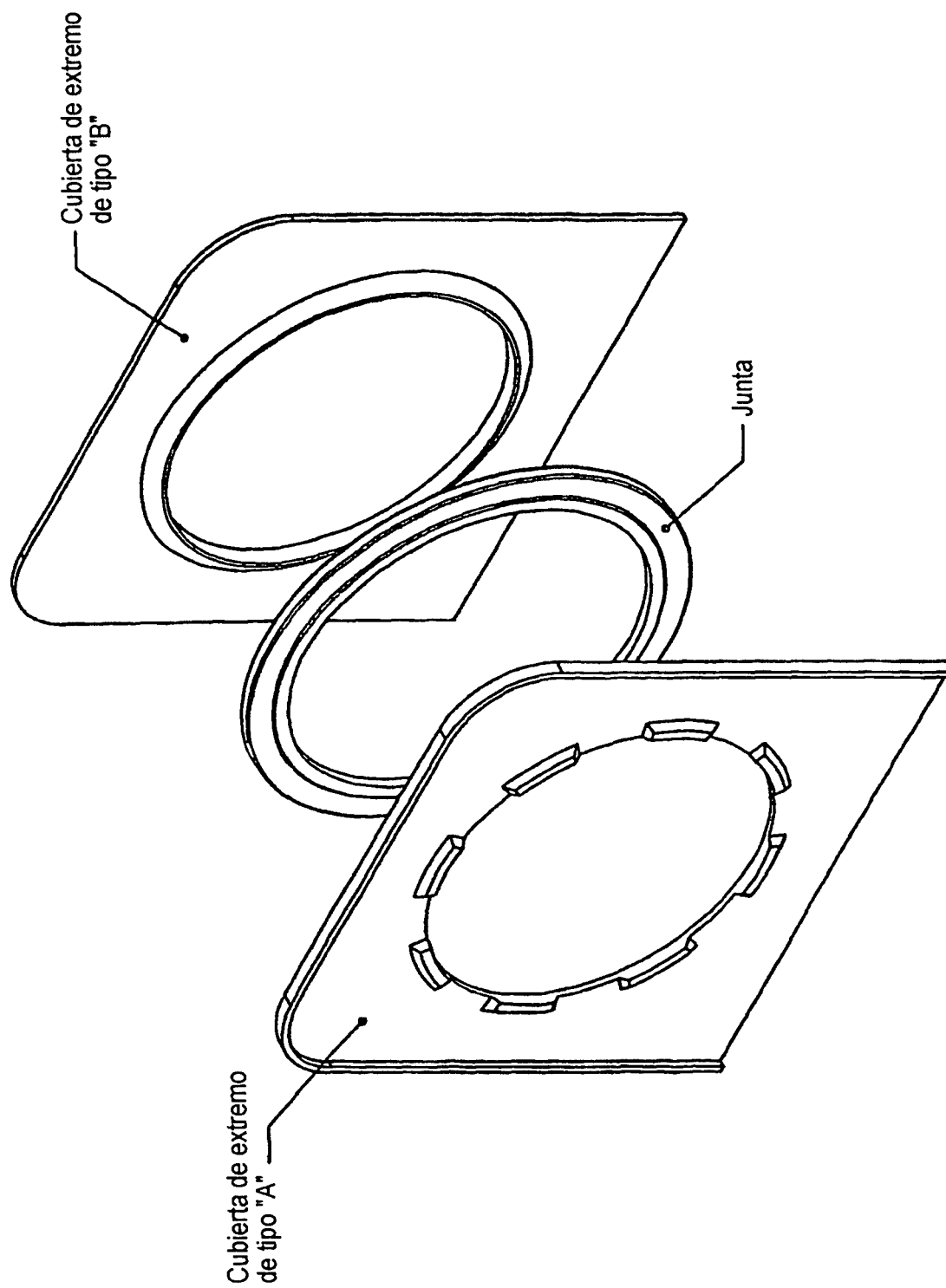


Fig. 5

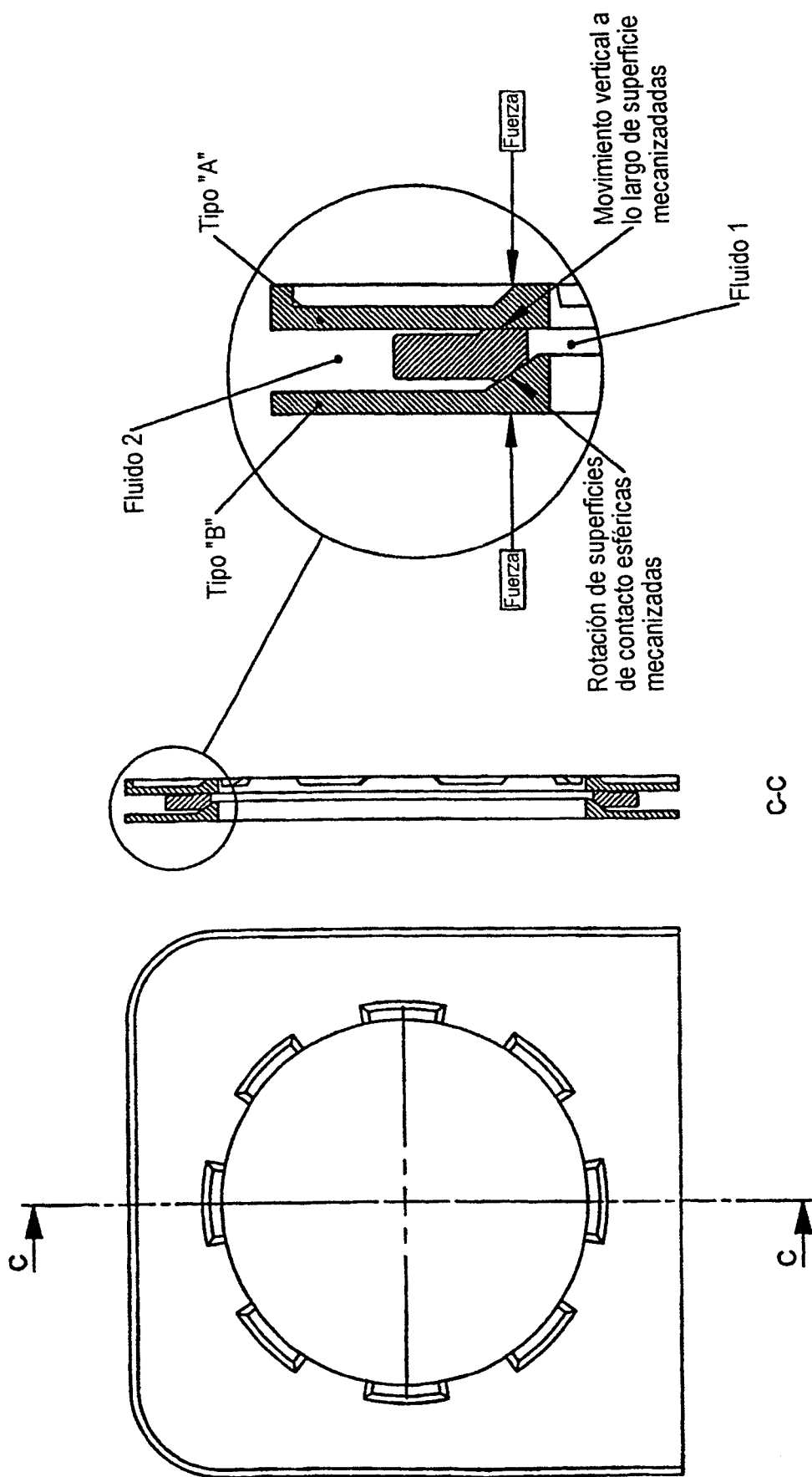


Fig. 6

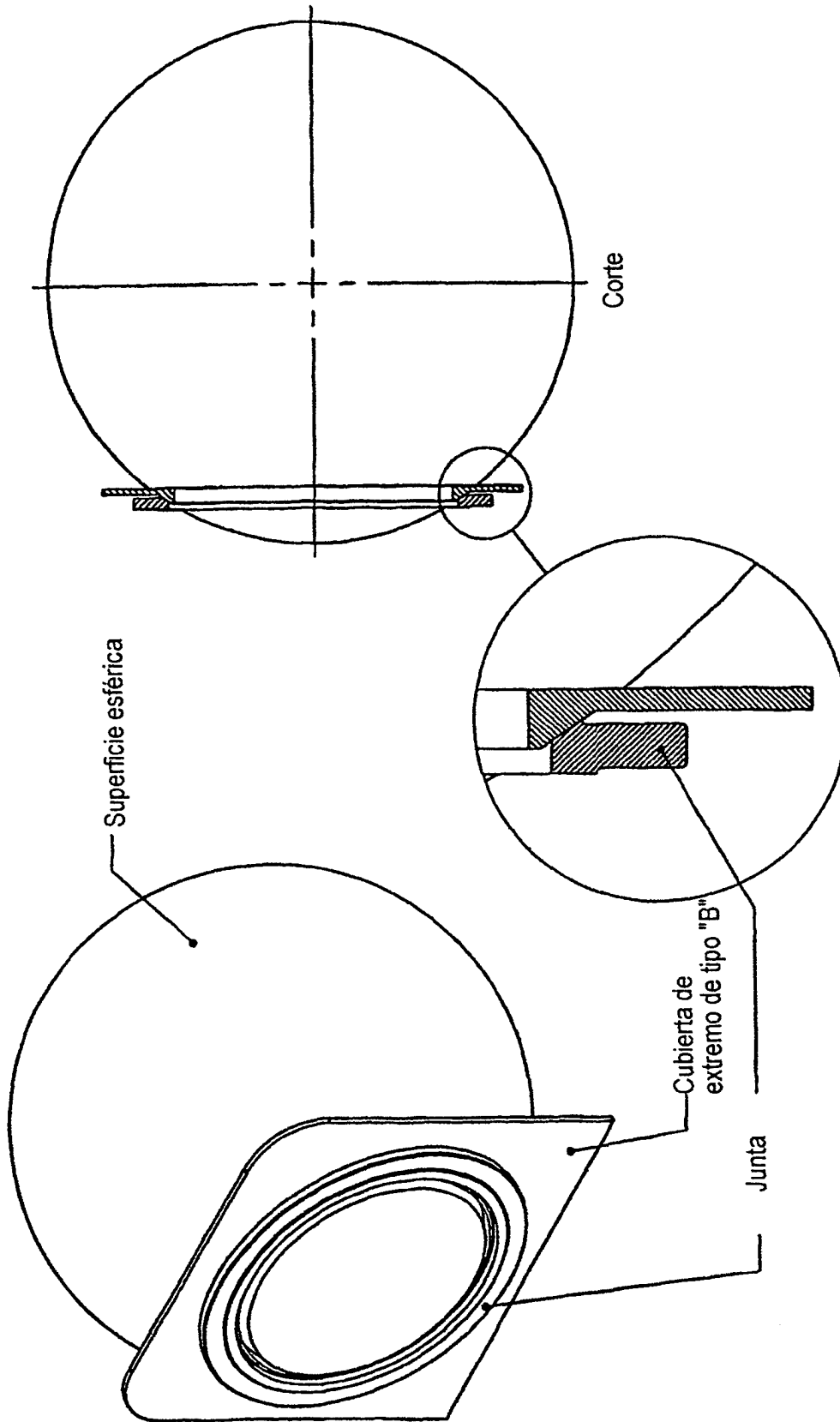


Fig. 7

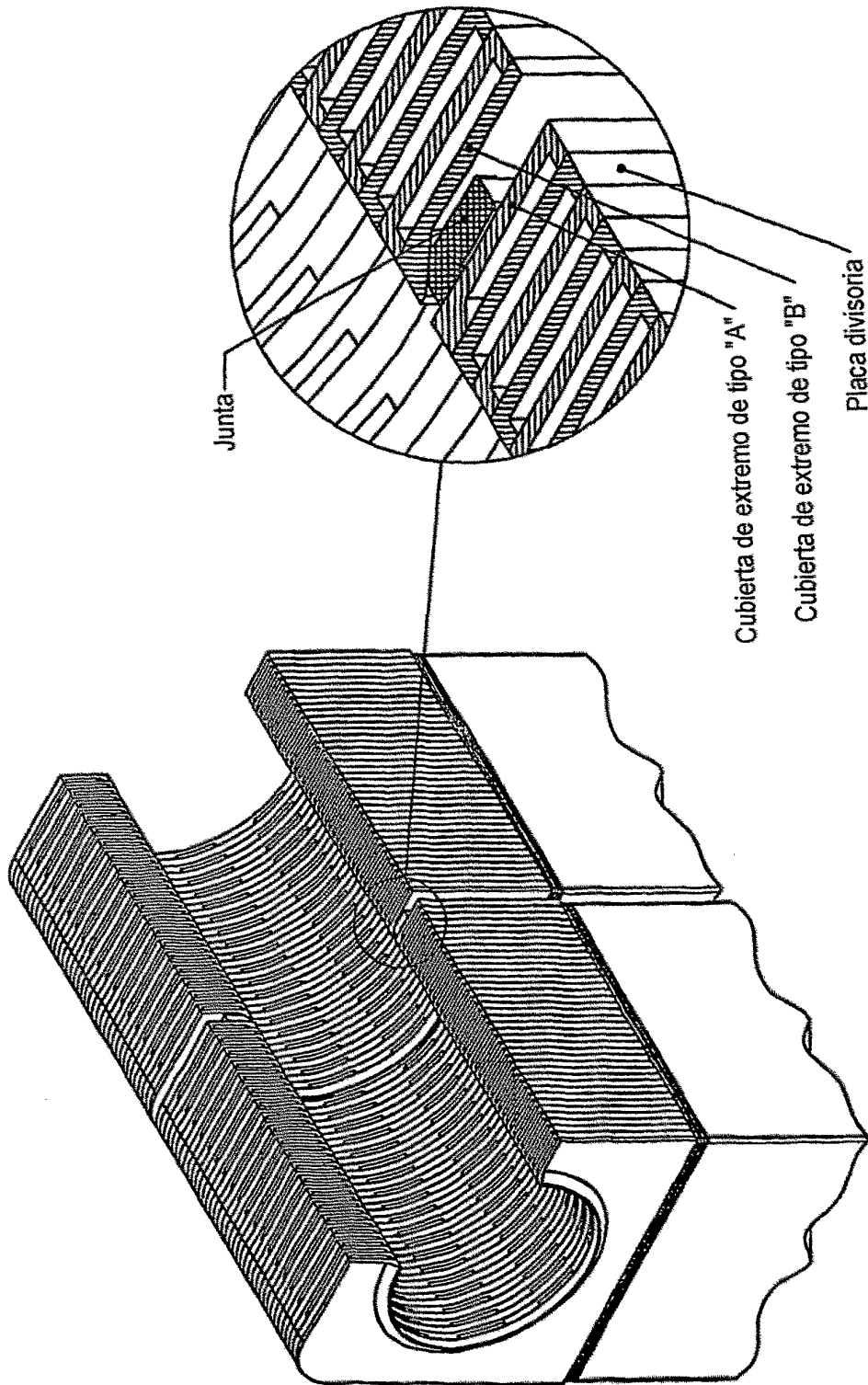
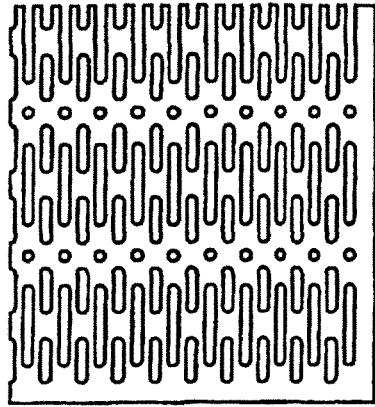
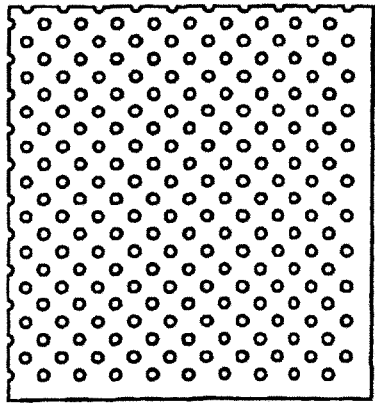


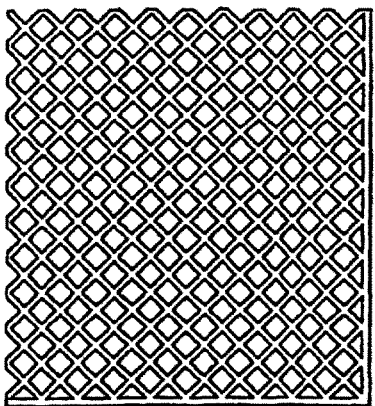
Fig. 8



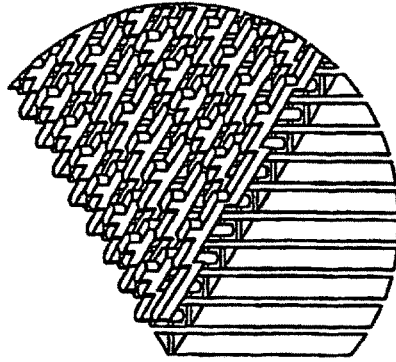
Placa 2



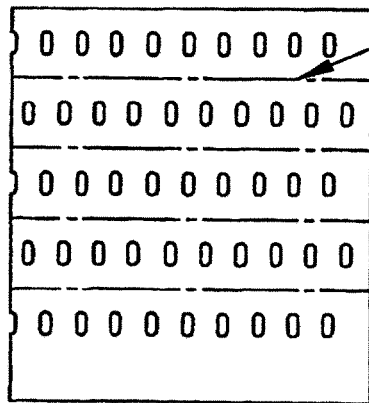
Placa 1



Monolito

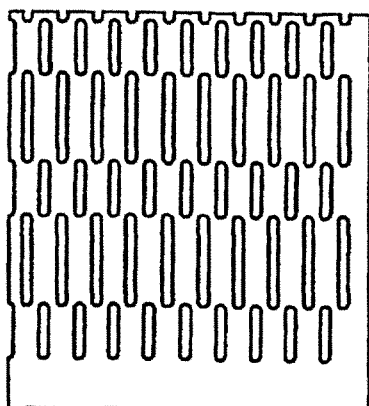


Cavidad



Posición de placas divisorias

Placa 4



Placa 3

Fig. 9

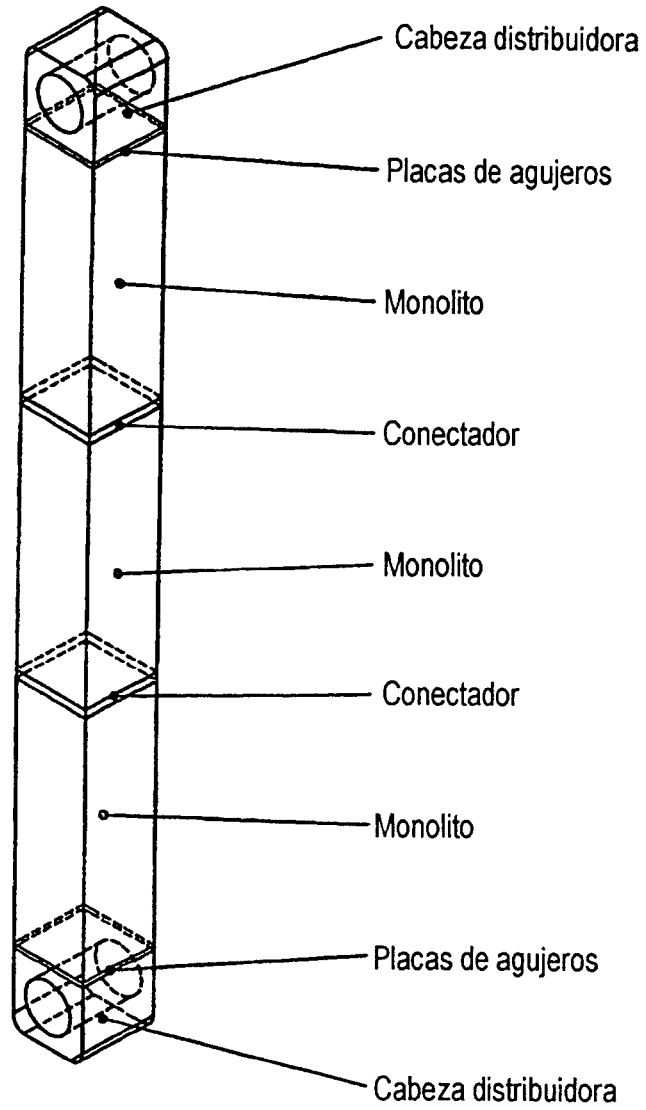


Fig. 10

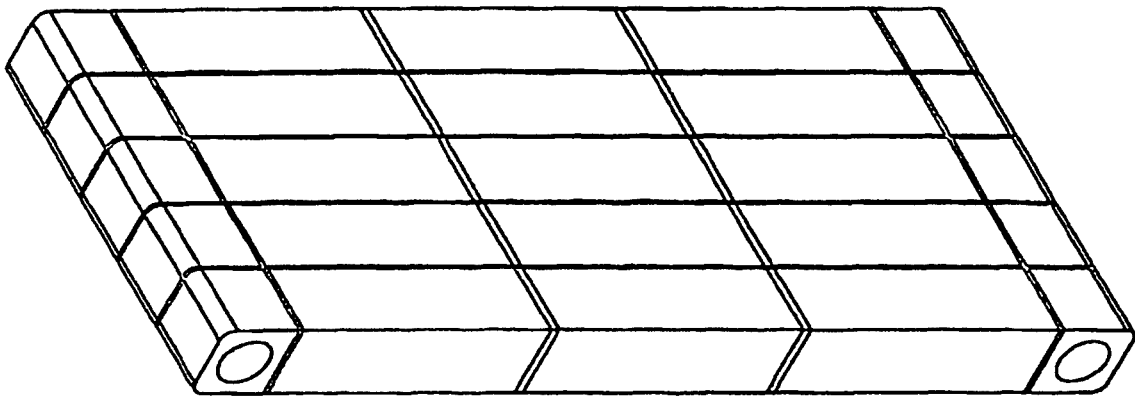


Fig. 11

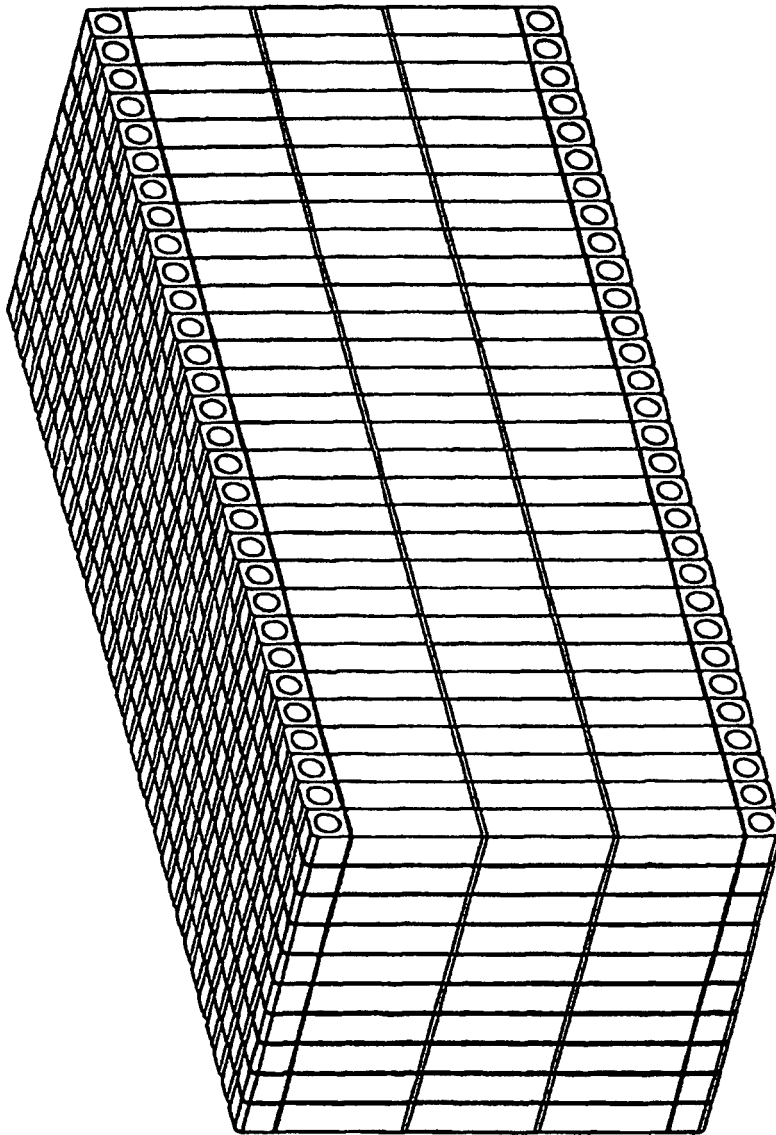


Fig. 12

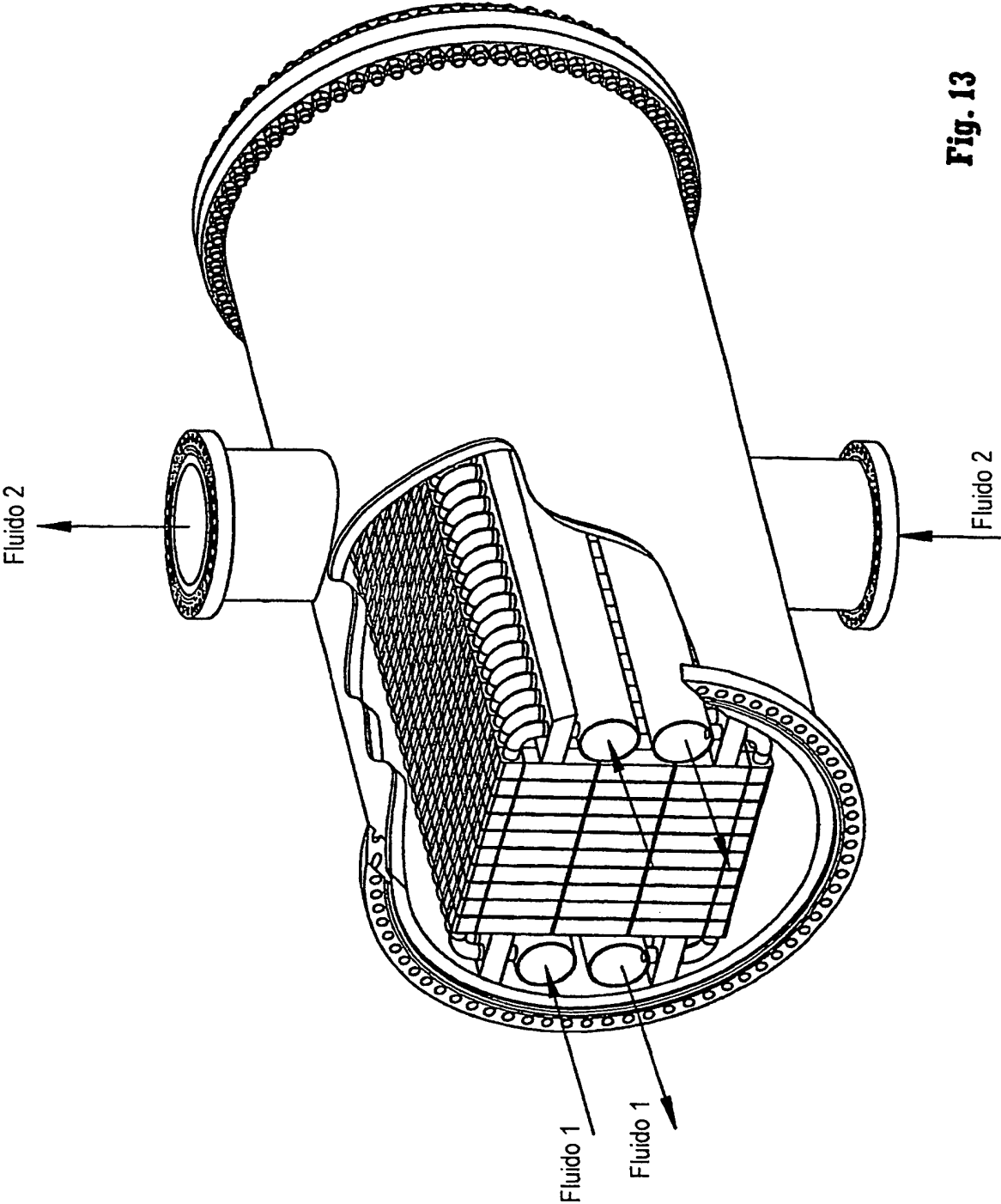


Fig. 13

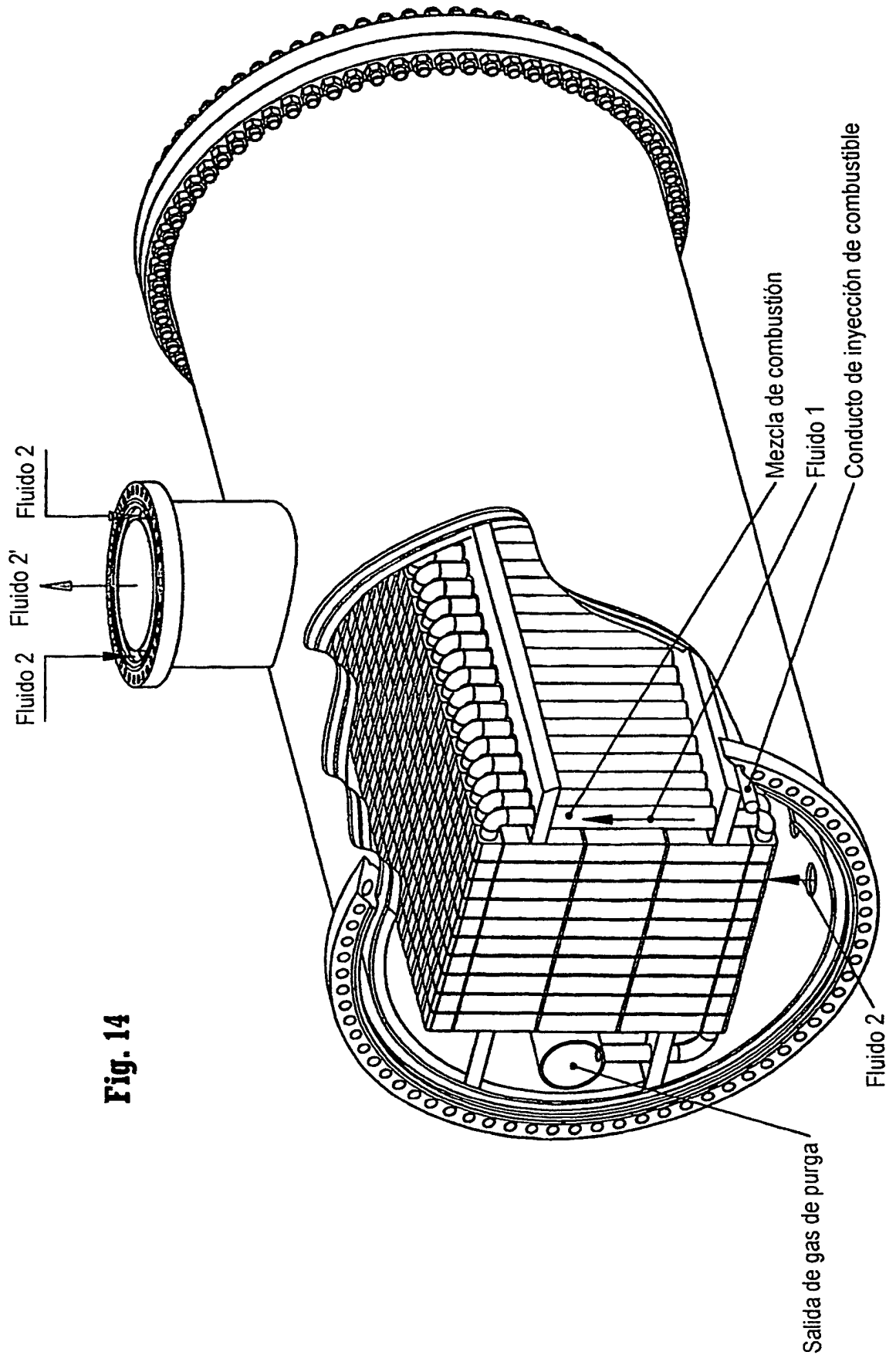


Fig. 14

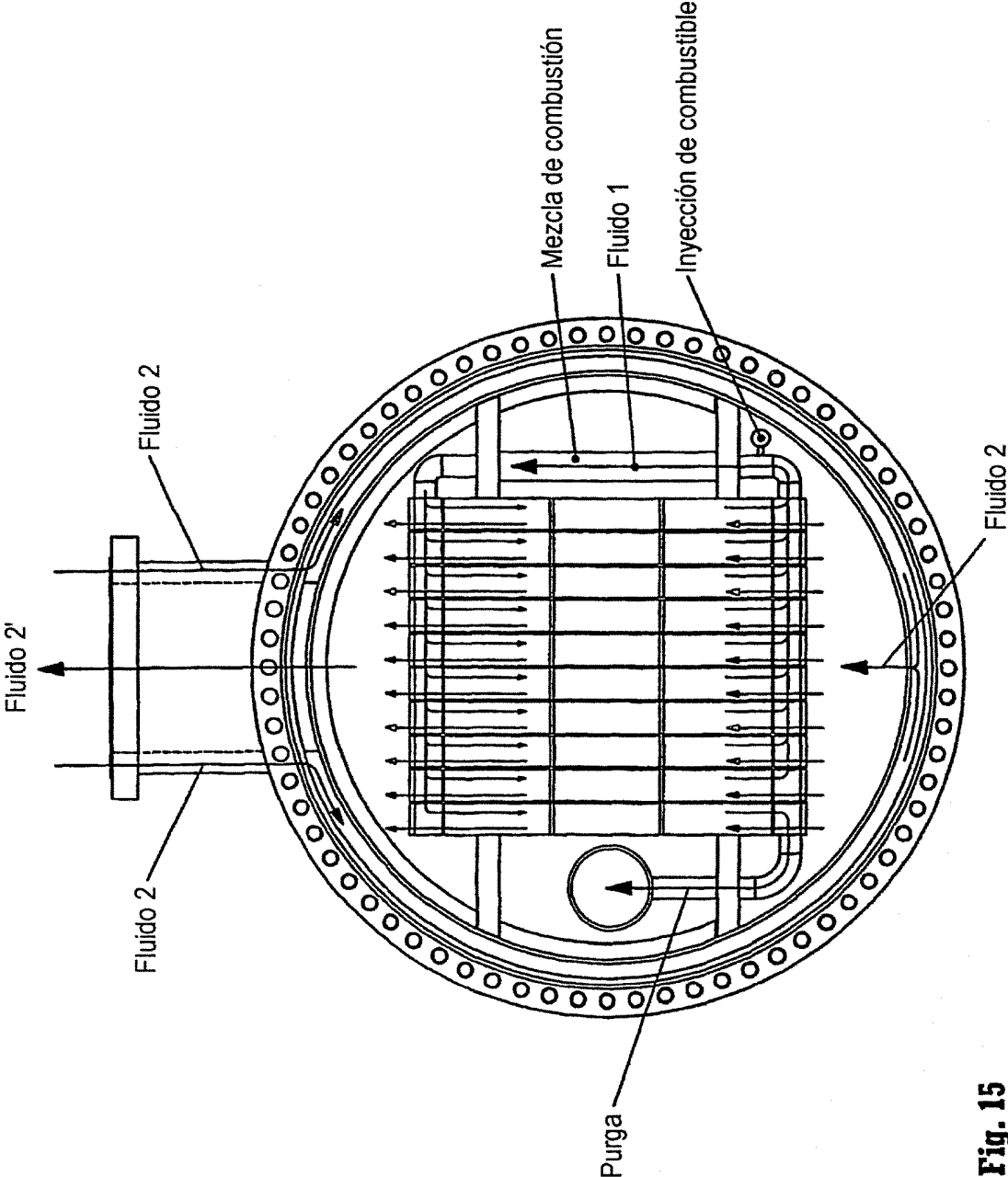


Fig. 15

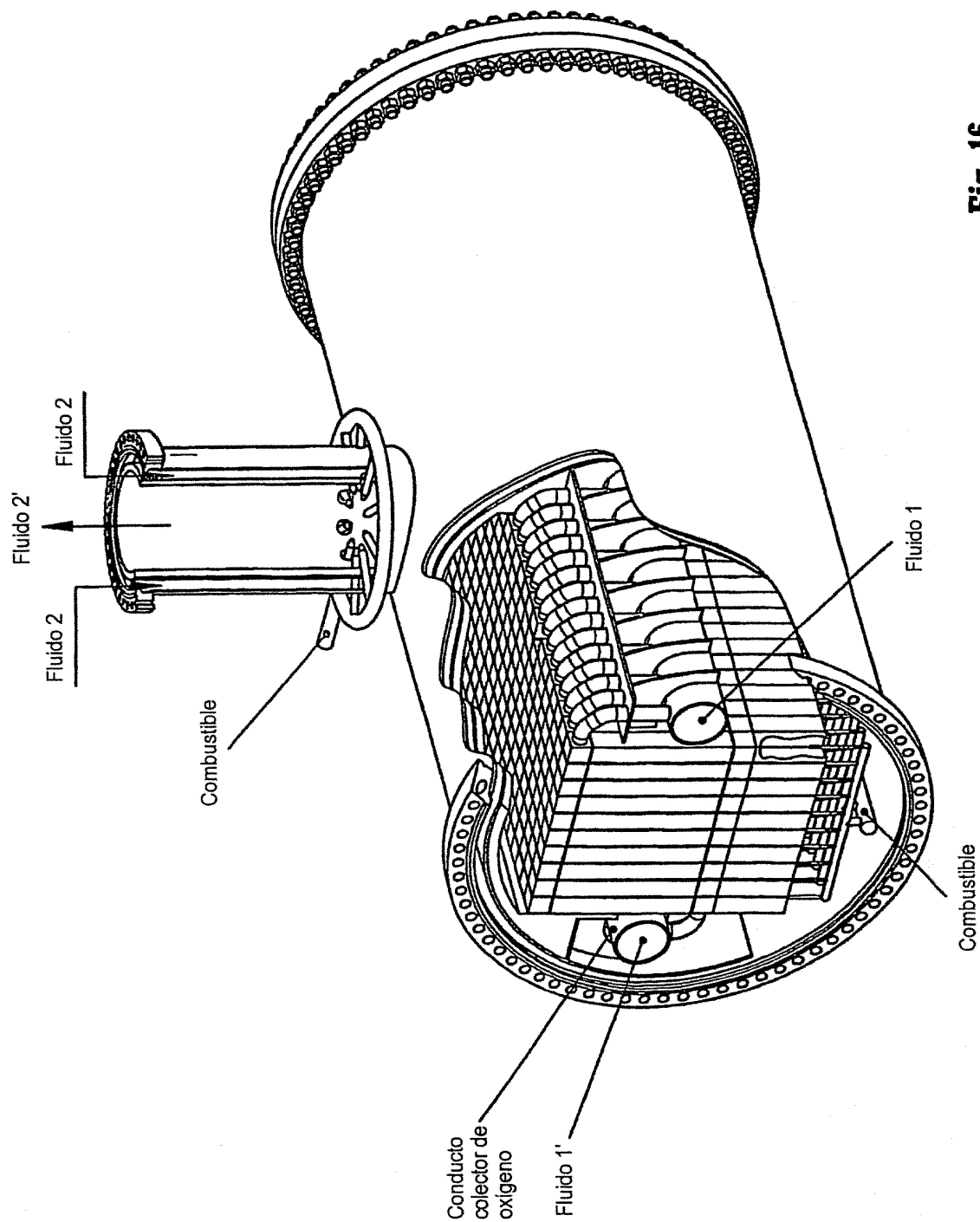


Fig. 16

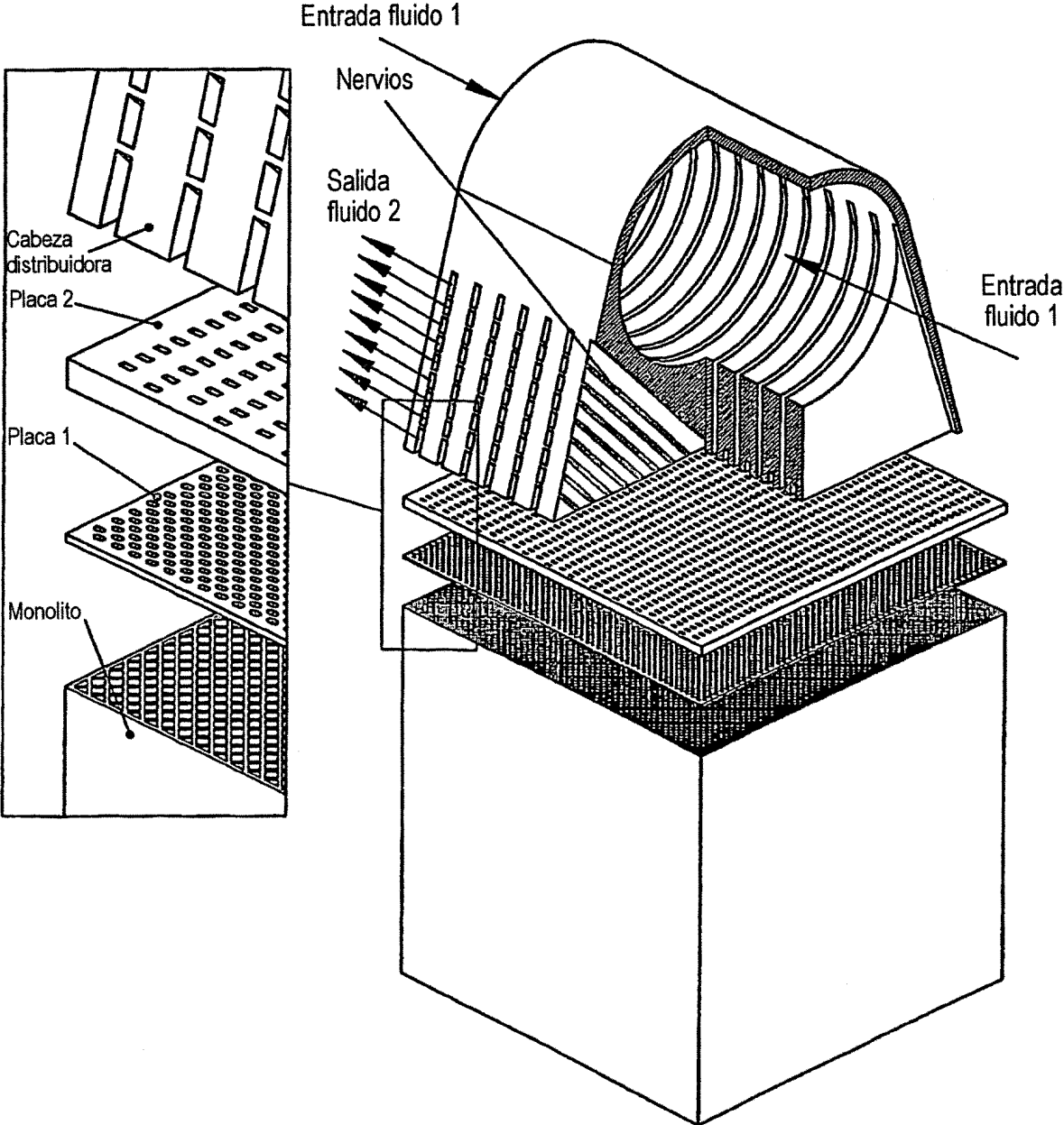


Fig. 17

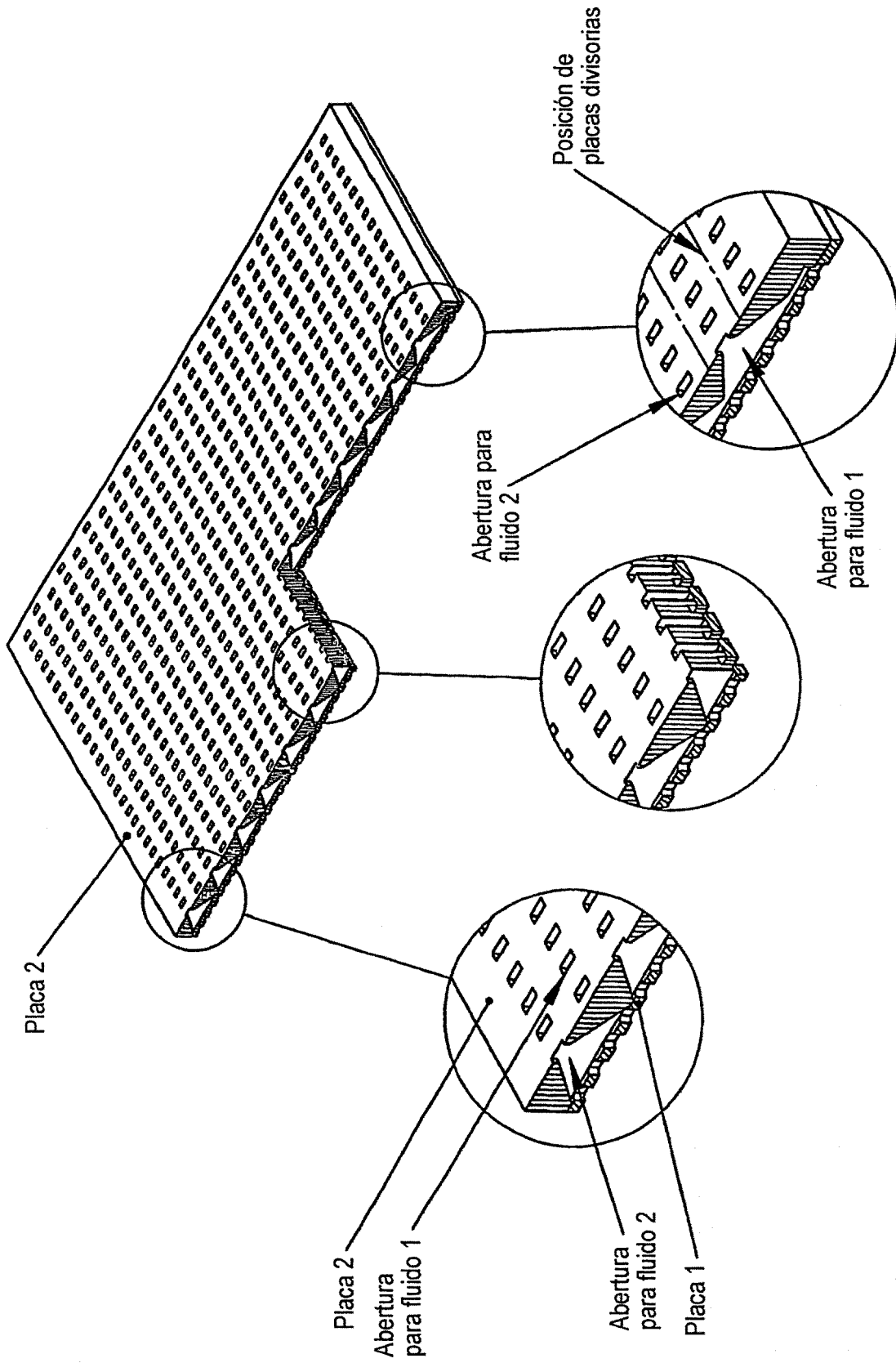


Figura 18