

## TÍTULO DE PATENTE No. 368336

**Titular(es):** UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

**Domicilio:** Lascurain de Retana No. 5, Colonia Centro, 36000, Guanajuato, Guanajuato, MÉXICO

**Denominación:** COLECTOR DIFUSOR PARA CELDAS DE COMBUSTIBLE DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON CAMPO DE FLUJO SERPERTÍN-INTERDIGITADO.

**Clasificación:** **CIP:** H01M8/04; H01M4/94; H01M8/02  
**CPC:** H01M8/04305; H01M4/94; H01M8/02

**Inventor(es):** ABEL HERNÁNDEZ GUERRERO; ISAAC BERNABÉ PÉREZ RAYA; ALEJANDRO ALATORRE ORDAZ; FRANCISCO ELIZALDE BLANCASDANIEL; \*

### SOLICITUD

<b>Número:</b>	<b>Fecha de Presentación:</b>	<b>Hora:</b>
MX/a/2013/014691	13 de Diciembre de 2013	11:26

**Vigencia:** Veinte años

**Fecha de Vencimiento:** 13 de diciembre de 2033

**Fecha de Expedición:** 10 de septiembre de 2019

La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1º, 2º fracción V, 6º fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial.

De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6º fracción III, 7º BIS 2 y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial; artículos 1º, 3º fracción V inciso a), sub inciso iii), 4º y 12º fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial; artículos 1º, 3º, 4º, 5º fracción V inciso a), sub inciso iii), 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial; 1º, 3º y 5º inciso a) y antepenúltimo párrafo, del Acuerdo que delega facultades en los Directores Generales Adjuntos, Coordinador, Directores Divisionales, Titulares de las Oficinas Regionales, Subdirectores Divisionales, Coordinadores Departamentales y otros subalternos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

El presente oficio se signa con firma electrónica avanzada (FIEL), con fundamento en los artículos 7 BIS 2 de la Ley de la Propiedad Industrial; 30 de su Reglamento, y 1 fracción III, 2 fracción V, 26 BIS y 26 TER del Acuerdo por el que se establecen los lineamientos para el uso del Portal de Pagos y Servicios Electrónicos (PASE) del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, en los trámites que se indican.

### SUBDIRECTOR DIVISIONAL DE EXAMEN DE FONDO DE PATENTES ÁREAS MECÁNICA, ELÉCTRICA Y DE DISEÑOS INDUSTRIALES Y MODELOS DE UTILIDAD

#### PEDRO DAVID FRAGOSO LÓPEZ



Cadena Original:  
PEDRO DAVID FRAGOSO LOPEZ|00001000000405457619|Servicio de Administración  
Tributaria|1052|MX/2019/87087|MX/a/2013/014691|Título de patente normal|1223|GAGV|Pág(s)  
2|fFfOPBp94Jv5h61eLdkuVqGzT+A=

Sello Digital:  
OBzbl25YKQm7BmkMqkAUq4rb+P8EWWJ6EamNNU8xfanTvL48AowongP4uuAKvCS1vZLMn9e08FjoGZC0lzAAkNRgm  
8ExBnITZ11T38Sv2Gx66C7ODygowtVBCNHzzDb/obO8hEXp2CmRbFDfZ6pyYpmY/2YBxuQkN4qZ3d4DGhvDyVjxdRu  
rqOCfkNCvxg6L0sFr2Xht3uznliuNkoD3R/oXna3V3V3TRA5wS1Xxc7TuTjDS3PnS1O9whqRcdyVvmEgyLZreuvoPn  
G8fRWns4lxq1N8epfy71FhIkLXID6EpXCEUUL1LVz0BYwxAYVUybwuboo+ImtpS5/HBY9Kg==

\* Información adicional en la siguiente página.





**SE**  
SECRETARÍA  
DE ECONOMÍA



**IMPI**  
INSTITUTO MEXICANO  
DE LA PROPIEDAD  
INDUSTRIAL

## **Continuación de Inventores**

**Inventor(es)** DANIEL ALEJANDRO ANGMEN BERNABEL

## **COLECTOR DIFUSOR PARA CELDAS DE COMBUSTIBLE DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON CAMPO DE FLUJO CON SERPENTÍN-INTERDIGITADO**

### **DESCRIPCIÓN**

#### **OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención, según se expresa en el enunciado de esta memoria descriptiva, se refiere a un colector-difusor para distribución de flujo y substracción de corriente en una celda de combustible o conjunto de celdas de combustible (stack). Se entiende por celda de combustible a un dispositivo donde reacciones electroquímicas se llevan a cabo para producir corriente eléctrica. La invención presenta un colector difusor con un campo de flujo que combina dos de las formas más efectivas de distribución de especies usadas actualmente: distribuidor de flujo serpentín y distribuidor de flujo interdigitado. El presente colector difusor genera una alta uniformidad en la concentración de especies sobre el área activa además de una reducida caída de presión, resolviendo con ello dos de los problemas más adversos en la operación de una celda de combustible.

#### **SECTOR DE LA INVENCION**

Sectores energético y eléctrico. Colector difusor para celda de combustible para aplicaciones de energía eléctrica en instalaciones domésticas, la industria de automoción (terrestre, espacial y marítima), y dispositivos portátiles, entre otros.

#### **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Una celda de combustible se refiere a un dispositivo alternativo para la generación de energía eléctrica. Los principios de operación de una celda de combustible están basados en la conversión de energía contenida en un agente químico (hidrógeno, metanol, etanol, borohidruros, entre otros), a energía eléctrica. Esta conversión permite la generación de potencia con cero emisiones contaminantes a la atmósfera.

A pesar de la relativa simplicidad de los principios de operación empleados en una celda de combustible, aún existen dificultades técnicas que bloquean su comercialización –aunque éstas no opacan el interés del ámbito industrial y científico en este tipo de tecnologías. Hoy en día, la investigación en relación a estos dispositivos incluye el estudio de un amplio número de disciplinas, tales como: técnicas de deposición de catalizadores en los electrodos, así como la búsqueda de materiales óptimos con el objetivo de incrementar las velocidades de reacción y reducir los costos [1]; la comprensión de los diferentes fenómenos de transporte inherentes a la membrana de intercambio iónico buscando bloquear el permeado de especies además del sobre-saturado de especies en los electrodos [2,3]; el diseño del colector difusor con la visión de uniformizar la distribución de las especies sobre el área de reacción (también llamada área activa), minimizar la caída de presión generada, así como también de reducir la resistencia al flujo de los electrones [4, 5]; estudios costo-efectivos del uso de esta tecnología en aplicaciones comerciales [6, 7], sólo por mencionar algunos.

15 Dentro de las mencionadas áreas de investigación, el diseño del colector difusor (también conocido como placa bipolar, o placa monopolar) –que funge como distribuidor de especies y colectores de corriente– ha mostrado tener una alta relevancia sobre el rendimiento de una celda de combustible. En efecto, la forma, el tamaño, y el acomodo de los canales de flujo en el colector difusor influyen significativamente sobre algunos aspectos intrínsecos a este dispositivo electroquímico. Tales aspectos incluyen por ejemplo: la magnitud de la caída de presión, el manejo del agua (eliminando inundación de los electrodos), las zonas aptas para llevar a cabo las reacciones electroquímicas, el aprovechamiento del combustible y oxidante, la colección de los electrones, entre otros factores.

25 Por otro lado, el diseño efectivo del colector difusor en una celda de combustible no es una tarea fácil; éste requiere del conocimiento de ciertos conceptos relacionados tanto a la electroquímica así como a los fenómenos de transporte inherentes. Primeramente, debido a que las reacciones ocurren en la interface entre las capas catalizadoras y la membrana (zona activa), los electrones fluyen desde dicha zona hasta el colector difusor. Por tanto, el colector difusor debe de ser diseñado tal que el recorrido de los electrones sea reducido lo mayormente posible, para de esta forma minimizar la resistencia a su paso [8]. Por otro lado, para obtener

el mayor beneficio posible de los materiales empleados en la celda –particularmente aquellos en la membrana y los catalizadores-, una ocurrencia uniforme de las reacciones electroquímicas es también indispensable. De hecho, una distribución no uniforme de los reactivos lleva a tener zonas inactivas de los catalizadores y membrana lo que se traduce en una explotación no completa de los materiales que componen estos elementos. Por tanto, la optimización de los distintos componentes en una celda de combustible requiere de una distribución uniforme de los reactivos a lo largo del área activa de la celda. Por otro lado, en lo referente también a la distribución de especies en la celda, el correcto manejo del agua producto de las reacciones es también un factor importante a considerar; aunque una cierta cantidad de agua beneficia la conductividad de la membrana ya que proporciona zonas hidrofílicas que favorecen el paso de los protones, una rebose de agua implica la inundación de los electrodos. Otro factor a tomar en cuenta para el diseño efectivo del colector difusor en una celda de combustible es lo que se conoce como caída de presión, que se relaciona directamente con la energía requerida para distribuir el flujo a través de la celda. La caída de presión debe ser tan baja como sea posible para con ello disminuir la potencia usada por el dispositivo de bombeo que alimenta de reactivos a la celda. De acuerdo a Li & Park [9], la caída de presión en una celda de combustible puede llegar a ser de tal magnitud como el 35 % de la potencia producida en un stack (conjunto de celdas de combustible). Más aún, algunos estudios demuestran que una baja caída de presión contribuye también a reducir el efecto crossover [10] en la membrana (la membrana al ser un material conformado por grupos funcionales permite un desalentador permeado de especies no deseadas). Otro de los factores a considerar en el diseño del colector difusor es también el fácil manufacturado y la practicidad [6].

La patente, US 6,586,128 B1, propiedad intelectual de Johnson et al. [11], refiere a un colector difusor caracterizado por la distribución de flujo a través de canales paralelos. En general este colector difusor es atractivo debido a su fácil manufactura y practicidad, además de que conlleva a una relativa baja caída de presión. Por otro lado, diferentes estudios han demostrado que este colector difusor limita el rendimiento de la celda debido a su baja efectividad para uniformizar la distribución de especies [12]. Como fue previamente

mencionado, este hecho aparte de reducir el rendimiento de la celda de combustible, causa además un uso ineficiente de los componentes que la conforman.

La patente US 4,988,583, propiedad intelectual de Watkins et al. [13], describe un colector difusor con campo de flujo en forma de serpentín. Este colector difusor envía los reactivos desde la entrada hasta la salida a través de una trayectoria definida. El flujo es guiado por medio de un solo canal que describe vueltas en forma de zigzag (cambios en forma de U). Actualmente este colector difusor con campo de flujo en forma de serpentín corresponde al de mayor aceptación en el campo ingenieril, esto debido a su relativa efectividad en el manejo de especies. El serpentín, en comparación con otros diseños, mantiene una organizada distribución de los reactantes a través del área activa (no necesariamente uniforme), lo que reduce significativamente las pérdidas por concentración. Más aún, las características de este distribuidor crean un mecanismo de remoción de agua, que es consecuencia del gradiente de presión generado por cada cambio en la dirección del flujo a lo largo del canal. Por otro lado, a pesar del destacado funcionamiento de este distribuidor, el hecho de mantener un solo canal para la total distribución del flujo trae como consecuencia dos factores adversos para el efectivo funcionamiento de la celda: una alta caída de presión, además de una diferencia significativa en la concentración de especies entre las zonas cercanas a la entrada y salida de flujo [14]. Una versión más apropiada de este colector difusor sería aquella en la que, contrario a distribuir las especies por medio de un solo canal en forma de serpentín, la tarea fuese dividida por medio de dos o más serpentines.

El colector difusor con campo de flujo interdigitado es otro de los diseños sobresalientes en la distribución de especies/colección de corriente en celdas de combustible [15]. En este colector difusor, las especies son distribuidas de forma muy similar a la configuración de canales paralelos, sin embargo, en el colector difusor interdigitado, las especies son forzadas a migrar hacia la zona activa antes de llegar a la salida de flujo. Los canales paralelos en el colector difusor interdigitado son divididos en dos regiones: aquellos canales conectados directamente con la entrada de flujo, y aquellos conectados con la salida de flujo. Una vez que los reactivos fluyen a través de los canales paralelos, el paso de éstos es bloqueado de tal forma que su dirección de flujo cambia en ángulo recto dirigiéndose directamente hacia la

zona activa. Aquí las especies tienen la opción de reaccionar o también la de fluir a los canales conectados con la salida de flujo. Esta decisión depende de la cantidad de especies habitando la zona activa; habiendo un sobresaturado en la cantidad de especies, éstas optan por buscar la salida de flujo en vez de luchar por un lugar para reaccionar. Esta técnica de forzar las especies a migrar hacia la zona activa, favorece el rendimiento de la celda ya que incrementa la disponibilidad de los reactivos a participar en las reacciones electroquímicas. Este efecto es altamente apreciado especialmente a altas densidades de corriente, condiciones usualmente caracterizadas por una carencia de los reactivos. Esta configuración también beneficia a la remoción de agua de las capas de difusión; en este caso el incremento del momento en los especies debido a su bloqueo aumenta su capacidad de arrastre de agua. Por otro lado, el principal problema del colector difusor con campo de flujo interdigitado radica en el diseño en sí mismo. A bajas densidades de corriente existe un sobre llenado de los electrodos con los especies; agréguese también a esto la alta caída de presión generada por el bloqueo de las especies. Estos hechos incrementan además el fenómeno antes mencionado de crossover sobre la membrana, perjudicando significativamente el rendimiento de la celda. Una versión más apropiada de este colector difusor sería aquella en la que no todas las especies fueran forzadas a viajar a hacia la zona activa.

Otros diseños de colectores difusores ampliamente encontrados en la literatura emplean conceptos de distribución de flujo con espiral doble [16] o espirales con ángulos a  $90^\circ$  [17] sin embargo estos diseños presentan algunas restricciones referentes a su desempeño ya que no logran mejorar o asemejarse siquiera al desempeño obtenido por los colectores difusores convencionales. Algunos, además conllevan al inundamiento de los electrodos y/o a elevadas caídas de presión.

La presente invención logra vencer las principales barreras encontradas en los diseños convencionales de colectores difusores. Es decir, busca eliminar los problemas relacionados a la no homogeneidad en la distribución de especies, además de reducir la alta caída de presión generada. Para ello, la presente invención combina dos de los conceptos más usados para la distribución de especies: campo de flujo en forma de serpentín y campo de flujo interdigitado. La fusión de estos campos de flujo (serpentín e interdigitado) en un solo

colector difusor como lo propone la presente invención lleva a eliminar los problemas de alta caída de presión, además de que incrementa la uniformidad de la concentración de especies sobre el área activa de la celda, todo esto sin perder practicidad. Las ventajas obtenidas con la presente invención se traducen en un mejor aprovechamiento de los materiales involucrados en la operación de este dispositivo, tales como los catalizadores y la membrana, optimizando con ello el costo de operación de este dispositivo electroquímico. Estos materiales se caracterizan por tener una constitución homogénea de sus propiedades, y por ende es altamente necesario un acomodo homogéneo (uniforme) de las diferentes especies que tienen lugar.

10

El presente colector difusor es analizado y comparado con las configuraciones convencionales bajo condiciones reales de operación de una celda de combustible. Para ello, se seleccionó como fuente de estudio a la celda alimentada con hidrógeno como combustible y oxígeno como oxidante (celda de combustible de intercambio protónico). Esta última, actualmente representa la celda electroquímica de mayor interés y desarrollo en el ámbito ingenieril e industrial. La operación de la celda combustible bajo cada colector difusor es comparada en términos de distribución de densidad de corriente, uniformidad de la distribución de especies, caída de presión, curvas de polarización, y potencia generada.

20

El análisis de desempeño fue realizado mediante un modelo numérico que toma en cuenta los efectos tridimensionales de los fenómenos electroquímicos inherentes a la celda; en este caso los transportes difusivos y convectivos, la cinética-química de las reacciones (en ambos lados ánodo y cátodo), el transporte de electrones y protones, el consumo de especies, la generación de agua en el lado del cátodo y el transporte de agua a través de la membrana (efecto electro-osmótico).

25

Los resultados obtenidos de la investigación demuestran que la fusión de los campos serpentín e interdigitado tal como lo propone la presente invención en colectores difusores lleva a una efectiva distribución de especies y colección de electrones, aspectos fundamentales para el incremento del rendimiento de una celda de combustible, abriendo con ello una nueva rama en el diseño de colectores difusores.

30

Los resultados también muestran la superioridad del presente colector difusor para uniformizar la distribución de especies sobre el área activa, además de mantener una caída de presión a través de los canales de flujo significativamente menor en comparación con el colector difusor convencional en forma serpentin y a aquel con campo de flujo interdigitado, lo que convierte a la presente invención en un opción viable y efectiva para el manufacturado de celdas de combustible.

## REFERENCIAS

- [1] Sharma S, Pollet B.G. Support materials for PEMFC and DMFC electrocatalysts—A review. *Journal of Power Sources*, 208 (2012) 96-119.
- [2] Izquierdo M.A, Barragán V.M, Villaluenga P.G, Godino M.P, Water uptake and salt transport through Nafion cation-exchange membranes with different thicknesses. *Chem Engineering Science* 72 (2012) 1-9.
- [3] Yamanaka T, Takeguchi T, Takahashi H, Ueda W. Water Transport during Ion Conduction in Anion-Exchange and Cation-Exchange Membranes. *J Electrochem Soc* 156 (2009) B831-B835.
- [4] Xianguo L, Sabir I. Review of bipolar plates in PEM fuel cells: Flow-field designs. *International Journal of Hydrogen Energy* 30 (2005) 359-371.
- [5] Arvay A, Frecnh J, Wang J. C, Peng X. H, Kannan A. M, Review Nature inspired field designs for proton exchange membrane fuel cell, *International Journal of Hydrogen Energy* 38 (2013) 3717-3726.
- [6] Jayakumar K, Pandiyan S, Rajalakshmi N, Dhathathreyan K.S. Cost-benefit analysis of commercial bipolar plates for PEMFC's. *Journal of Power Sources*, 161 (2006) 454-459.
- [7] Mehta V, Cooper S. J. Review and analysis of PEM fuel cell design and manufacturing. *Journal of Power Sources* 114 (2003) 32-53.
- [8] T. Nguyen, T. Berning, N. Djilali, Computational model of a PEM fuel cell with serpentine gas flow channels, *Journal of Power Sources*, 130 (2004) 149–157.
- [9] Li X, Sabir I, Park J. A flow channel design procedure for PEM fuel cells with effective water removal. *J Power Sources*, 163 (2007) 933-942.

- [10] Shi Z, Wang X. A numerical study of flow crossover between adjacent flow channels in a proton exchange membrane fuel cell with serpentine flow field. *Journal of Power Sources*, 185 (2008) 985-992.
- [11] Johnson M.C, Wilkinson D.P, Kenna J, Vanderleeden O.R, Zimmerman J, Tabatabaian M. US Patent No. 6,586,128, 2003.
- [12] Lozano A, Valiño L, Barreras F, Mustata R. Fluid dynamics performance of different bipolar plates Part II. Flow through the diffusion layer. *Journal of Power Sources*, 179 (2008) 711-722.
- [13] Watkins D.S, Dircks K.W, Epp D.G. US Patent No. 4,988,583 (1991).
- 10 [14] Park J, Li X. An experimental and numerical investigation on the cross flow through gas diffusion layer in a PEM fuel cell with a serpentine flow channel. *Journal of Power Sources*, 163 (2007) 853-863.
- [15] Hu G, Fan J, Chen S, Liu Y, Cen K, Three-dimensional numerical analysis of proton exchange membrane fuel cells (PEMFCs) with conventional and interdigitated flow fields, 15 *Journal of Power Sources*, 136 (2004) 1-9.
- [16] Wilkening H., Huslage J., F. Hesel., US Patent No. 7,029,776
- [17] Debe M.K., Herdle T., US Patent No. 6,780,536

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

20

La Figura 1 muestra una representación de la vista frontal y el isométrico del colector difusor con campo de flujo serpentin-interdigitado para la distribución de especies y colección de electrones de una celda de combustible convencional.

25

La Figura 2 muestra el diseño del colector difusor con campo de flujo serpentin-interdigitado y señala las partes principales de éste.

30

La Figura 3 muestra una vista isométrica de cada uno de los componentes en el ensamble de una celda de combustible, con la correspondiente representación del colector difusor en esta invención.

La Figura 4 representa el isométrico del ensamble final de la celda de combustible como parte de la presente invención.

La Figura 5 representa la vista lateral del ensamble final, y muestra el contacto entre el colector difusor y el ensamble membrana-electrodo (MEA, por sus siglas en inglés) como parte de la presente invención.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

La presente invención introduce un colector difusor con campo de flujo serpentín-interdigitado para la distribución de especies y colección de corriente eléctrica en celdas de combustible. El colector difusor con campo de flujo serpentín-interdigitado genera una efectiva homogenización en la concentración de especies a lo largo del área activa, logrando optimizar el uso efectivo de los diferentes componentes en estos dispositivos electroquímicos (particularmente los catalizadores y la membrana). El colector difusor con campo de flujo serpentín-interdigitado también conlleva a una reducida caída de presión lo que mejora la potencia neta producida por la celda.

#### Descripción del diseño del colector difusor:

El colector difusor para celdas de combustible de generación eléctrica con campo de flujo serpentín-interdigitado se presenta en la Figura 1, donde se muestra una vista frontal e isométrica de este colector difusor.

La presente invención se explica con mayor detalle por medio de la Figura 2. La principal innovación en esta invención es constituida por la forma de los canales de flujo (manufacturados por medio de máquinas de control numérico computarizado) sobre el colector difusor (3), esta forma nace de la combinación entre dos de los colectores difusores más eficientes: colector difusor con campo de flujo en forma de serpentín, y colector difusor con campo de flujo en forma interdigitado.

El campo de flujo sobre el colector difusor para celdas de combustible de generación eléctrica con campo de flujo serpentín-interdigitado consta de una placa colectora que tiene una entrada (1) y una salida de flujo (2), dos canales en forma de serpentín (4) ubicados un extremo derecho y un extremo izquierdo de la placa colectora, un canal central (17) (columna vertebral del campo de distribución) con campo de flujo interdigitado (5), y un tope (19) que desconecta al canal central (17) con la salida de flujo (2). Una vez que entra el flujo al colector difusor a través de la entrada (1), el flujo es dirigido desde la entrada de flujo a través de un canal de entrada el cual se conecta a dos canales en forma de serpentín (4) ubicados un extremo derecho y un extremo izquierdo de la placa colectora, el canal de entrada está conectado además con un canal central (17) (columna vertebral del campo de distribución) con canales interdigitados (5) que posteriormente envía los reactivos correspondientes en direcciones opuestas por medio de canales interdigitados (18) hacia los extremos derecho e izquierdo de la placa colectora. Las especies en los canales interdigitados (18) son bloqueadas de tal forma que su dirección de flujo cambia en ángulo recto configurada para dirigirse directamente hacia una capa de difusión adyacente al dispositivo colector difusor, generando con ello el efecto de campo de flujo interdigitado. Las especies en el canal central (17) son bloqueadas por un tope (19) que desconecta al canal central (17) con la salida de flujo (2), en donde únicamente los canales en forma de serpentín están conectados a la salida de flujo (2) por medio de un canal de salida.

20

En el colector difusor con campo de flujo serpentín-interdigitado, los canales en forma de serpentín (4) llevan a tener una fácil remoción de las especies (especialmente el agua que lleva a la inundación de los electrodos), y ahora que dos canales en forma de serpentín en vez de uno solo –caso particular del colector difusor convencional– son gravados sobre el colector difusor, se obtiene un incremento en la uniformidad de la concentración de especies además de reducir la caída de presión. El acomodo de los canales interdigitados (5), por otro lado, está configurado para obligar a parte de las especies a migrar hacia la capa de difusión (9) y (13).

30

En la presente invención existe también un efecto extra que es digno de observarse; canal central (17) (columna vertebral del campo de distribución) con canales interdigitados (5)

lleva a las especies a ocupar las zonas cercanas a la salida de flujo en un menor recorrido. Este efecto, aunado a la capacidad de las especies provenientes del canal con campo interdigitado de fluir hacia los serpentines, permite incrementar la concentración de especies en aquellas zonas alejadas de la entrada de flujo, homogeneizando con ello la concentración de especies a lo largo del área activa.

La fusión de los campos de flujo de los canales en forma de serpentín y los canales interdigitados como se hace en el presente colector difusor alimenta eficientemente la zona activa de la celda (interfaz membrana (11) y catalizadores (10) y (12)). Un distribuidor de flujo con las mencionadas características es imprescindible para lograr el eficiente funcionamiento de una celda de combustible.

El número de canales con campo de flujo interdigitado sobre la placa podrá ser cualquiera y se fijará de acuerdo con las aplicaciones específicas; pudiéndose así modificar el tamaño y forma de la misma placa bipolar (cuadrada o rectangular). De acuerdo con los criterios de diseño y construcción, el dispositivo se puede fabricar por mecanizado, moldeado o estampado, empleando placas de metal, compuestos poliméricos (composites), grafito o cualquier otro de los materiales aplicados en la fabricación de placas bipolares.

#### 20 Descripción de la operación de la celda de combustible:

La Figura 3 presenta cada uno de los componentes que constituyen una celda de combustible tradicional. La operación de la celda electroquímica como un sistema cerrado se describe a continuación: en el lado del ánodo, el combustible fluye a través de la placa de distribución (8). Los gases en el colector difusor fluyen hacia la capa de difusión de gases (9), para finalmente llegar a la capa catalizadora (10). En la interfaz entre el catalizador del ánodo (10) y la membrana (11), el combustible es oxidado, generando iones y electrones. Los iones son transportados del ánodo al cátodo a través de la membrana (11), esta membrana promueve el flujo de estos iones y bloquea el paso de otras especies. Los electrones pasan del colector en el ánodo (7) al colector en el cátodo (15) a través de un circuito externo. El circuito externo une al ánodo y cátodo, los electrones fluyen desde la placa anódica (7) hasta la placa catódica

(15). En el lado del cátodo, una reacción de combinación entre los electrones, los iones, y el agente oxidante se lleva a cabo en la interfaz entre el catalizador catódico (12) y la membrana (11). Al igual que el combustible, el agente oxidante (en el cátodo) es distribuido por medio de la placa de distribución (14), y pasa a través de la capa de difusión (13) para llegar a la zona activa. El campo de flujo serpentín-interdigitado es grabado sobre los colectores difusores (8, 14). El ensamble de todos los componentes se realiza mediante las placas sujetadoras (6) y (16), estas placas mantienen unidos a cada uno de los componentes.

La evolución de los reactivos por medio de las reacciones electroquímicas no solo es altamente influenciada por la forma de distribución del flujo en el colector difusor (14) y (8), también los catalizadores (10) y (12) y la membrana (11) juegan un papel importante. Ambos elementos están finamente diseñados para cumplir su función particular. La membrana, por ejemplo, está compuesta por grupos sulfónicos cargados positiva o negativamente, logrando con ello atraer/bloquear las partículas de carga opuesta/semajante desde el lugar en que se generan hasta el lugar en que se consumen. Los catalizadores, por otro lado, son formados comúnmente por nano-partículas de materiales preciosos tales como oro, platino, paladio, solo por mencionar algunos. Estos materiales están uniformemente distribuidos a lo largo de la zona activa de la celda, de aquí la importancia de homogenizar las especies para con ello activar cada una de las zonas de estos componentes a su máximo potencial.

Las Figuras 4 y 5 muestran el modelado final del ensamble que incluye al colector difusor con campo de flujo serpentín-interdigitado. En la Figura 4 se presenta una vista isométrica del ensamble. La Figura 5 por otro lado, presenta una vista lateral; esta vista muestra el ensamble membrana-catalizadores.

25

## EJEMPLOS

La presente invención comprende un colector difusor con campo de flujo serpentín-interdigitado. La invención mejora el desempeño en las celdas de combustible a través de generar una mayor uniformidad en la concentración de especies sobre el área activa, además de una reducida caída de presión. La presente invención es capaz de promover una potencia

30

del orden de 350-400 mW/cm<sup>2</sup> en una celda de combustible alimentada con hidrógeno, ofrecer un gradiente de concentración de combustible entre la entrada y la salida de flujo menor a 0.057 wt.%, y una caída de presión apenas del orden de 0.184 kPa, esto para un razón estequiométrica de 1.5, una temperatura de 70 °C, y a una densidad de corriente de 1 A/cm<sup>2</sup>. Bajo condiciones de operación semejantes, los colectores difusores convencionales promueven una generación de potencia similar (350-400 mW/cm<sup>2</sup>), sin embargo, los gradientes de concentración y presión están en el orden de 0.065 wt % y 1.12 kPa, respectivamente. La presente invención genera una caída de presión del orden de cientos de pascales, mientras que los colectores difusores convencionales del orden de miles de pascales.

Las celdas de combustible proporcionan una alternativa en la generación de energía con numerosas ventajas como lo son la producción de energía limpia, operación silenciosa, alta eficiencia, sólo por mencionar algunas. Las celdas de combustible son eficientes en un 60-90%, mientras que las máquinas convencionales (plantas térmicas y motores de combustión) alcanzan un rango en la eficiencia apenas del 25-30%. Las principales aplicaciones de estos dispositivos electroquímicos se enfocan en la energía remota (locaciones sin acceso a electricidad de servicio público), energía portátil en equipos electrónicos tales como teléfonos celulares o computadoras, energía eléctrica para impulsar motores vehiculares (para el transporte terrestre, marítimo, y espacial), solo por mencionar algunas.

El colector difusor con campo serpentin-interdigitado al ser usado en los llamados stacks (conjunto de celdas de combustible) llevará grabado el campo de flujo sobre ambas superficies (superior e inferior) del colector difusor. Esta ingeniosa idea fue concebida con el objetivo de minimizar los costos en los materiales, en este caso, ambos tipos de reactantes (anódicos y catódicos) son distribuidos por una sola placa colectora. El colector difusor tiene en un mismo instante el papel de colector anódico y catódico, debido a esto, el colector difusor en stacks es también conocido como placa bipolar. Actualmente una de las mayores adversidades de estos dispositivos yace en la alta caída de presión generada por los colectores difusores convencionales. Se sabe que en stacks alimentados con hidrógeno, el 35 % de la energía producida por el dispositivo electroquímico es gastada en el bombeo de las

especies. La reducida caída de presión característica de la presente invención reduce dicho gasto de potencia a un 5.6 % de la potencia producida.

## REIVINDICACIONES

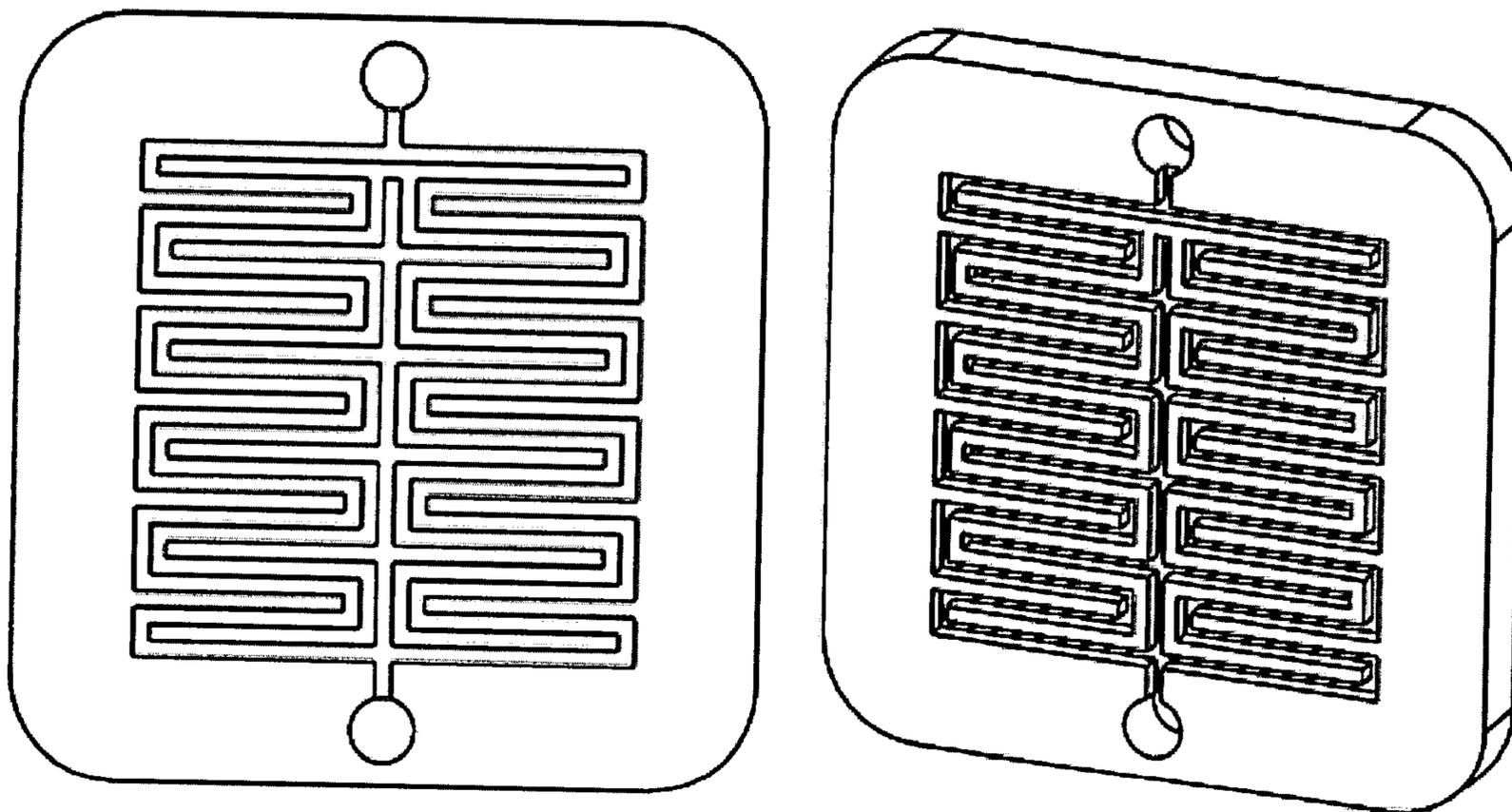
1. Un dispositivo colector difusor para celdas de combustible de generación eléctrica con campo de flujo serpentin-interdigitado, que consiste en: una placa colectora que tiene una entrada (1) y una salida de flujo (2), una vez que entra el flujo al colector difusor éste es dirigido desde la entrada de flujo a través de un canal de entrada el cual se conecta a dos canales en forma de serpentin (4) ubicados en un extremo derecho y un extremo izquierdo de la placa colectora, el canal de entrada está conectado además con un canal central (17) (columna vertebral del campo de distribución) con campo de flujo interdigitado (5) que posteriormente envía los reactivos correspondientes en direcciones opuestas por medio de canales interdigitados (18) hacia los extremos derecho e izquierdo de la placa colectora, las especies en los canales interdigitados (18) son bloqueadas de tal forma que su dirección de flujo cambia en ángulo recto configurada para dirigirse directamente hacia una capa de difusión adyacente al dispositivo colector difusor, generando con ello el efecto de campo de flujo interdigitado. Las especies en el canal central (17) son bloqueadas por un tope (19) que desconecta al canal central (17) con la salida de flujo (2), en donde únicamente los canales en forma de serpentin están conectados a la salida de flujo (2) por medio de un canal de salida.
2. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los canales en forma de serpentin (4) proporcionan una trayectoria definida tal que el flujo experimenta cambios en su dirección en forma de zigzag (cambios en forma de U).
3. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, que se caracteriza porque el canal de entrada distribuye las especies hacia los canales los canales en forma de serpentin (4) y los canales interdigitados.
4. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, que se caracteriza porque los canales en forma de serpentin (4) están conectados a la salida de flujo (2) por medio de un canal de salida.
5. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, que se caracteriza porque el canal central (17) está conectado con los canales con flujo interdigitado (5).

6. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la longitud de los canales en forma de serpentin es definida por el extremo derecho o izquierdo de la placa colectora y el canal central con campo interdigitado (17).
- 5 7. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los canales en forma de serpentin (4) distribuyen el flujo desde el centro del dispositivo difusor hacia los extremos o vice-versa.
8. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los canales en forma de serpentin (4) distribuyen el flujo desde la parte inferior hasta la parte superior del difusor.
- 10 9. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, que se caracteriza porque el flujo que entra al canal central (17) tiene ramificaciones que ocupan los espacios generados por las vueltas en forma de "U" de los canales en forma de serpentin.
10. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, que se caracteriza porque el canal con campo interdigitado (5) distribuye el flujo desde el centro hacia los extremos derecho e izquierdo de la placa colectora en direcciones opuestas a través de los canales interdigitados.
- 15 11. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, en donde los canales de distribución de flujo en interdigitado circula flujo del centro hacia los extremos del dispositivo difusor.
- 20 12. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, en donde los canales en forma de serpentin (4) llevan a tener una fácil remoción de las especies (especialmente el agua que lleva a la inundación de los electrodos), y ahora que los dos canales en forma de serpentin en vez de uno solo son gravados sobre el colector difusor, se obtiene un incremento en la uniformidad de la concentración de especies además de una reducción en la caída de presión.
- 25 13. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el acomodo del campo de flujo interdigitado está configurado para obligar a parte de las especies a migrar hacia la capa de difusión (9) y (13).
- 30 14. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, en donde el canal central (17) lleva a las especies a ocupar las zonas cercanas a la salida de flujo en un menor recorrido.

15. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, en donde la fusión de los campos de flujo de los canales en forma de serpentin y los canales interdigitados alimenta eficientemente la zona activa de la celda.
- 5 16. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el número de canales con flujo interdigitado (18) sobre la placa podrá ser cualquiera y se fijará de acuerdo con las aplicaciones específicas; pudiéndose así modificar el tamaño y forma de la misma placa bipolar (cuadrada o rectangular).
- 10 17. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la forma de la sección transversal de los canales puede ser circular, cuadrada, o cualquier otra forma conveniente.
18. El dispositivo de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la dirección de la circulación del flujo desde el centro del difusor hacia los extremos o vice-versa es preferentemente horizontal. Sin embargo, una dirección con un cierto ángulo de inclinación es también aceptable.

## RESUMEN

La invención presenta un colector difusor con un patrón de flujo basado en la fusión de dos de los conceptos más efectivos para la distribución de flujo: serpentín e interdigitado. En el colector difusor, una sola entrada de flujo pasa a los reactivos a tres distribuidores: dos laterales en forma de serpentín (cambios de dirección de flujo en forma de U), y un distribuidor de flujo central, este último dirige el flujo hacia los espacios generados por los serpentines y aplica al concepto de flujo interdigitado a la distribución. El presente diseño mantiene las dos características más buscadas en las placas de distribución: una baja caída de presión, además de una alta uniformidad en la concentración de especies. En la invención se incluyen dos placas distribuidoras, el ensamble membrana-catalizadores, dos placas colectoras, y dos placas sujetadoras que hermetizan a las placas distribuidoras con el ensamble membrana electrodo. El colector difusor descrito puede ser empleado en ambos lados, ánodo y cátodo; es decir éste puede ser usado para distribuir el combustible y/o el oxidante.



**Figura 1**

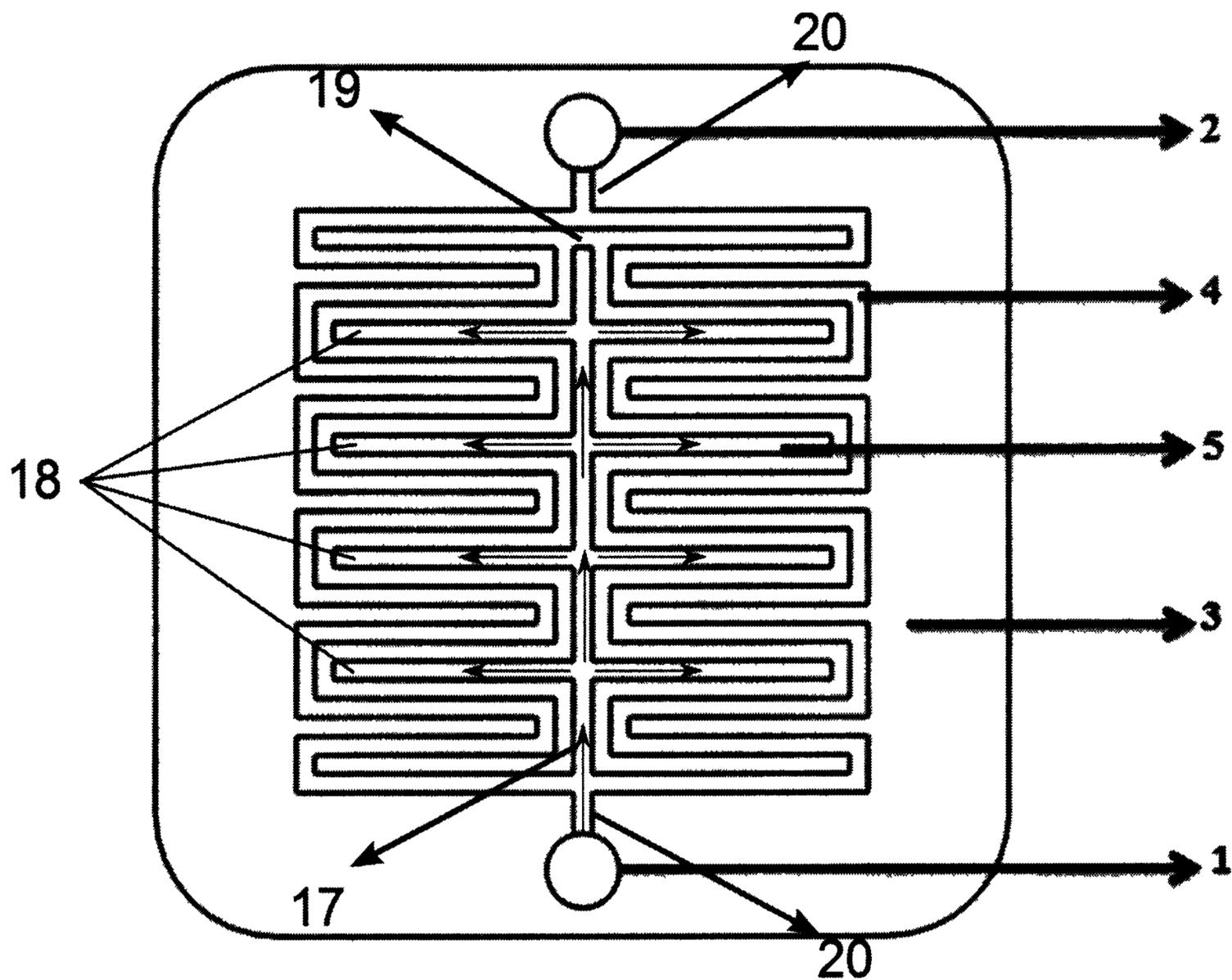
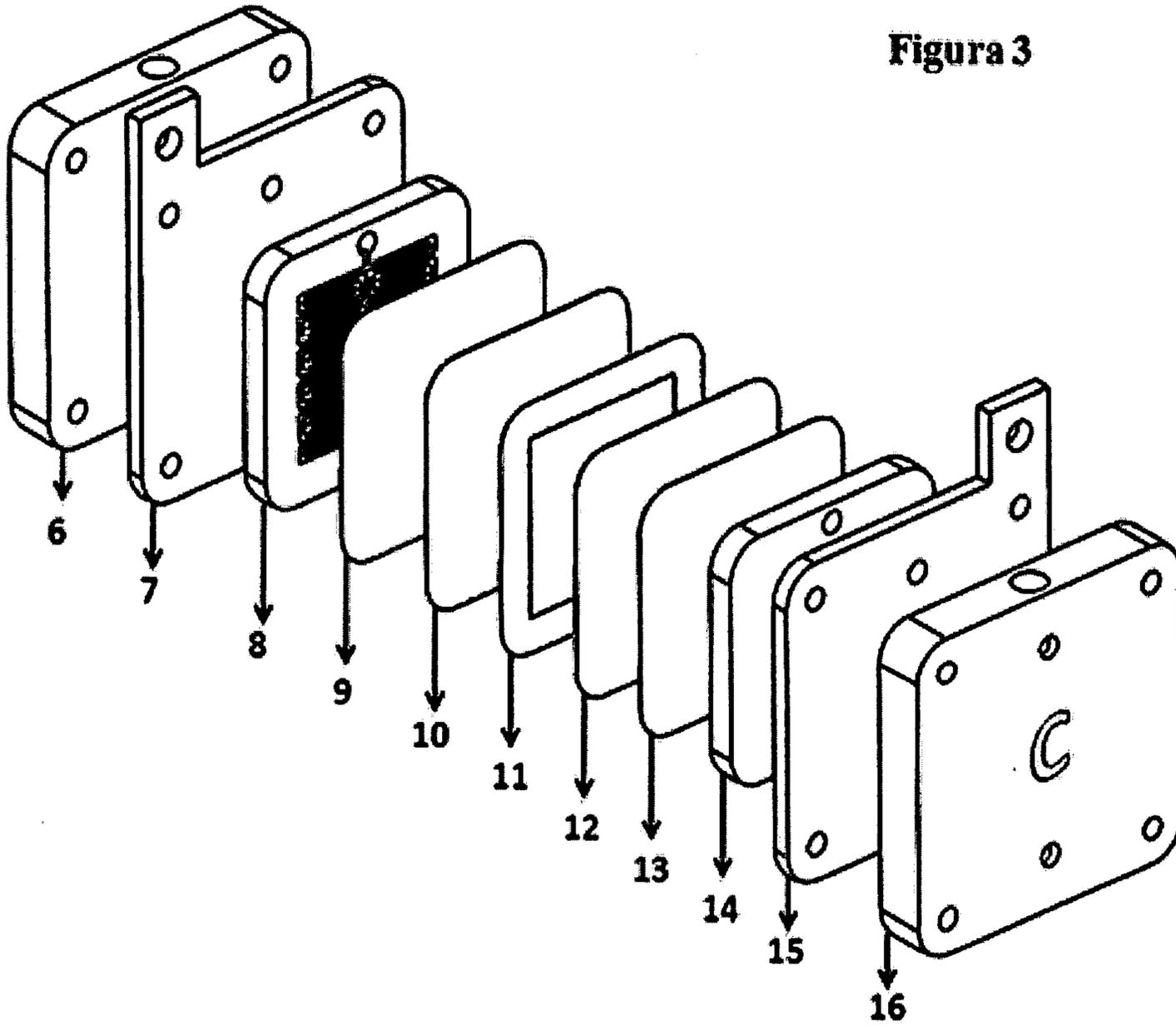
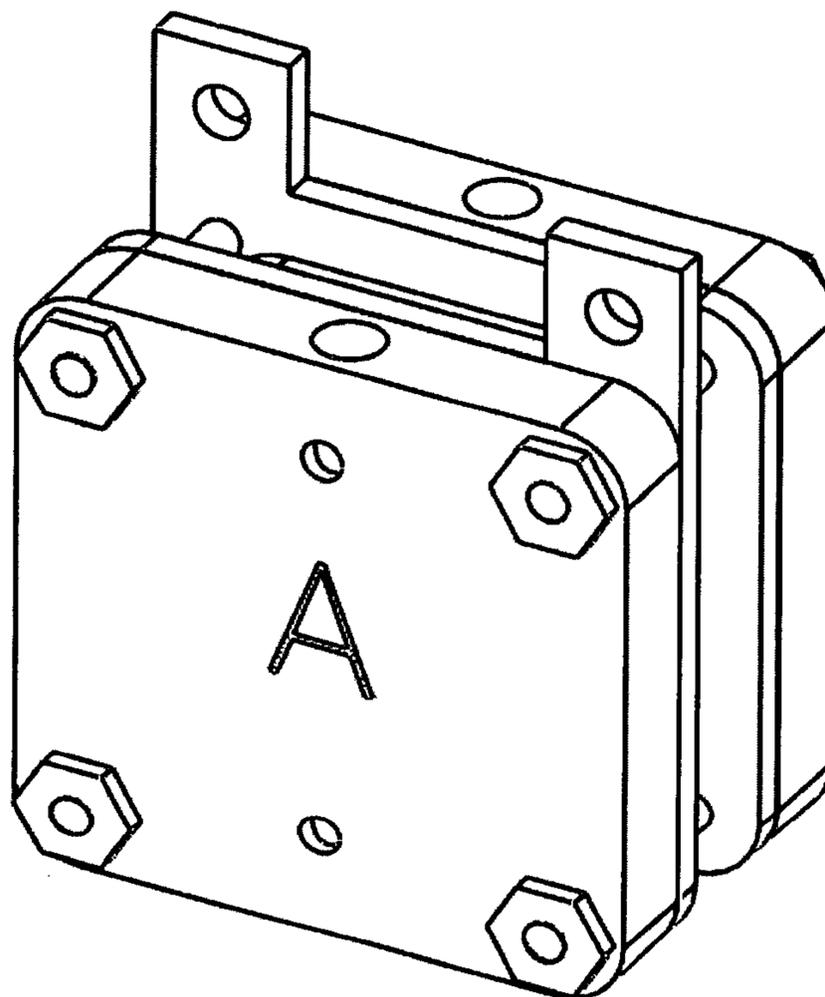


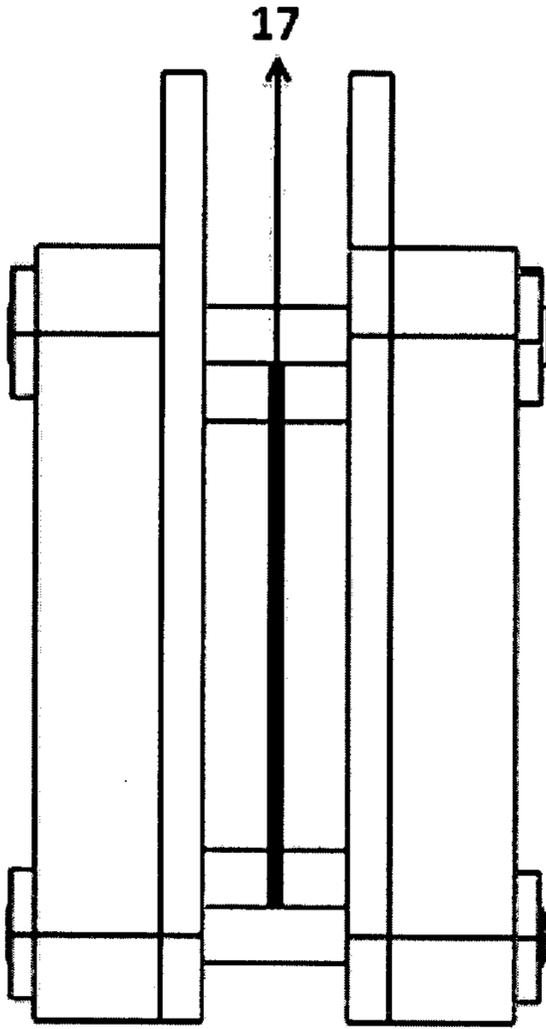
Figura 2

Figura 3





**Figura 4**



**Figura 5**