

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la
Propiedad Intelectual
Oficina internacional

(43) Fecha de publicación internacional
06 de julio de 2023 (06.07.2023)



(10) Número de publicación internacional
WO 2023/126554 A1

(51) Clasificación internacional de patentes:

F02B 43/00 (2006.01) *F02B 43/12* (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:

PCT/ES2022/070792

(22) Fecha de presentación internacional:

12 de diciembre de 2022 (12.12.2022)

(25) Idioma de presentación:

español

(26) Idioma de publicación:

español

(30) Datos relativos a la prioridad:

P202131226 29 de diciembre de 2021 (29.12.2021) ES

(71) Solicitantes: **UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA** [ES/ES]; Camí de Vera, s/n, 46022 Valencia (ES). **CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES**

CIENTÍFICAS (CSIC) [ES/ES]; C/ Serrano, nº 117, 28006 Madrid (ES).

(72) **Inventores:** **BENAJES CALVO, Jesús Vicente**; Universitat Politècnica de València, Camí de Vera, s/n, 46022 Valencia (ES). **CATALÁN MARTÍNEZ, David**; Universitat Politècnica de València, Camí de Vera, s/n, 46022 Valencia (ES). **DESANTES FERNÁNDEZ, José María**; Universitat Politècnica de València, Camí de Vera, s/n, 46022 Valencia (ES). **MARTÍN DÍAZ, Jaime**; Universitat Politècnica de València, Camí de Vera, s/n, 46022 Valencia (ES). **NOVELLA ROSA, Ricardo**; Universitat Politècnica de València, Camí de Vera, s/n, 46022 Valencia (ES). **REMIRO BUENAMAÑANA, Sonia**; Universitat Politècnica de València, Camí de Vera, s/n, 46022 Valencia (ES). **SERRA ALFARO, José Manuel**; Universitat Politècnica de València, Camí de Vera, s/n, 46022 Valencia (ES). **SERRANO**

(54) Title: POWER GENERATION SYSTEM

(54) Título: SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA

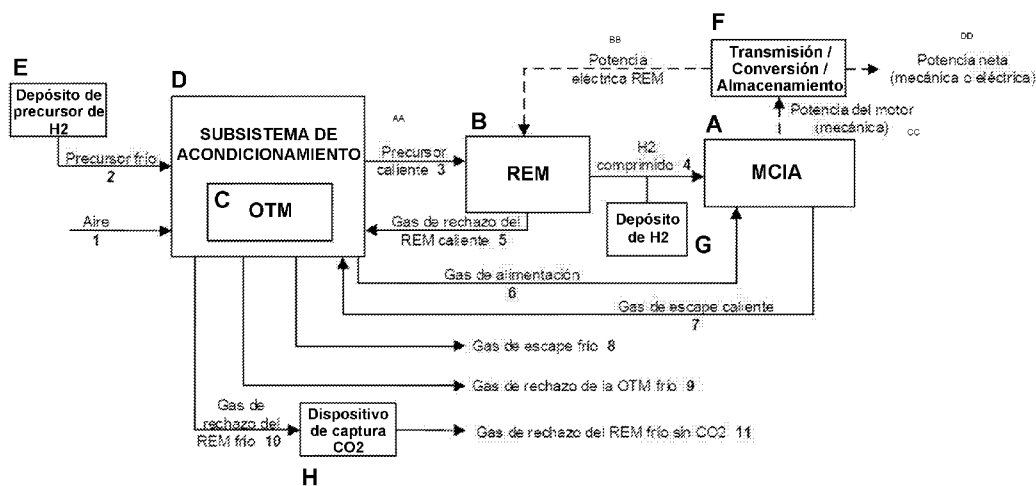


FIG. 1

(57) **Abstract:** The present invention relates to a system for generating power from air and an H2 precursor fuel, which comprises: - a power subsystem (A) based on a combustion engine; - a subsystem (B) for generating H2 from the H2 precursor fuel; - a subsystem (C) for generating O2 from air; - a subsystem (D) for conditioning fluids of the system, for the correct operation of the rest of the subsystems; and pipes, which carry flows of fluid through the system, such that the generated O2 and H2 are provided to the combustion engine, and power is produced by means of an oxy-fuel combustion process in the combustion engine.

(57) **Resumen:** La presente invención describe un sistema de generación de energía a partir de aire y un combustible precursor de H2, que comprende: - un subsistema de potencia (A) basado en un motor de combustión; - un subsistema de generación de H2 (B) a partir

[Continúa en la página siguiente]

CRUZ, José Ramón; Universitat Politècnica de València,
Camí de Vera, s/n, 46022 Valencia (ES).

(74) **Mandatario: MASLANKA KUBIK, Dorota Irena;** C/
Vara de Rey 5 TER, 3º, Of. 5, 26003 Logroño (La Rioja)
(ES).

(81) **Estados designados** (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) **Estados designados** (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible*): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— *con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))*

del combustible precursor de H₂; - un subsistema de generación de O₂ (C) a partir del aire; - un subsistema de acondicionamiento (D) de fluidos del sistema para el correcto funcionamiento del resto de subsistemas; - conductos, que conducen flujos de fluido por el sistema; de manera que se aporta al motor de combustión el O₂ y el H₂ generados; y se produce energía por medio de un proceso de oxidación en dicho motor de combustión.

DESCRIPCIÓN

Sistema de generación de energía

5 SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se refiere de manera general al sector de la energía. De manera más específica, la presente invención se refiere a un sistema de generación de energía a partir de aire y un combustible precursor de H₂, que puede ser utilizado típicamente (aunque no exclusivamente) para aplicaciones de generación de electricidad o para propulsión de
10 vehículos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Por una parte, las plantas de potencia basadas en combustibles líquidos (fósiles, bio o sintéticos) para la producción de energía mecánica, para el transporte, o energía eléctrica, para
15 producción deslocalizada, adolecen de limitaciones en cuanto a su eficiencia máxima. Estas limitaciones son físicas, debido al segundo principio de la termodinámica, y tecnológicas, debido a la tecnología de los materiales que no soportan determinadas temperaturas de trabajo. De tal suerte que en el transporte ligero ronda el 35% en media y en el mejor de los escenarios y entornos no supera el 60%. Además, y de gran importancia, destaca que en el caso de los
20 combustibles líquidos de origen fósil existe el problema global de las emisiones de CO₂ y su papel en el cambio climático.

Por otra parte, hay dificultades tecnológicas intrínsecas en el proceso de descarbonización del transporte, los procesos industriales y la producción de energía, para el uso de la electricidad y el H₂ como vectores energéticos frente a los combustibles líquidos.
25 Principalmente son:

- La baja densidad energética que se consigue almacenando o embarcando electricidad e hidrógeno (H₂) frente a almacenar o embarcar combustibles líquidos. En el caso del hidrógeno se palía almacenándolo en estado líquido, pero en ese caso se necesitan presiones superiores a los 700 bar lo que añade costos y dificultades tecnológicas
30 adicionales.
- La necesidad de construir nuevas y costosas infraestructuras para el transporte y la distribución de electricidad e hidrógeno que retrasaran los objetivos de descarbonización del transporte y el resto de los sectores.
- Los largos tiempos de recarga de energía en baterías en el caso de la electricidad, lo que
35 es una dificultad crítica en el sector del transporte y sin visos de solución con las tecnologías conocidas o en desarrollo.

Es decir, la electricidad tiene limitaciones intrínsecas a su transporte (pérdidas y coste

de las infraestructuras) y su capacidad de almacenamiento (tecnología de baterías basada exclusivamente en ion-litio y al límite de su optimización). Si bien la situación con el H₂ es parecida en cuanto al transporte y la distribución, no obstante, su almacenamiento en estado de líquido palía el problema de la densidad energética, pero añade aumentos de coste y
5 dificultades tecnológicas importantes.

Como conclusión, se hace necesario desarrollar un sistema que permita seguir usando las ventajas de alta densidad energética, rápida recarga y facilidad de transporte de los combustibles líquidos; pero sorteando las limitaciones en eficiencia de los ciclos termodinámicos (2º principio y temperaturas máximas limitadas), y eliminando las emisiones
10 de gases nocivos y de CO₂ a la atmósfera.

Además, se hace necesario desarrollarlo en el corto medio plazo, para intentar evitar la subida de temperaturas promedio del planeta más allá de límites catastróficos. Por lo que es una ventaja importante no depender de la construcción de nuevas infraestructuras y poder usar las existentes para el transporte de combustibles líquidos. Más aún cuando construir nuevas
15 infraestructuras de transporte y distribución, necesariamente llevarán aparejadas nuevas emisiones de CO₂ y nuevos costes no siempre al alcance de gobiernos e instituciones públicas o privadas.

SUMARIO DE LA INVENCION

20 Para satisfacer las necesidades y solucionar los inconvenientes mencionados anteriormente, la presente invención da a conocer un sistema de generación de energía tal como se describe en la reivindicación 1.

En concreto, se da a conocer un sistema de generación de energía a partir de aire y un combustible precursor de H₂, que comprende los siguientes componentes:

- 25 – un subsistema de potencia, basado en un motor de combustión;
– un subsistema de generación de H₂ a partir del combustible precursor de H₂;
– un subsistema de generación de O₂ a partir del aire;
– un subsistema de acondicionamiento de fluidos del sistema para el correcto funcionamiento del resto de subsistemas;
30 – conductos, que conducen flujos de fluido por el sistema;
de manera que se aporta al motor de combustión el O₂ y el H₂ generados; y se produce energía por medio de un proceso de oxidación en dicho motor de combustión.

En las reivindicaciones dependientes se describen realizaciones preferidas de la presente invención.

35 El sistema de la presente invención está basado en un motor de combustión; y genera energía con cero emisiones del tanque a la rueda (Tank-to-Wheel o TtW en inglés). El sistema tiene la posibilidad de aceptar distintos tipos de combustibles, y trabaja internamente con O₂

puro como comburente. El combustible precursor de H₂ puede ser de base carbono (fósiles, sintéticos o bio) o de base no-carbono (sintéticos o bio). El sistema obtiene sinergias del uso de hidrógeno (H₂) puro como un vector energético producido y consumido in-situ a partir del combustible embarcado (combustible precursor de H₂), que es su precursor, pues contiene
5 dicha especie en su formulación química.

La presente invención permite maximizar el rendimiento del combustible embarcado. El uso más eficiente de la energía (que es un bien intrínsecamente escaso) se consigue controlando sinérgicamente la creación interna y el consumo de tres principales vectores energéticos, temporales e internos, con los que puede operar el sistema: hidrógeno puro (H₂),
10 calor y/o electricidad. Además, gracias al uso de oxígeno puro (O₂) como comburente, producido y consumido in-situ a partir del aire, no tiene emisiones de CO₂ ni de óxidos de nitrógeno (NO_x). La generación in-situ del H₂ se realiza en el subsistema de generación de H₂, preferiblemente en un reactor electroquímico de membrana (REM), a partir del combustible embarcado; y el consumo del H₂ generado también se realiza in-situ durante las
15 transformaciones energéticas pertinentes en el motor de combustión incluido en el sistema. La generación in-situ del O₂ se realiza en el subsistema de generación de O₂ a partir del aire ambiente, preferiblemente, en una membrana cerámica de separación OTM (del inglés *Oxygen Transport Membrane*; traducido al español como *Membrana de Transporte de Oxígeno*), que puede ser de tipo MIEC (del inglés *Mixed Ionic-Electronic Conductivity*, traducido al español
20 como *Conducción Mixta Iónica-Electrónica*) o de tipo POC (del inglés *Pure Oxygen Conducting*, traducido al español como *Conducción Pura de Oxígeno*); y el consumo del O₂ generado también se realiza in situ, concretamente en el motor de combustión durante el proceso de oxidación del combustible H₂. El motor, a su vez, genera otros dos vectores (calor; y energía mecánica que puede ser transformada parcial o totalmente en electricidad) con los que puede
25 realimentarse en parte o totalmente el subsistema de generación de H₂ y el subsistema de generación de O₂.

De este modo, la presente invención aporta una solución que de forma integral:

- Resuelve las limitaciones de los sistemas de generación de energía del estado de la técnica, constituyendo en su conjunto un sistema de generación de energía con la posibilidad de
30 utilizar distintos tipos de combustible, con cero emisiones absolutas (sin CO, HC, partículas o NO_x), gracias a la combinación inteligente del subsistema de generación de H₂, el subsistema de generación de O₂, y el motor de combustión.
- Interrelaciona los diferentes componentes del sistema de generación de energía con el objetivo de alcanzar la optimización energética, tanto calorífica como eléctrica, sin que en
35 su conjunto exista una invención en el estado de la técnica que incluya todos los componentes operando de forma sinérgica.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes

no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Además, la palabra "comprende" incluye el caso "consiste en". Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones aquí indicadas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente invención se entenderá mejor con referencia a las siguientes figuras, en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1 es una representación esquemática general de un sistema de generación de energía según una realización preferida de la invención.

La figura 2 es una representación esquemática del sistema de generación de energía según una realización preferida de la invención, en la que el combustible precursor de H₂ es un hidrocarburo.

La figura 3 es una representación esquemática del sistema de generación de energía según una realización preferida de la invención, en la que el combustible precursor de H₂ no es un hidrocarburo.

La figura 4 es una representación esquemática del sistema de generación de energía según una realización preferida de la invención, en la que el combustible precursor de H₂ es NH₃.

La figura 5 es una representación de un reactor electroquímico de membrana (REM) según una realización preferida de la invención. En la figura 5a se representa un esquema general del REM de la invención. En la figura 5b se representa una realización preferida del REM de la invención, basado en un conductor protónico. En la figura 5c se representa otra realización preferida del REM de la invención, en este caso basado en un conductor de iones oxígeno. En la figura 5d se representa otra realización preferida del REM de la invención, en este caso basado en un conductor co-iónico.

La figura 6 es una representación esquemática de una membrana OTM, según una realización preferida de la invención.

MODOS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

La presente invención da a conocer un sistema de generación de energía a partir de aire y un combustible precursor de hidrógeno.

El sistema de la presente invención se basa en lo siguiente:

- en la obtención de oxígeno (O₂) e hidrógeno (H₂) a partir del aire y del combustible precursor de H₂, respectivamente;

- en el uso del oxígeno y del hidrógeno obtenidos para producir energía en un motor de combustión.

Tal y como se explicará detalladamente más adelante, el aire y el combustible precursor de H₂ son sometidos a procesos de modificación a medida que van circulando por diferentes componentes del sistema, dando lugar a sucesivos flujos de fluidos con distintas propiedades y/o composiciones.

En el presente documento, por “fluido del sistema” ha de entenderse un fluido que entra al sistema o circula por él. Según lo expuesto, a continuación, se incluyen varios ejemplos de fluidos del sistema: el aire, el combustible precursor de H₂, y los sucesivos fluidos resultantes de los procesos de modificación realizados a partir del aire y del combustible precursor de H₂.

En algunas partes del presente documento se usan los términos “combustible precursor”, “precursor de H₂” o “precursor” para referirse de manera simplificada al “combustible precursor de H₂”. Por otro lado, se usa el término “combustible motor” o “combustible del motor” para referirse al combustible que entra al motor de combustión y forma parte de la reacción de combustión en dicho motor de combustión; en la presente invención se utiliza H₂ como combustible motor. En consecuencia, cabe reseñar la diferencia entre combustible que se aporta al sistema y combustible que entra al motor: El combustible precursor de H₂ es combustible que se aporta al sistema, y el H₂ es combustible que entra al motor. Asimismo, se usa el término “comburente motor” o “comburente del motor” para referirse al comburente que entra al motor de combustión y forma parte de la reacción de combustión en dicho motor de combustión. En consecuencia, cabe reseñar la diferencia entre el aire que se aporta al sistema y el comburente que entra al motor: El aire es el comburente que se aporta al sistema, pero al motor entra una corriente de O₂ de elevada pureza en lugar de aire.

En el presente documento, el término “acondicionar” y sus derivados han de entenderse en el sentido de adaptar uno o varios fluidos del sistema modificando sus condiciones termodinámicas, por ejemplo, la presión y la temperatura. Dependiendo de las características particulares del sistema según diferentes realizaciones que se explicarán más adelante, el término “acondicionar” y sus derivados también pueden entenderse en el sentido de adaptar uno o varios fluidos del sistema modificando su composición.

El sistema de generación de energía de la presente invención comprende los siguientes componentes:

- un subsistema de potencia (A) basado en un motor de combustión;
 - un subsistema de generación de H₂ (B) a partir del combustible precursor de H₂;
 - un subsistema de generación de O₂ (C) a partir del aire;
 - un subsistema de acondicionamiento (D) de fluidos del sistema;
 - conductos, que conducen flujos de fluido por el sistema;
- de manera que se aporta al motor de combustión el O₂ y el H₂ generados; y se produce energía

por medio de un proceso de oxidación en dicho motor de combustión.

La oxidación es un proceso de combustión que se realiza en un ambiente altamente enriquecido con O₂. Si se requiere controlar las altas temperaturas de combustión, se emplea la dilución del O₂ con una mezcla de otros gases de composición variable. La principal ventaja de la oxidación es que al producirse la combustión en ausencia de N₂ no se generan NO_x.

Según la realización preferida, el sistema de generación de energía de la presente invención acepta diferentes tipos de combustible precursor de H₂. El combustible precursor de H₂ que se aporta al sistema puede ser de base carbono (por ejemplo, combustible fósil, sintético o biocombustible) o de base no-carbono (por ejemplo, combustibles sintéticos o biocombustibles). En el presente documento, por combustible de base carbono ha de entenderse un combustible con carbono en su composición; y por combustible de base no-carbono ha de entenderse un combustible sin carbono en su composición.

Preferiblemente, el combustible precursor de H₂ se aporta al sistema de manera comprimida, lo que le confiere mayor densidad energética. Algunos ejemplos de combustibles precursores de H₂ que acepta el sistema son los siguientes: NH₃, CH₄, CNG, GLP, CH₃OH, HVO, OMEx; estos fluidos tienen alta densidad energética (líquidos o gases comprimidos), y están plenamente disponibles en las infraestructuras actuales o lo estarán en infraestructuras futuras.

Opcionalmente, el sistema puede comprender un depósito de precursor de H₂ (E) con el fin de poder almacenar combustible precursor de H₂ sin depender de un suministro continuo.

El motor de combustión del sistema se encarga de transformar la energía química del H₂ generado en potencia mecánica. Esta potencia mecánica puede ser empleada en dicha forma, o puede ser convertida en electricidad parcial o totalmente. La presente invención puede ser utilizada típicamente (aunque no exclusivamente) para aplicaciones de generación de electricidad o para propulsión de vehículos.

Según una realización preferida mostrada en la figura 1, el motor de combustión del sistema es un motor de combustión interna, preferiblemente un motor de combustión interna alternativo (MCIA) como, por ejemplo, un motor de encendido provocado (MEP) o un motor de encendido por compresión (MEC). El tipo de motor de combustión interna alternativo no condiciona la aplicación a la que se destine la potencia generada, puesto que los dos tipos descritos posteriormente (MEP y MEC) se pueden emplear para generación de electricidad en sistemas estacionarios o para propulsar un vehículo.

El modo de operación del motor de combustión es una característica distintiva del sistema respecto de otras invenciones:

El motor de combustión de la presente invención opera en modo oxidación, con un gas de alimentación (6) que no contiene N₂, lo que le confiere la propiedad de no emitir NO_x. Además,

al aportar al motor H2 (4) como combustible (combustible motor), que no contiene carbono en su composición, tampoco se producen emisiones de CO, HC ni partículas.

El motor de combustión genera dos vectores de energía: calor y energía mecánica. Preferiblemente, uno o varios componentes del sistema son alimentados parcial o totalmente
5 con energía procedente del motor de combustión.

Con relación al calor generado por el motor, puede aprovecharse para modificar las condiciones termodinámicas de uno o varios fluidos del sistema. Según una realización preferida, el subsistema de acondicionamiento (D) se alimenta térmicamente con calor generado por el motor de combustión.

10 Con relación a la energía mecánica generada por el motor de combustión, a continuación, se mencionan varias realizaciones posibles:

- Según una realización preferida, el sistema puede comprender un dispositivo de transmisión mecánica, que transmite la energía mecánica producida por el motor de combustión hacia la salida y/u otras partes del sistema. El dispositivo de transmisión mecánica puede
15 comprender una caja de reenvío angular con una entrada y varias salidas, para transmitir la energía mecánica producida por el motor a dos o más salidas de energía mecánica; las salidas de energía mecánica pueden ser utilizadas en diferentes aplicaciones.
- Según una realización preferida, el sistema puede comprender un dispositivo de conversión eléctrica, que transforma energía mecánica producida por el motor en electricidad; por
20 ejemplo, un generador eléctrico. El sistema puede comprender un dispositivo divisor eléctrico, para dividir la energía eléctrica convertida en dos o más flujos de energía eléctrica; los diferentes flujos de energía eléctrica pueden ser utilizados en diferentes aplicaciones. El sistema también puede comprender un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica para almacenar parcial o completamente la energía eléctrica; por ejemplo, una o varias
25 baterías.
- Según una realización preferida, el sistema puede comprender un equipo de gestión energética (F) que, a su vez, comprende: el dispositivo de transmisión mecánica junto con el dispositivo de conversión eléctrica. Según una realización más preferida, el equipo de gestión energética (F) también comprende el dispositivo divisor eléctrico y/o el dispositivo
30 de almacenamiento de energía eléctrica. La figura 1 muestra una realización en la que el equipo de gestión energética (F) puede desarrollar las funciones de transmisión de energía, conversión de energía y almacenamiento de energía eléctrica.

De este modo, en función de la existencia de una o varias de las realizaciones mencionadas con relación a la energía mecánica generada por el motor, dicha energía
35 mecánica se puede utilizar de diferentes maneras, como, por ejemplo, las que se incluyen a continuación:

- La energía mecánica puede ser utilizada completamente como energía de salida del

sistema, directamente desde el motor (desde la salida de potencia del motor), o a través del dispositivo de transmisión mecánica.

En el presente documento, por “salida de potencia neta del sistema” ha de entenderse la salida del sistema por la que entrega la energía generada al exterior. Por “salida de potencia del motor” ha de entenderse la salida del motor por la que entrega la energía mecánica.

- Según un ejemplo alternativo, la energía mecánica puede ser destinada simultáneamente a diferentes aplicaciones; por ejemplo, se puede utilizar una parte de la energía mecánica como energía de salida del sistema, y se puede utilizar otra parte de la energía mecánica en el propio sistema. Para ello, se puede implementar, por ejemplo, la caja de reenvío angular con una entrada y varias salidas; vinculando la entrada de la caja de reenvío angular en serie con la salida de potencia del motor.
- Según otro ejemplo alternativo, la energía mecánica puede ser convertida parcial o totalmente en energía eléctrica mediante el dispositivo de conversión eléctrica. En base a este ejemplo alternativo, se contemplan diferentes opciones como, por ejemplo, las que se incluyen a continuación.

Respecto a la energía eléctrica convertida:

- Según una opción, la energía eléctrica convertida puede ser utilizada completamente como energía de salida del sistema, o puede ser utilizada completamente en el propio sistema.
- Según una opción alternativa, la energía eléctrica convertida puede ser destinada simultáneamente a diferentes aplicaciones; por ejemplo, se puede utilizar una parte de la energía eléctrica convertida como energía de salida del sistema, y se puede utilizar otra parte de la energía eléctrica convertida en el propio sistema. Para ello, se puede implementar, por ejemplo, el dispositivo divisor eléctrico.

Respecto a la energía mecánica remanente tras la conversión mencionada:

- Según una opción, la energía mecánica remanente puede ser utilizada completamente como energía de salida del sistema, o puede ser utilizada completamente en el propio sistema.
- Según una opción alternativa, la energía mecánica remanente puede ser destinada simultáneamente a diferentes aplicaciones; por ejemplo, se puede utilizar una parte de la energía mecánica remanente como salida de energía del sistema, y se puede utilizar otra parte de la energía mecánica remanente en el propio sistema. Para ello, se puede implementar, por ejemplo, la caja de reenvío angular.

Según una realización preferida, el subsistema de generación de H₂ (B) se alimenta eléctricamente con energía proveniente del motor de combustión; preferiblemente con electricidad obtenida por conversión energética a partir de la energía mecánica producida en

el motor de combustión. Preferiblemente, la alimentación eléctrica del subsistema de generación de H₂ (B) se realiza por medio de una instalación de suministro eléctrico.

Según una realización preferida, la potencia mecánica del motor de combustión es transformada íntegramente en electricidad por medio del dispositivo de conversión eléctrica.

- 5 Preferiblemente, dicha electricidad se reparte entre el subsistema de generación de H₂ (B) y la salida de potencia neta del sistema. No obstante, tal y como se detallará más adelante, la electricidad transformada también puede utilizarse en el subsistema de generación de O₂ (C).

En la presente invención, el propio sistema de generación de energía produce hidrógeno (in situ) a partir del combustible precursor de H₂, concretamente en el subsistema de
10 generación de H₂ (B); y el consumo del hidrógeno se realiza también en el propio sistema (in situ), concretamente en el motor de combustión, durante la combustión producida en el mismo. De este modo, aunque la presente invención no embarque H₂, obtiene sinergias del uso de hidrógeno (H₂) puro como un vector energético producido y consumido in situ a partir del combustible embarcado, que es su precursor, pues contiene dicha especie en su formulación
15 química.

Según una realización preferida mostrada en la figura 1, el sistema de generación de energía de la presente invención puede comprender un depósito de H₂ (G), con el fin de almacenar H₂ o consumirlo si la tasa de producción del subsistema de generación de H₂ (B) es diferente de la tasa de consumo del motor de combustión. Preferiblemente, el depósito de
20 H₂ (G) es un depósito de H₂ presurizado.

Según una realización preferida, el subsistema de generación de H₂ (B) se basa en un reactor electroquímico de membrana (REM).

Según una realización más preferida, el reactor electroquímico de membrana comprende:

- 25 - una cámara reactiva;
- una cámara de hidrógeno;
- una celda electroquímica que, a su vez, comprende:
▪ un electrodo cátodo (i);
▪ un electrodo ánodo (iii);
30 ▪ un electrolito en forma de membrana (ii), dispuesta entre el electrodo cátodo y el electrodo ánodo; de manera que la cámara reactiva y la cámara de hidrógeno están separadas por la membrana.
- una fuente de energía eléctrica (fuente de tensión o corriente) conectada a los electrodos por medio de un circuito eléctrico.

35

Un reactor electroquímico de membrana es una unidad donde un sistema de reacciones químicas (también denominado sistema reactivo) tiene lugar y, al mismo tiempo, una especie

reactiva (o más de una) es separada selectivamente por la membrana. El reactor electroquímico de membrana permite la intensificación de reacciones químicas limitadas por el equilibrio termodinámico. De esta manera, extrayendo una de las especies producidas por el sistema de reacciones, se puede ir desplazando el equilibrio progresivamente hacia producciones mayores. Por otra parte, el reactor electroquímico de membrana también puede permitir el avance controlado de un sistema de reacciones que sea muy reactivo. En esta estrategia, una de las especies reactivas se va introduciendo en la cámara reactiva de manera gradual, lo que permite un avance gradual de las reacciones químicas. El intercambio de especies por la membrana está controlado por una corriente eléctrica. Esta corriente eléctrica se transforma en corriente iónica en la celda electroquímica, de manera que la extracción o la inyección de especies al sistema de reacciones viene determinada por esta corriente iónica.

El reactor electroquímico de membrana de la presente invención genera H₂ presurizado y de alta pureza a partir de una corriente gaseosa de combustible precursor de H₂. Principalmente se producen dos fenómenos:

- la corriente gaseosa de combustible precursor de H₂ reacciona dentro del reactor electroquímico de membrana, dando lugar a H₂ entre otros productos;
- la celda electroquímica provoca la separación selectiva del H₂ generado.

Según la realización preferida mostrada en la figura 5a, en el reactor electroquímico de membrana se observan dos cámaras diferenciadas y separadas por la celda electroquímica. Estas dos cámaras son la cámara reactiva y la cámara de hidrógeno.

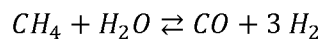
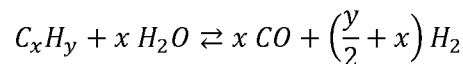
En la cámara reactiva, hay una corriente de entrada y una corriente de salida: la corriente de entrada (3) es el combustible precursor de H₂ en estado gaseoso (también denominado gas precursor de H₂), y la corriente de salida (5) es el gas precursor de H₂ reaccionado (gas de rechazo del REM). En cuanto a la cámara de hidrógeno, en esta cámara hay una corriente de salida (4) que contiene el H₂ separado; y, opcionalmente, puede haber una corriente de entrada de arrastre o de fuente de iones oxígeno (3'). Por simplicidad, no se ha mostrado la corriente de entrada de arrastre en las figuras 1-4, pero sí se detalla en las opciones del REM de la figura 5. La corriente de entrada de arrastre es rica en H₂O, y puede proceder, por ejemplo, de un flujo de gas de escape del motor de combustión y/o de un flujo de rechazo del REM.

En la cámara reactiva se produce un proceso reactivo del combustible precursor de H₂ que da lugar al H₂ entre otros productos. Este proceso reactivo puede ser diferente en función de la composición del combustible precursor de H₂. Preferiblemente, este proceso reactivo tiene lugar gracias a la presencia de un catalizador.

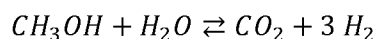
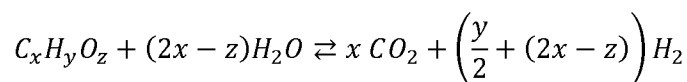
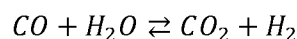
En base a lo expuesto, el precursor de H₂ genera dicha especie a partir de un sistema de reacciones químicas. Hay diferentes sistemas reactivos que pueden generar H₂ como, por ejemplo, la deshidrogenación de parafinas, el reformado de hidrocarburos, la descomposición

de amoníaco, entre otros.

En el caso particular de que el combustible precursor de H₂ sea un hidrocarburo (por ejemplo, gas natural, metanol, etanol, fueloil, gasolinas, etc.), la generación de H₂ se realiza, preferiblemente, por un proceso de reformado de hidrocarburos. Más preferiblemente, la
5 generación de H₂ se realiza por un proceso de reformado de hidrocarburos con vapor de agua. A continuación, se incluyen algunos ejemplos de procesos de reformado de hidrocarburos, con vapor:



10

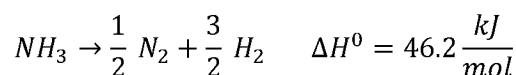


Estas reacciones, controladas por el equilibrio termodinámico, están favorecidas a temperaturas elevadas (600 – 900°C) y presiones bajas. Preferiblemente, las reacciones están
15 catalizadas por un catalizador que incluye metal de transición del grupo VIII (por ejemplo, níquel), soportado sobre material refractario y químicamente estable, como, por ejemplo, diferentes óxidos basados en alúmina (como aluminatos de calcio, entre otros).

Según una realización preferida mostrada en la figura 1, el sistema de generación de energía de la presente invención comprende un dispositivo de captura de CO₂ (H) para evitar
20 su expulsión al ambiente, por ejemplo, cuando el gas de rechazo del REM incluya dicha especie química (esto ocurre cuando el precursor de H₂ contiene carbono en su formulación química).

En el caso particular de que el combustible precursor de H₂ sea amoníaco (NH₃), la generación de H₂ se realiza, preferiblemente, por un proceso de descomposición del amoníaco. En esta reacción se genera nitrógeno e hidrógeno, según se indica a continuación:

25



Esta reacción endotérmica está favorecida a temperaturas mayores de 400°C y bajas presiones; y está catalizada, preferiblemente, por un catalizador basado en un metal de transición como, por ejemplo, el níquel, el rutenio, el hierro y el iridio. Entre ellos, los catalizadores basados en rutenio, normalmente soportados sobre carbón activo u óxidos
30 metálicos como óxido de magnesio y alúmina, muestran mayor actividad. También existe la posibilidad de utilizar un catalizador basado en composite, en el que existe un componente cerámico (como, por ejemplo, óxidos de cerio, óxidos de zirconio, óxidos de estaño, etc., estabilizados con metales de los grupos I, II, y/o III), y un componente metálico (como, por ejemplo, Pd, Ni, Ru, Pt, etc.).

35

Según una realización preferida, el catalizador de la cámara reactiva está especializado

en varios sistemas reactivos, lo que permite llevar a cabo reacciones de distintos tipos de combustible precursor de H₂. Gracias a este tipo de catalizador, el sistema acepta distintos tipos de combustible precursor de H₂ con el mismo reactor electroquímico de membrana (sin cambiar su configuración). Preferiblemente, el catalizador permite llevar a cabo reacciones
5 tanto de combustibles precursores de H₂ basados en carbono (hidrocarburos) como de combustibles precursores de H₂ no basados en carbono (no hidrocarburos); por ejemplo, un catalizador basado en Ni.

De este modo, aunque hay catalizadores que permiten llevar a cabo todas las reacciones de generación de H₂ propuestas (por ejemplo, el mencionado catalizador basado
10 en Ni), alternativamente, la cámara reactiva puede incorporar un catalizador especializado exclusivamente en una o varias de las reacciones de generación de H₂ propuestas.

Una vez que se ha generado el H₂ en la cámara reactiva, la celda electroquímica provoca la separación selectiva del H₂ generado, gracias a un proceso electroquímico. La celda electroquímica requiere una fuente de energía eléctrica (fuente de tensión o de corriente) para
15 que el proceso electroquímico tenga lugar. Por ello, los electrodos (i y iii) se conectan a una fuente de energía eléctrica, siendo la membrana (ii) el dominio que cierra el circuito electroquímico. Durante el proceso electroquímico, se lleva a cabo la oxidación del electrodo ánodo y la reducción del electrodo cátodo; y en la membrana se intercambian los iones desde un electrodo hasta el otro. Los electrones generados o demandados por los electrodos son
20 intercambiados entre ambos electrodos a partir de un circuito eléctrico con la fuente de energía eléctrica. Tanto la oxidación (en el ánodo), como la reducción (en el cátodo) conllevan una reacción donde interactúan electrones, iones y especies químicas. De esta manera, se necesitan en los electrodos puntos donde las tres fases estén presentes: conductividad electrónica, conductividad iónica y la especie. Estos puntos son llamados TPB, por sus siglas
25 en inglés Triple Phase Boundary.

La membrana del reactor electroquímico puede ser de diversos materiales dando lugar a diferentes realizaciones posibles. A continuación, se hará una descripción detallada sobre diferentes opciones de la membrana. No obstante, antes de realizar la descripción detallada, es importante reseñar algunas cuestiones: La conductividad en materiales sólidos está basada
30 en las propiedades de la estructura cristalina del material. La carga puede ser transportada por medio de electrones/huecos electrónicos, iones o electrones de la banda de valencia. Esto da lugar a materiales con un único tipo de conductividad (por ejemplo, metales con conductividad electrónica), o materiales que presentan varios tipos de conductividades simultáneamente (por ejemplo, los óxidos con estructura tipo perovskita pueden presentar conductividad electrónica,
35 protónica y/o basada en iones oxígeno). La conductividad iónica en estos materiales está basada en defectos en su estructura cristalina. Estos defectos pueden darse de diversas formas: (i) sitios vacíos en la estructura cristalina o vacantes; (ii) iones ocupando espacio en la

estructura cristalina que deberían estar vacíos; (iii) iones extra que suponen un dopante para la estructura cristalina; (iv) iones con carga diferente a la esperada para la estequiometría del compuesto.

Según una realización preferida, la membrana del reactor electroquímico de membrana
5 puede ser de un material que presenta conductividad protónica (también denominado material protónico), de un material que presenta conductividad de iones oxígeno, o de un material que presenta conductividad co-iónica a protones e iones oxígeno.

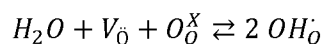
Según una realización preferida mostrada en la figura 5b, la membrana es de un material cerámico conductor protónico; preferiblemente un material tipo perovskita con
10 conducción protónica como, por ejemplo: BaCeO_3 , BaZrO_3 , SrCeO_3 , SrZrO_3 , CaZrO_3 , material basado en estructura híbrida entre BaCeO_3 y BaZrO_3 (también denominado de manera simplificada " $\text{BaCeO}_3\text{-BaZrO}_3$ "), $\text{BaCeO}_3\text{-BaZrO}_3$ dopado con itrio (también denominado de manera simplificada "material tipo BZCY"), material tipo BZCY dopado con iterbio. A continuación, se explica más detalladamente los materiales con conductividad protónica.

15 En los materiales con conductividad protónica se produce una migración de protones a través del material al aplicar una diferencia de potencial mientras se disponga de una fuente de protones y una circulación de electrones entre los electrodos a través de un circuito externo. Preferiblemente, la presente invención se enfoca en la separación de H_2 mediante un reactor de membrana de alta temperatura ($>400^\circ\text{C}$), por lo que los materiales protónicos considerados
20 están basados en materiales cerámicos conductores protónicos. En aplicaciones electroquímicas, pilas de combustible y electrólisis, los conductores protónicos presentan altas eficiencias y rendimientos, y pueden trabajar a temperaturas más bajas que los conductores de iones oxígeno. Esto es debido a que la energía de activación del transporte protónico es menor que en el caso de los iones oxígeno.

25 La conductividad protónica se ha observado en un amplio tipo de materiales, pero los resultados más relevantes han sido obtenidos en perovskitas. En general, las perovskitas con conducción protónica presentan una fórmula del tipo $\text{A}^{2+}\text{B}^{4+}\text{O}_3$. El catión A, de mayor tamaño, se coordina a doce aniones, y el catión B ocupando los seis sitios coordinativos formando una red de octaedros BO_6 que comparten esquinas. La inclinación de estos octaedros conlleva
30 desviaciones de la simetría cubica ideal. En esta estequiometría en la posición A con Ba y en la posición B con Zr, Tb, Ce o Th exhiben las mejores conductividades protónicas ($> 10^{-2} \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$), las menores energías de activación de transporte de protones, y elevadas entalpías de hidratación exotérmicas. Materiales como BaCeO_3 , BaZrO_3 , SrCeO_3 , SrZrO_3 , CaZrO_3 , son ejemplos de materiales cerámicos protónicos de alta temperatura de tipo perovskita.

35 La difusión de protones en conductores protónicos basados en óxidos sólidos complejos se produce a través del mecanismo de Grotthuss asistido por moléculas de agua. Para esta difusión de protones, la estructura cristalina debe disponer de vacantes de oxígeno para que el

trasporte de protones pueda tener lugar. Mediante este mecanismo, el agua se disocia en un ion hidróxido y en un protón. El protón ocupa una vacante de ion óxido, y forma un enlace covalente con un oxígeno de la red. Sin embargo, el enlace O-H formado es más débil que el del ion hidróxido OH^- , y la migración del protón es el resultado de un proceso de salto hacia un ion oxígeno vecino activado térmicamente que requiere la ruptura del enlace O-H. La característica de este tipo de materiales cerámicos de poseer defectos de vacantes de iones oxígeno (extrínsecos y/o intrínsecos), favorece que, en presencia de agua, los protones formen defectos con carga positiva según la siguiente ecuación, escrita en notación Kröger-Vink. Donde V_{O} es la vacante de oxígeno creada en la red cristalina, $O_{\text{O}}^{\times}$ representa la concentración de átomos de oxígeno con carga neutra localizados en su lugar original de la red cristalina, y $\text{OH}_{\text{O}}^{\bullet}$ es el protón localizado en el ion oxígeno (defecto de protón).



Estos materiales exhiben conductividad tipo-p en ausencia de H_2 o vapor de agua. Sin embargo, este tipo de conductividad disminuye a altas temperaturas en condiciones de humedad o H_2 , y prevalece la conductividad protónica. Se puede mejorar la conductividad protónica también dopando el material puro ya que se aumentan de esta manera las vacantes de oxígeno en la red. Por otra parte, la incorporación de protones en los óxidos de perovskita aumenta al disminuir la temperatura, ya que la inclusión de vapor de agua en la red es un proceso exotérmico. Opcionalmente, los materiales protónicos también pueden estar basados en estructuras híbridas entre BaCeO_3 (elevada conductividad iónica pero baja estabilidad) y BaZrO_3 (elevada estabilidad, pero bajas conductividades iónicas). La conductividad protónica puede ser mejorada dopando la estructura híbrida entre BaCeO_3 y BaZrO_3 con itrio, dando $\text{BaZr}_x\text{Ce}_y\text{Y}_z\text{O}_3$ (BZCY) con diferentes niveles de dopado en la posición B de la perovskita. Adicionalmente, también existe la opción de dopar la estructura BZCY introduciendo iterbio, en lo que se ha observado una mejora significativa de la conductividad protónica que permite al material trabajar de manera eficiente incluso a 400°C .

A continuación, se explica el proceso electroquímico por el que se separa selectivamente el H_2 , en el caso particular de que la membrana sea de un material con conductividad protónica:

El hidrógeno generado a partir del precursor de H_2 reacciona en el electrodo que está en contacto con la cámara reactiva (también denominado primer electrodo) dando lugar a protones y electrones (según la reacción r_1). Los protones se transportan desde una cámara hasta la otra a través de la membrana, debido a la conductividad protónica del material. Una vez los protones llegan al electrodo que está en contacto con la cámara de hidrógeno (también denominado segundo electrodo), estos protones forman hidrógeno gas a partir de los electrones generados en el primer electrodo (según la reacción r_2). Estos electrones han sido recogidos del primer electrodo e impulsados hasta el segundo electrodo a partir de un circuito

eléctrico con una fuente de energía eléctrica. El H₂ es liberado a la cámara de hidrógeno. La presión en esta cámara se regula mediante una válvula reguladora de la presión. De esta forma, la corriente de salida del H₂ es el hidrógeno generado. La temperatura a la que este tipo de material presenta una conductividad protónica adecuada para llevar a cabo el proceso va desde
5 400 hasta 1000°C.



Por otra parte, existen materiales cerámicos conductores de iones oxígeno, que consisten en óxidos de metales que permiten el transporte los iones O²⁻ a través de vacantes
10 de oxígeno presentes en su red cristalina. Típicamente están formados por capas densas de óxidos multimetálicos que contienen metales alcalinos, alcalinotérreos, tierras raras o metales de transición, en la misma estructura cristalina.

Según una realización preferida mostrada en la figura 5c, la membrana es de un material cerámico conductor de iones oxígeno. Este tipo de material puede tener estructura cristalina
15 tipo fluorita (como, por ejemplo, zirconia estabilizada con calcia, zirconia estabilizada con itria, CeO₂, ceria dopada con gadolinio, ceria dopada con samario), estructura cristalina tipo perovskita (como, por ejemplo, perovskita LaGaO₃ dopada con Sr y Mg), u otros tipos de estructura cristalina (como, por ejemplo, LAMOX (La₂Mo₂O₉), y las apatitas de Si y/o Ge, (M₁₀(XO₄)₆O_{2+y}), donde M es un catión alcalinotérreo o un lantánido y X es un elemento del
20 bloque p como P, Si, o Ge). A continuación, se explica más detalladamente los materiales conductores de iones oxígeno.

Existen materiales conductores de iones oxígeno con estructura tipo fluorita. Estos materiales presentan una celda unidad cúbica (AB₂), donde los cationes tetravalentes A ocupan los centros de cada una de las caras de la celdilla unidad, y los aniones B se encuentran en las
25 ocho posiciones tetraédricas. Un ejemplo es el óxido de circonio (ZrO₂) dopado para conseguir el aumento de la concentración de vacantes de oxígeno. Dopantes como Ca²⁺ o Y³⁺ producen zirconia estabilizada con calcia (CSZ) y zirconia estabilizada con itria (YSZ), respectivamente, exhibiendo este último una buena conductividad de O²⁻ por encima de los 700 °C. CeO₂ supone otro ejemplo de material con estructura fluorita y no necesita la estabilización de fase para
30 aumentar la concentración de vacantes. Con el objetivo de conseguir mejores conductividades iónicas que con YSZ, se puede dopar con Gd₂O₃ o Sm₂O₃ dando lugar a ceria dopada con gadolinio (CGO), o ceria dopada con samario (CSO), respectivamente. No obstante, este material no es estable en condiciones reductoras donde Ce⁴⁺ se reduce a Ce³⁺ proporcionando conductividad electrónica al material (tipo n).

35 Otros materiales conductores de iones oxígeno están basados en perovskitas. Las perovskitas LaGaO₃ dopadas con Sr, Mg, presentan conductividades más altas que las de YSZ, pero estos materiales presentan una escasa estabilidad a largo plazo.

Existen otros grupos de materiales conductores de iones oxígeno que exhiben propiedades interesantes, como, por ejemplo, materiales que presentan la estructura pirocloro ($A_2B_2O_7$), brownmillerita ($A_2B_2O_5$), la fase Ruddlesden-Popper (RP) ($A_{n+1}B_nO_{3n+1}$), la estructura ortorrómbica K_2NiF_4 y compuestos tipo $Sr_4Fe_{6-x}Co_xO_{13}$. Además, también se pueden utilizar
 5 otros materiales conductores de iones oxígeno que no están basados en fluorita o perovskita como, por ejemplo, LAMOX ($La_2Mo_2O_9$), y las apatitas de Si y/o Ge, ($M_{10}(XO_4)_6O_{2+y}$), donde M es un catión alcalinotérreo o un lantánido y X es un elemento del bloque p como P, Si, o Ge.

A continuación, se explica el proceso electroquímico por el que se separa selectivamente el H_2 , en el caso particular de que la membrana sea de un material con
 10 conductividad de iones oxígeno:

El hidrógeno generado a partir del precursor de H_2 reacciona con los iones de oxígeno en el electrodo que está en contacto con la cámara reactiva, dando lugar a vapor de agua y electrones (según la reacción r_3). Los iones oxígeno se transportan desde una cámara hasta la otra a través de la membrana, debido a la conductividad a iones oxígeno del material. En la
 15 cámara de hidrógeno se inyecta una corriente de gas rico en vapor de agua. Esta agua reacciona con electrones en el electrodo en contacto con la cámara de hidrógeno dando lugar a hidrógeno y los iones oxígeno (según la reacción r_4). Estos electrones han sido recogidos del primer electrodo e impulsados hasta el segundo electrodo a partir de un circuito eléctrico con una fuente de energía eléctrica. El H_2 es liberado a la cámara de hidrógeno. De esta forma, la
 20 corriente de salida de la cámara de hidrógeno es el hidrógeno generado junto con el resto de gas rico en vapor de agua. La temperatura a la que este tipo de materiales presenta una conductividad protónica adecuada para llevar a cabo el proceso va desde 600 hasta 1000°C.



25 En el caso particular de que la membrana sea de un material que presenta conductividad co-iónica a protones e iones oxígeno: La membrana es capaz de conducir iones oxígeno y protones, por lo que presenta un comportamiento dual. El rango de temperaturas de este tipo de material viene dado por la conductividad a los iones oxígeno ($> 600^\circ C$).

Según una realización preferida mostrada en la figura 5d, la membrana es de un
 30 material cerámico co-iónico, como, por ejemplo, perovskita basada en Ba dopada con metal de transición; o un composite en el que el conductor protónico es una perovskita dopada basada en bario y el conductor de iones oxígeno es una ceria dopada; etc. A continuación, se explica más detalladamente este tipo de materiales.

Existen dos maneras de conseguir un electrolito que presente ambas conductividades
 35 iónicas simultáneamente: con materiales puros y con composites. Los materiales puros que presentan ambas conductividades son generalmente perovskitas.

Con respecto a materiales con una única fase, la conducción iónica está habilitada por

óxidos dopados con alta simetría y elevados volúmenes libres en la celda cristalina. Mientras que la conductividad protónica está favorecida por estructuras que favorezcan la captación de protones, la conductividad a iones oxígeno está gobernada por la difusión a través del bulk y el intercambio superficial. Sistemas cristalinos cúbicos simétricos son generalmente beneficiosos para el transporte de iones. Para este tipo de materiales, se puede tener cierto control en la ratio entre ambas conductividades iónicas a partir del dopado introducido en la estructura cristalina. Las perovskitas basadas en Ba dopados con metales de transición presentan un buen comportamiento para conductividades mixtas. Para la mejora de las conductividades iónicas, este tipo de materiales permite el dopado catiónico (en la posición A o B de la perovskita) y aniónico (en la posición del O). Entre estos materiales se encuentran, por ejemplo, los materiales con sistema híbridos entre el zirconato de bario y cerato de bario dopado con itrio e iterbio ($\text{BaZr}_{1-x-y}\text{Ce}_x\text{Y}_y\text{O}_3$ o $\text{BaZr}_{1-x-y-z}\text{Ce}_x\text{Y}_y\text{Yb}_z\text{O}_3$).

Con respecto a electrolitos basados en composites, estos sistemas presentan principalmente dos fases: una fase para proporcionar la conductividad protónica y la otra fase para proporcionar la conductividad a iones oxígeno. En este tipo de materiales, el régimen de temperaturas lo marca la fase que presente mayores limitaciones que, por lo general, suele ser la fase con conductividad a iones oxígeno. Entre estos materiales se encuentran, por ejemplo, composites en los que el conductor protónico es generalmente una perovskita dopada basada en bario (principalmente basados en zirconato o cerato) y como conductor de iones oxígeno una ceria dopada.

En la presente invención, el propio sistema de generación de energía genera oxígeno (in situ) a partir del aire, concretamente en el subsistema de generación de O_2 (C); y el consumo de oxígeno se realiza también en el propio sistema (in situ), concretamente en el motor de combustión, durante el proceso de oxidación del combustible H_2 . Preferiblemente, el O_2 que se aporta al motor proviene del subsistema de generación de O_2 (C). No obstante, según una variante, el O_2 puede proceder de otra fuente, como por ejemplo (aunque no necesariamente de manera exclusiva) de un depósito de O_2 .

Según una realización preferida mostrada en la figura 1, el subsistema de generación de O_2 (C) se basa en una membrana de separación; preferiblemente en una membrana cerámica de separación OTM (membrana de transporte de oxígeno). La membrana OTM puede ser de diferentes tipos. Por ejemplo, según una realización particular, la membrana OTM es una membrana MIEC (membrana conductora mixta iónica-electrónica; del inglés Mixed Ionic-Electronic Conductivity). Según otro ejemplo de realización particular, la membrana OTM es una membrana POC (membrana puramente conductora de oxígeno; del inglés *Pure Oxygen Conducting*).

A diferencia de una membrana MIEC, una membrana POC necesita alimentación eléctrica para operar. En el caso de que la membrana sea de tipo POC, el sistema de

generación de O₂ (C) puede alimentarse con electricidad obtenida por conversión energética a partir de la energía mecánica producida en el motor de combustión (alimentación eléctrica del sistema de generación de O₂ no incluida en las figuras). De este modo, en el caso de que la membrana del subsistema de generación de O₂ (C) sea una membrana POC, la electricidad transformada proveniente de la energía mecánica del motor de combustión se reparte, preferiblemente, entre el subsistema de generación de H₂ (B), el subsistema de generación de O₂ (C) y la salida de potencia neta del sistema.

Preferiblemente, según se muestra en la figura 6, el subsistema de generación de O₂ (C) basado en una membrana OTM comprende dos cámaras diferenciadas y separadas por la membrana. Concretamente, se puede diferenciar entre la cámara del lado de alimentación, donde llega aire comprimido y de la que sale aire empobrecido de O₂ (gas de rechazo de la membrana OTM); y la cámara del lado de permeación, en la que la corriente de entrada es un gas de arrastre, y la corriente de salida es una mezcla de O₂ y dicho gas de arrastre. La membrana transporta oxígeno de una cámara a otra de manera que las moléculas son adsorbidas por un recubrimiento eléctricamente conductor presente en la membrana, disociándose en iones para facilitar su movimiento a través de esta. En el caso de una membrana MIEC, el transporte de oxígeno de una cámara a otra se realiza a partir de un gradiente de presión parcial. En el caso de una membrana POC, dicho transporte de oxígeno se realiza por la aplicación de un potencial eléctrico.

Según una realización preferida, la membrana no tiene un rendimiento del 100% en la separación (parte del O₂ que entra con el aire es rechazado y no permea a través de la membrana), pero su selectividad sí es del 100% (todo lo que pasa a través de la membrana es O₂). De este modo, la membrana de separación del subsistema de generación de O₂ (C) produce, por un lado, un flujo de O₂ prácticamente puro, y por otro, un gas de rechazo de la membrana OTM compuesto por el resto de las especies procedentes del aire (N₂, algo de O₂ y en menor proporción argón, CO₂ ambiente, etc.).

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el O₂ generado por el subsistema de generación de O₂ se aporta al motor para producir una oxicomcombustión. Cuando se realiza la combustión de H₂ y O₂ en condiciones estequiométricas se generan temperaturas muy elevadas, que en ocasiones están por encima de los límites de resistencia termo-mecánica del equipo en el que se produce la combustión. Con el fin de evitar esta circunstancia, según una realización preferida, se aporta al motor de combustión el O₂ diluido con otro fluido.

Según una realización preferida, el sistema de la presente invención comprende un recirculador de gas de escape, que recircula hacia la OTM una parte del gas de escape producido en el motor de combustión. El gas de escape recirculado constituye un gas de arrastre en la OTM, que recoge el O₂ permeado, conformando así el gas de alimentación (6) del motor de combustión. El resto de gas de escape (8), que como se verá posteriormente está

compuesto fundamentalmente de H₂O (y puede contener también O₂), se expulsa a la atmósfera por ser inocuo.

Respecto al subsistema de acondicionamiento (D), este comprende uno o varios componentes que permiten adaptar las condiciones termodinámicas (por ejemplo, la presión y temperatura), y/o la composición de uno o varios fluidos del sistema, para el correcto funcionamiento del resto de subsistemas. Preferiblemente el subsistema de acondicionamiento (D) es regenerativo. El tipo de componentes y la configuración interna puede cambiar parcialmente, dando lugar a diferentes realizaciones posibles:

- Según una realización preferida mostrada en la figura 1, el subsistema de generación de O₂ (C) está integrado en el subsistema de acondicionamiento (D). En este caso, el subsistema de generación de O₂ permite adaptar la composición del aire entrante para conformar el gas de alimentación del motor de combustión.
- Según una realización preferida, el subsistema de acondicionamiento (D) comprende uno o varios intercambiadores de calor para adecuar la temperatura de uno o varios fluidos del sistema (calentar o enfriar). Preferiblemente, el intercambiador o intercambiadores de calor son regenerativos, de modo que los fluidos con mayor temperatura ceden calor a los de menor temperatura.
- Según una realización preferida, el subsistema de acondicionamiento (D) comprende uno o varios turbocompresores para incrementar la presión de uno o varios fluidos del sistema, por ejemplo, los que requieren estar por encima de la presión atmosférica. Preferiblemente, el accionamiento del turbocompresor o turbocompresores se hace gracias a la entalpía de gases calientes generados en el propio sistema de generación de energía.
- Según una realización preferida, el subsistema de acondicionamiento (D) comprende uno o varios compresores cuyo accionamiento se hace con potencia mecánica o eléctrica obtenida a partir del motor de combustión interna.
- Según una realización preferida, el subsistema de acondicionamiento (D) comprende un medio de hidratación, para hidratar el combustible precursor de H₂ cuando este es un hidrocarburo (de base carbono). Preferiblemente, como medio de hidratación se emplea el H₂O procedente del flujo de gas de escape del motor de combustión y/o del flujo de rechazo del REM.
- Según una realización preferida, el subsistema de acondicionamiento (D) puede comprender un medio de arrastre, para proporcionar al REM una corriente de entrada de arrastre o de fuente de iones oxígeno (3'). Preferiblemente, dicha corriente es rica en H₂O; y más preferiblemente, procede del flujo de gas de escape del motor de combustión y/o del flujo de rechazo del REM.
- Preferiblemente, el subsistema de acondicionamiento (D) comprende una o varias válvulas para regular la recirculación de gas de escape a través de la OTM.

A continuación, se detallan varios aspectos relacionados con los diferentes flujos de fluido del sistema. El funcionamiento del sistema de la presente invención se basa en la circulación de flujos de fluido mediante conductos entre los diferentes subsistemas. En la figura 1 se ha identificado cada flujo de fluido cuya composición es diferente al resto: aire (1), precursor frío (2), precursor caliente (3), H₂ comprimido (4), gas de rechazo del REM caliente (5), gas de alimentación (6), gas de escape caliente (7), gas de escape frío (8), gas de rechazo de la OTM frío (9), gas de rechazo del REM frío (10), gas de rechazo del REM frío sin CO₂ (11). Durante su evolución en el sistema, los fluidos pueden enfriarse o calentarse, comprimirse o expandirse, así como cambiar su composición (por ejemplo, debido a una reacción química, por mezcla con otro flujo, o por separación de sus especies componentes en membranas específicas). Dichos cambios de temperatura, presión y composición pueden tener lugar en diferentes componentes de la invención como, por ejemplo, en los subsistemas, en el dispositivo de captura de CO₂, etc.

Con respecto al combustible precursor de H₂, según una realización preferida, el sistema de generación de energía de la presente invención acepta múltiples combustibles precursores de H₂ (es decir, se trata de un sistema con capacidad multi-combustible), de modo que la configuración del sistema es prácticamente independiente del combustible precursor de H₂, y tan solo el funcionamiento de algunos componentes del subsistema de acondicionamiento (D) se adaptan en función del combustible precursor de H₂. Algunos ejemplos de combustibles precursores de H₂ que acepta el sistema son los siguientes: NH₃, CH₄, CNG, GLP, CH₃OH, HVO, OMEx; estos fluidos tienen alta densidad energética (líquidos o gases comprimidos), y están plenamente disponibles en las infraestructuras actuales o lo estarán en infraestructuras futuras.

De este modo, el sistema es capaz de funcionar con alimentación de un precursor de H₂ (2) que incluya carbono en su formulación química (por ejemplo, hidrocarburos líquidos o gaseosos) y también que no lo tenga (por ejemplo, NH₃); si el precursor de H₂ es un hidrocarburo requiere hidratación, por lo que la corriente de entrada (3) al subsistema de generación de H₂ incluye también H₂O.

Dependiendo del combustible precursor de H₂ empleado, la composición de algunos flujos de fluido puede cambiar, como se indica a continuación:

- Según las realizaciones preferidas en las que el precursor de H₂ no es un hidrocarburo, el gas de rechazo del subsistema de generación de H₂ (5, 10, 11) no incluye CO₂. Así, por ejemplo, para NH₃ como precursor de H₂, el gas de rechazo del subsistema de generación de H₂ es N₂ puro. En este caso no es necesario el dispositivo de captura de CO₂ (H).
- Según las realizaciones preferidas en las que el precursor de H₂ es un hidrocarburo, el gas de rechazo del subsistema de generación de H₂ (5, 10) incluye en su composición CO₂ y

H₂O.

- Según las realizaciones preferidas en las que el precursor de H₂ es un hidrocarburo, si se incluye un dispositivo de captura de CO₂ (H), el gas de rechazo del subsistema de generación de H₂ tras el dispositivo de captura de CO₂ (flujo 11) está compuesto solo de H₂O (gas de rechazo sin CO₂).

Con respecto a otros flujos de fluido del sistema de la presente invención:

- Según una realización preferida, el subsistema de generación de O₂ (C) genera O₂ prácticamente puro, y un gas de rechazo del subsistema de generación de O₂ (9) compuesto por el resto de las especies no permeadas procedentes del aire.
- 10 – Según una realización preferida, el gas de alimentación (6) incluye O₂ en su composición y vapor de H₂O como gas de dilución.
- La composición del gas de escape (7, 8) depende de la composición del gas de alimentación (6). En general el gas de escape es una mezcla, en proporciones variables, de O₂ y H₂O.

15 A continuación, se incluye una descripción más detallada de la invención apoyándose en dos ejemplos, así como en las figuras correspondientes (figuras 2-4), que se incluyen con el fin de ilustrar las explicaciones y no de limitarlas. Estos ejemplos corresponden a varias realizaciones preferidas considerando la composición química del precursor de H₂ (2) como aspecto distintivo. De este modo, se proponen las siguientes realizaciones preferidas del sistema de generación de energía de la presente invención:

- Sistema de generación de energía en el que el combustible precursor de H₂ es un hidrocarburo.
- Sistema de generación de energía en el que el combustible precursor de H₂ no es un hidrocarburo.

25

Ejemplo 1: Sistema de generación de energía cuyo precursor de H₂ es un hidrocarburo

A continuación, se explica la realización preferida correspondiente al ejemplo 1 apoyándose en la figura 2. Según esta realización preferida:

- El precursor de H₂ es un hidrocarburo.
- 30 – El subsistema de generación de H₂ (B) se basa en un reactor electroquímico de membrana (REM).
- El subsistema de generación de O₂ (C) se basa en una membrana cerámica OTM, y está integrado en el subsistema de acondicionamiento (D).
- El subsistema de acondicionamiento (D) es regenerativo.
- 35 – El subsistema de potencia (A) está basado en un motor de combustión interna alternativo (MCIA) que funciona en modo oxicomustión con el O₂ generado en la OTM:
 - Según una variante, el MCIA es de encendido por compresión (MEC).

- Según otra variante, el MCIA es de encendido provocado (MEP).

En ambos casos, los flujos de entrada al motor son H₂ comprimido (4) como combustible motor; y gas de alimentación (6) como comburente motor, compuesto de O₂ y vapor de H₂O como gas de dilución.

- 5 – Se incluye un recirculador de gas de escape, que recircula hacia la OTM una parte del gas de escape producido en el motor de combustión. El gas de escape recirculado constituye un gas de arrastre en la OTM, que recoge el O₂ permeado, conformando así el gas de alimentación (6) del MCIA. El resto de gas de escape (8), compuesto fundamentalmente de H₂O (y puede contener también O₂), se expulsa a la atmósfera por ser inocuo.

10

El comburente que se aporta al motor no es aire, sino que está compuesto por O₂ y gas diluyente que, fundamentalmente es H₂O procedente de una recirculación de los gases de escape (EGR).

La generación de O₂ tiene lugar en la membrana cerámica OTM. La membrana requiere
15 trabajar, típicamente, a temperaturas en torno a los 850°C que consigue mantener gracias al flujo caliente de gases de escape (7). Se incluyen intercambiadores para disminuir la temperatura del gas de alimentación (6) del motor que, a la salida de la OTM puede superar los 800°C. Para ello, como foco frío regenerativo, se emplea flujos del sistema como son el flujo frío de aire (1) dirigido a la OTM o el flujo frío de precursor de H₂ (2). La membrana OTM tiene
20 una selectividad del 100% de modo que solo permite el paso de O₂, estando el resto gas de rechazo de la membrana OTM compuesto fundamentalmente de N₂ y algo de O₂ no permeado, que es expulsado del sistema. Junto a la OTM, para la generación del O₂ se incluye en el subsistema de acondicionamiento (D) varios intercambiadores regenerativos y turbogrupos, o compresores con accionamiento eléctrico o mecánico, para aumentar la presión del gas de
25 alimentación (6) hasta el valor requerido. En alguna variante el O₂ puede proceder de otra fuente, como por ejemplo (aunque no exclusivamente) de un depósito de O₂.

La generación del H₂ tiene lugar en el REM. La membrana del REM opera a una temperatura por encima de los 450°C. El precursor de H₂ se precalienta en el subsistema de acondicionamiento (D) dando lugar a un flujo de precursor de H₂ caliente (3) a su entrada al
30 reactor REM. El H₂ sale del reactor REM a una temperatura mayor de 450°C. La presión en la cámara de H₂ del REM se regula a partir de una válvula reguladora de presión. La presión de esta cámara y, por lo tanto, del H₂ generado puede superar los 250 bar. En cualquier caso, la presión en la cámara de H₂ debe ser siempre superior a la presión en la cámara reactiva. El gas de rechazo del REM puede tener una composición variable dependiendo del hidrocarburo
35 que se use como precursor, pero fundamentalmente se compone de CO₂ y H₂O.

El precursor de H₂ (2) que alimenta la invención es un hidrocarburo cuyo estado en la entrada del sistema es gas o líquido. Dependiendo de su composición, presión y temperatura,

dicho precursor de H₂ se prepara en el subsistema de acondicionamiento (D) regenerativo antes de entrar al REM, lo que requiere lo siguiente:

- La presión de entrada al REM debe estar por debajo de 40 bar, aunque el sistema puede soportar presiones de trabajo mucho mayores. Si la presión del precursor de H₂ al entrar al subsistema de acondicionamiento (D) es inferior a los requerimientos del REM, se comprime mediante un compresor (si el precursor de H₂ está en estado gaseoso) o una bomba (si el precursor de H₂ está en estado líquido), tomando en ambos casos la energía del motor.
- La temperatura de entrada al REM está típicamente entre 350°C y 400°C, para conseguir que internamente el REM esté a más de 450°C y que el proceso catalítico funcione correctamente (habitualmente trabaja en régimen exotérmico, con lo que el gas incrementa la temperatura en su interior). El calentamiento en el subsistema de acondicionamiento (D) se hace por medio de intercambiadores regenerativos, empleando como focos calientes el gas de rechazo del REM (5), con una temperatura mayor de 400°C, y los gases de escape procedentes del MCIA.
- Hidratación: Como en este ejemplo de realización el precursor de H₂ es un hidrocarburo, es necesario hidratarlo para el funcionamiento del REM.

Según una opción, el precursor se hidrata mezclándolo con el agua procedente del gas de escape frío (8). Dicho gas puede incluir O₂, en cuyo caso es necesario reducir su temperatura por debajo de los 100°C para condensar el agua. Dado que con el intercambio regenerativo no se garantiza bajar hasta dicha temperatura se incluye un intercambiador para disminuir la temperatura del gas mediante la cesión de calor al ambiente.

Según una variante de esta realización, para hidratar el precursor de H₂ se usa el agua procedente del gas de rechazo del REM frío que se obtiene tras el dispositivo de captura de CO₂ (flujo 11); si en la realización preferida no se incluye el dispositivo de captura de CO₂ (H), si se requiere se puede incorporar un intercambiador para condensar el agua como en la variante donde se obtiene el H₂O del gas de escape.

Además de los componentes anteriores y de los descritos para acondicionar el gas de alimentación y el precursor de H₂, el subsistema de acondicionamiento (D) regenerativo puede incluir un sistema de válvulas para regular la recirculación de gases de escape (7) a través de la OTM, aunque puede haber realizaciones donde se prescinda de ellas.

Respecto a las condiciones termodinámicas del comburente y del combustible motor, sus temperaturas están habitualmente por debajo de los 100°C. El suministro de comburente al motor normalmente se hace mediante un turbosobrealimentador accionado por los gases de escape calientes; o por un compresor accionado eléctrica o mecánicamente que obtiene la potencia del propio motor. La presión de alimentación del comburente se encuentra entre 1 y 4 bares, dependiendo del motor, del punto de operación y de las prestaciones de la membrana

de separación OTM. El MCIA se alimenta con H₂ a una presión superior a la del comburente (típicamente entre 1 y 3 bar por encima).

Los gases de escape del motor tienen una temperatura alta, típicamente entre 750° y 1000°C dependiendo de si este es MEC o MEP, de la dilución del comburente y de las condiciones de operación del motor de combustión (régimen y carga). En el caso de un MEP de oxidación se suele trabajar con relaciones O₂-combustible motor (dosados) próximas a la estequiométrica por lo que su temperatura de escape es superior a la de un MEC, que puede operar con dosados algo inferiores. En cualquier caso, las altas temperaturas requeridas por la OTM, junto con el alto coste energético requerido para generar O₂, hace que el dosado de trabajo sea más alto en el caso de MEC que en un MCIA convencional, donde el gas de alimentación contiene aire (en el caso de MEP ya operan con dosado estequiométrico en combustión convencional). El resultado es la temperatura de escape tal alta que se ha indicado. A medida que aumenta la carga del MCIA la temperatura de escape tiende a subir.

La composición de los gases de escape depende del dosado: en el caso de que el dosado sea estequiométrico, la composición de los gases de escape es sólo H₂O generado en la combustión; en el caso de que el dosado sea inferior al estequiométrico, la composición de los gases de escape contiene O₂ de exceso. A diferencia de un motor convencional, los gases de escape no contienen argón, N₂, CO₂ ni NO_x.

Además, el sistema del presente ejemplo comprende una serie de componentes auxiliares que pueden ser imprescindibles (medio de aporte eléctrico al reactor REM), que flexibilizan su operación (depósitos o almacenamiento eléctrico temporales) o mejoran sus prestaciones (dispositivo de captura de CO₂). A continuación, se indican dichos componentes auxiliares:

- Se incluye un depósito de precursor de H₂ (E). El depósito de precursor de H₂ es un depósito presurizado cuando se alimenta el sistema con un gas, mientras que, si es líquido, el subsistema de acondicionamiento (D) se encarga de adaptar su presión.

Según una variante en la que la aplicación es estacionaria, puede alimentarse el precursor de H₂ desde una línea presurizada, siendo el funcionamiento del sistema análogo al caso de almacenamiento de precursor de H₂ en el depósito.

- Se incluye, al menos, un generador eléctrico como medio de alimentación eléctrica al reactor REM. El generador eléctrico está vinculado al motor, de manera que una parte de la energía producida por el motor se utiliza para alimentar la membrana REM con corriente eléctrica por medio del generador eléctrico. Con el resto de energía producida por el motor se puede realizar lo siguiente:

- Puede sacarse mecánicamente como potencia neta mediante un dispositivo de transmisión mecánica.
- Puede ser transformada en electricidad. La electricidad transformada, a su vez, puede

suministrarse como potencia neta eléctrica o almacenarse en una batería.

- Puesto que el gas de rechazo del REM incluye CO₂ en su composición, se incluye un dispositivo de captura de CO₂ (H), habitualmente basado en etapas sucesivas de compresión y enfriamiento, con el fin de que el sistema tenga emisiones de CO₂ cero. Según una variante, no se incluye el dispositivo de captura de CO₂ (H).
- Se incluye un depósito de H₂ (G), que permite almacenar temporalmente el H₂ excedente a una presión de hasta 200 bar. Según una alternativa, el depósito de H₂ (G) almacena H₂ a presiones superiores. El H₂ a la salida del reactor REM está caliente (> 450°C) por lo que se enfría antes de ser inyectado en el MCIA, o antes de almacenarse en el depósito de H₂.
- 10 Según una opción alternativa, se puede implementar un almacenamiento de H₂ caliente que pueda prescindir del enfriamiento.

Ejemplo 2: Sistema de generación de energía cuyo precursor de H₂ no es un hidrocarburo

- 15 A continuación, se explica la realización preferida correspondiente al ejemplo 2 apoyándose en las figuras 3 y 4. Según esta realización preferida, se mantiene igual que en el ejemplo 1 lo siguiente:
- Se mantiene el subsistema de generación de H₂ (B) basado en la REM. La generación del H₂ en el reactor REM mantiene las condiciones de temperatura como en la realización preferida del ejemplo 1, y también se mantiene el medio de aporte eléctrico, el precalentamiento regenerativo del precursor de H₂, el subsistema de acondicionamiento (D) y almacenamiento de H₂.
 - 20 – Se mantiene el subsistema de generación de O₂ (C) basado en la OTM e integrado en el subsistema de acondicionamiento (D) regenerativo. Los requerimientos térmicos de la membrana cerámica OTM que genera el O₂ son los mismos que en la realización preferida del ejemplo 1 y se incluyen en el subsistema de acondicionamiento (D) varios intercambiadores regenerativos.
 - 25 – Se mantiene el subsistema de potencia (A) basado en el MCIA, que funciona en modo oxidación, y que puede ser un MEC o un MEP, según variantes.
 - 30 – Al igual que en el ejemplo 1, los flujos de entrada al motor son H₂ comprimido (4) como combustible motor; y gas de alimentación (6) como comburente motor, compuesto de O₂ y vapor de H₂O como gas de dilución.
 - Las condiciones termodinámicas (presiones y temperaturas) del combustible y comburente del MCIA, así como los medios para su acondicionamiento son los mismos que en la realización preferida del ejemplo 1. Así, el suministro de comburente al MCIA normalmente se hace mediante un sobrealimentador. Puede haber variantes con un turbocompresor accionado por los gases de escape calientes o un compresor cuyo accionamiento eléctrico
 - 35

o mecánico obtiene la potencia del motor. La opción de incluir un intercambiador para disminuir la temperatura del comburente es igual que en la realización preferida del ejemplo 1.

- Todo lo indicado en la realización preferida del ejemplo 1 respecto a la composición y condiciones termodinámicas de los gases de escape del MCIA y EGR es aplicable en esta realización.
- La producción de la potencia mecánica en el motor, así como su transmisión para ser usada directamente, su conversión en electricidad, almacenamiento en batería y alimentación del REM son iguales que en la realización preferida del ejemplo 1.

10

Los cambios respecto a la realización preferida del ejemplo 1 son los siguientes:

- En este caso, el precursor de H₂ (2) que alimenta la invención no es un hidrocarburo. No obstante, comparte con el ejemplo 1 que el precursor de H₂ puede ser un líquido o gas y que tiene que ser igualmente acondicionado antes de entrar al REM. A modo de ejemplo (no excluyente), la figura 4 presenta una realización preferida donde el precursor de H₂ es NH₃.

Aunque las condiciones de presión y temperatura a la entrada del REM, y los medios regenerativos para conseguirlos son los mismos que en el ejemplo 1, algunos requerimientos a la entrada del REM cambian, debido a que la composición del precursor de H₂ es diferente a la del ejemplo 1:

En general, en esta realización no es necesario hidratar el precursor por lo que puede prescindirse de la instalación correspondiente descrita en la realización preferida 1. No obstante, en caso de que el precursor de H₂ lo requiera se puede emplear una instalación análoga al ejemplo 1, mediante la que se obtiene el agua del gas de escape frío (8) o recirculándola del gas de rechazo del REM (5) enfriado hasta condensar.

- El gas de rechazo del REM (5, 11) puede tener una composición variable dependiendo del precursor de H₂, pero a diferencia del ejemplo 1, no contiene CO₂, ya que el precursor de H₂ no incluye carbono en su formulación química.
- Respecto a los componentes auxiliares, en este caso el depósito de precursor de H₂ (E) contiene un gas o líquido que no es un hidrocarburo; como en el ejemplo 1, en alguna variante estacionaria se puede prescindir del depósito y alimentar el precursor de H₂ desde una línea presurizada. Puesto que el gas de rechazo del REM no incluye CO₂ en su composición, se puede prescindir del dispositivo de captura de CO₂ (H).

Aunque se ha descrito la presente invención con referencia a opciones y realizaciones particulares de la misma, los expertos en la técnica podrán realizar modificaciones y variaciones a las enseñanzas anteriores sin por ello apartarse del alcance y el espíritu de la presente

invención.

Por ejemplo, debe entenderse que las realizaciones descritas en el presente documento son compatibles (aunque no sea el uso habitual) con una alimentación de combustible al motor que no sea solo H₂ puro procedente del subsistema de generación de H₂ (B), sino que además se puede emplear simultáneamente cualquier otro combustible líquido o gas (hidrocarburo o no) como gasoil, gasolina, gas natural, GLP, NH₃, etc. El hecho de emplear simultáneamente cualquier otro combustible implica afectar a la composición del gas de escape (7, 8), que puede contener CO₂ si el combustible es un hidrocarburo; y puede afectar al gas de alimentación (6) del motor de combustión debido a una recirculación de gases de escape. En este caso, con el fin de evitar la expulsión de CO₂ al ambiente, el sistema de generación de energía de la presente invención puede comprender un medio de captura de CO₂. Este medio de captura de CO₂ puede ser el mismo dispositivo de captura de CO₂ (H) mencionado anteriormente (con relación al gas de rechazo del REM), o puede ser otro dispositivo de captura de CO₂.

REIVINDICACIONES

- 1- Sistema de generación de energía a partir de aire y un combustible precursor de H₂, que comprende:
 - 5 - un subsistema de potencia (A) basado en un motor de combustión;
 - un subsistema de generación de H₂ (B) a partir del combustible precursor de H₂;
 - un subsistema de generación de O₂ (C) a partir del aire;
 - un subsistema de acondicionamiento (D) de fluidos del sistema para el correcto funcionamiento del resto de subsistemas;
- 10 - conductos, que conducen flujos de fluido por el sistema; de manera que se aporta al motor de combustión el O₂ y el H₂ generados; y se produce energía por medio de un proceso de oxidación en dicho motor de combustión.
- 2- Sistema según la reivindicación 1, que acepta diferentes tipos de combustible precursor de H₂, pudiendo ser un combustible de base carbono o un combustible de base no-carbono.
- 15 3- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el motor de combustión es un motor de combustión interna alternativo (MCIA), que se selecciona del grupo que comprende motor de encendido provocado (MEP), motor de encendido por compresión (MEC).
- 20 4- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el subsistema de generación de H₂ (B) se alimenta eléctricamente con energía proveniente del motor de combustión; y el subsistema de acondicionamiento (D) se alimenta térmicamente con calor generado por el motor de combustión.
- 5- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el subsistema de generación de H₂ (B) se basa en un reactor electroquímico de membrana (REM).
- 25 6- Sistema según la reivindicación 5, en el que el reactor electroquímico de membrana (REM) comprende:
 - una cámara reactiva;
 - una cámara de hidrógeno;
 - 30 - una celda electroquímica, que comprende, a su vez:
 - un electrodo cátodo (i);
 - un electrodo ánodo (iii);
 - un electrolito (ii) en forma de membrana, dispuesta entre el electrodo cátodo y el electrodo ánodo; de manera que la cámara reactiva y la cámara de hidrógeno están
 - 35 separadas por la membrana;
 - una fuente de energía eléctrica conectada a los electrodos por medio de un circuito eléctrico.

- 7- Sistema según la reivindicación 6 en el que el material de la membrana del reactor electroquímico de membrana puede ser de un material que presenta conductividad protónica, de un material que presenta conductividad de iones oxígeno, o de un material que presenta conductividad co-iónica a protones e iones oxígeno.
- 5 8- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que el reactor electroquímico de membrana comprende un catalizador en la cámara reactiva, que está especializado en varios sistemas reactivos, lo que permite llevar a cabo reacciones de distintos tipos de combustible precursor de H₂.
- 9- Sistema según la reivindicación 8, en el que el reactor electroquímico de membrana
10 comprende un catalizador basado en Ni.
- 10- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el subsistema de generación de O₂ (C) está integrado en el subsistema de acondicionamiento (D).
- 11- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el subsistema de generación de O₂ (C) se basa en una membrana OTM.
- 15 12- Sistema según la reivindicación 11, en el que la membrana OTM es una membrana de tipo MIEC o una membrana de tipo POC.
- 13- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12, que comprende un recirculador de gas de escape, que recircula hacia el subsistema de generación de O₂ basado en la OTM una parte de un gas de escape producido en el motor de combustión; constituyendo
20 el gas de escape recirculado un gas de arrastre en la OTM, que recoge O₂ permeado, conformando así un gas de alimentación (6) del motor de combustión.
- 14- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el subsistema de acondicionamiento (D) comprende uno o varios intercambiadores de calor regenerativos para adecuar la temperatura de uno o varios fluidos del sistema.
- 25 15- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el subsistema de acondicionamiento (D) comprende uno o varios turbocompresores para incrementar la presión de uno o varios fluidos del sistema; accionándose el turbocompresor o turbocompresores gracias a la entalpía de gases calientes generados en el propio sistema de generación de energía.
- 30 16- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el subsistema de acondicionamiento (D) comprende uno o varios compresores cuyo accionamiento se hace con potencia mecánica o eléctrica obtenida del motor de combustión.
- 17- Sistema según la reivindicación 5 en combinación con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 16, en el que el subsistema de acondicionamiento (D) comprende un medio de
35 hidratación, para hidratar el precursor de H₂ cuando este es un hidrocarburo, empleando H₂O procedente de un flujo de gas de escape del motor de combustión y/o de un flujo de rechazo del reactor electroquímico de membrana (REM).

- 18- Sistema según la reivindicación 5 en combinación con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 17, en el que el subsistema de acondicionamiento (D) comprende un medio de arrastre para proporcionar al reactor electroquímico de membrana (REM) una corriente de entrada de arrastre o de fuente de iones oxígeno (3'), con la particularidad de que dicha corriente es rica en H₂O y procede del flujo de gas de escape del motor de combustión y/o del flujo de rechazo del reactor electroquímico de membrana (REM).
- 19- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un equipo de gestión energética (F) que, a su vez, comprende:
- un dispositivo de transmisión mecánica, que transmite energía mecánica producida por el motor de combustión hacia la salida y/u otras partes del sistema;
 - un generador eléctrico, que transforma energía mecánica producida por el motor de combustión en electricidad.
- 20- Sistema según la reivindicación 19, en el que la potencia mecánica del motor de combustión es transformada íntegramente en electricidad por medio del generador eléctrico, que se reparte entre el subsistema de generación de H₂ (B) y una salida de potencia neta del sistema.
- 21- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica proveniente del motor de combustión.
- 22- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un depósito de precursor de H₂ (E) con el fin de poder almacenar combustible precursor de H₂ sin depender de un suministro continuo.
- 23- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un depósito de H₂ (G) presurizado, con el fin de almacenar H₂ o consumirlo si la tasa de producción del subsistema de generación de H₂ (B) es diferente de la tasa de consumo del motor de combustión.
- 24- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un dispositivo de captura de CO₂ (H) para evitar su expulsión al ambiente.

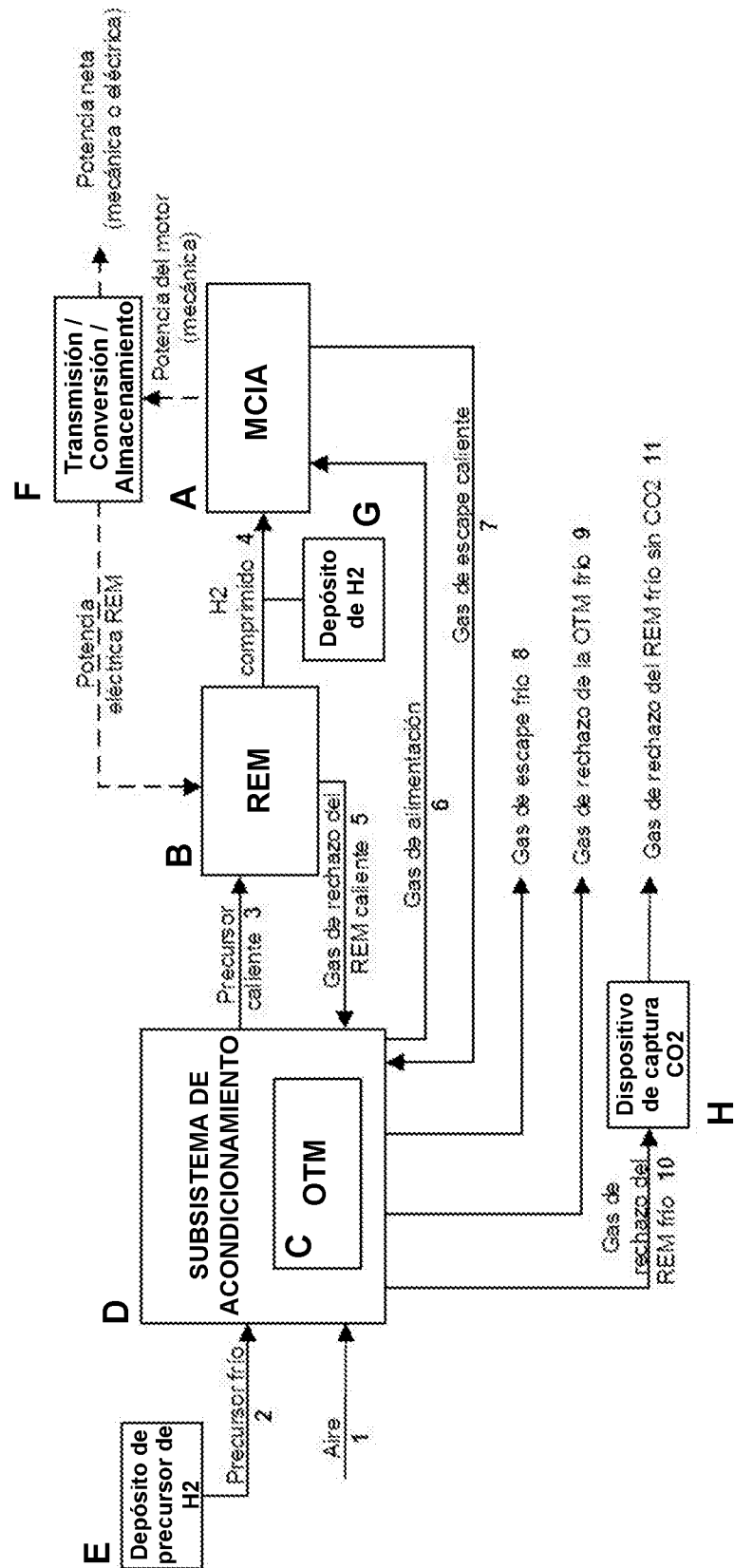


FIG. 1

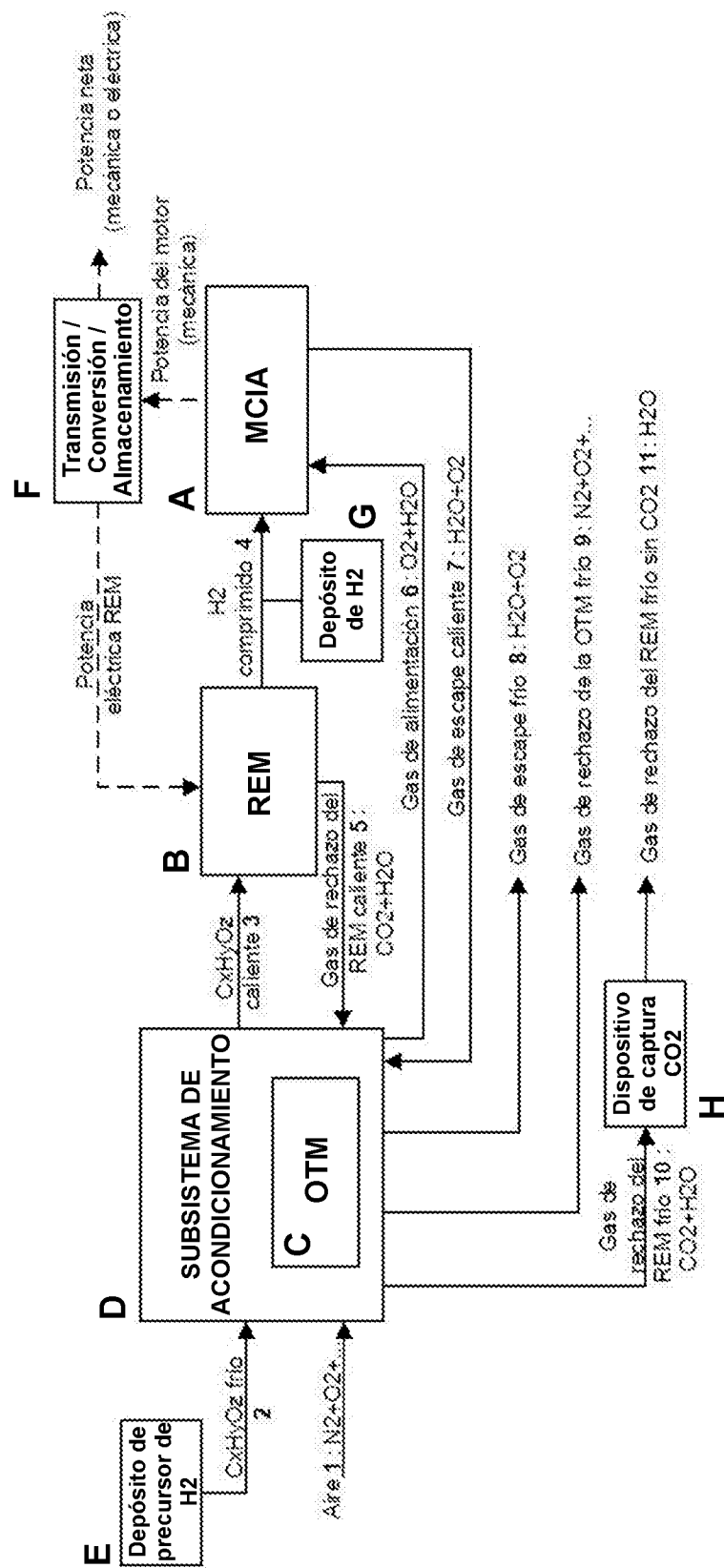


FIG. 2

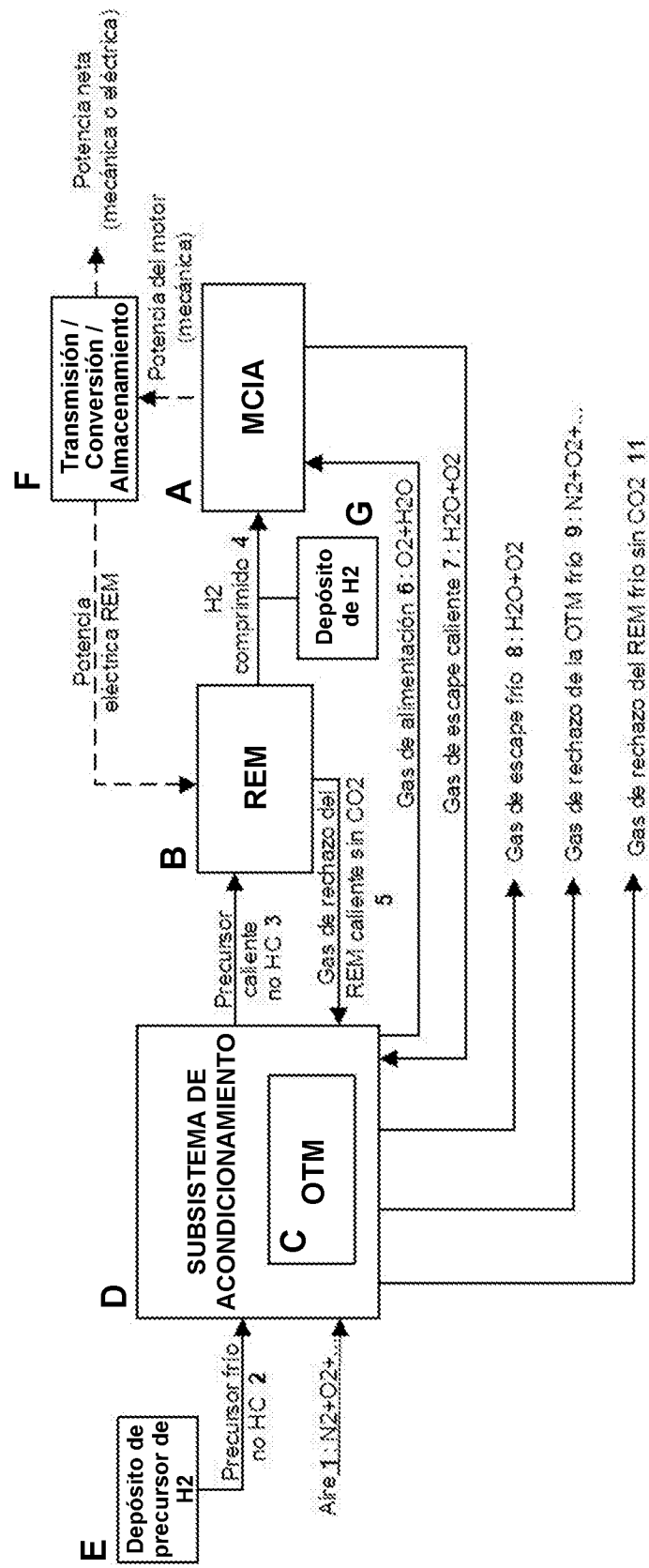


FIG. 3

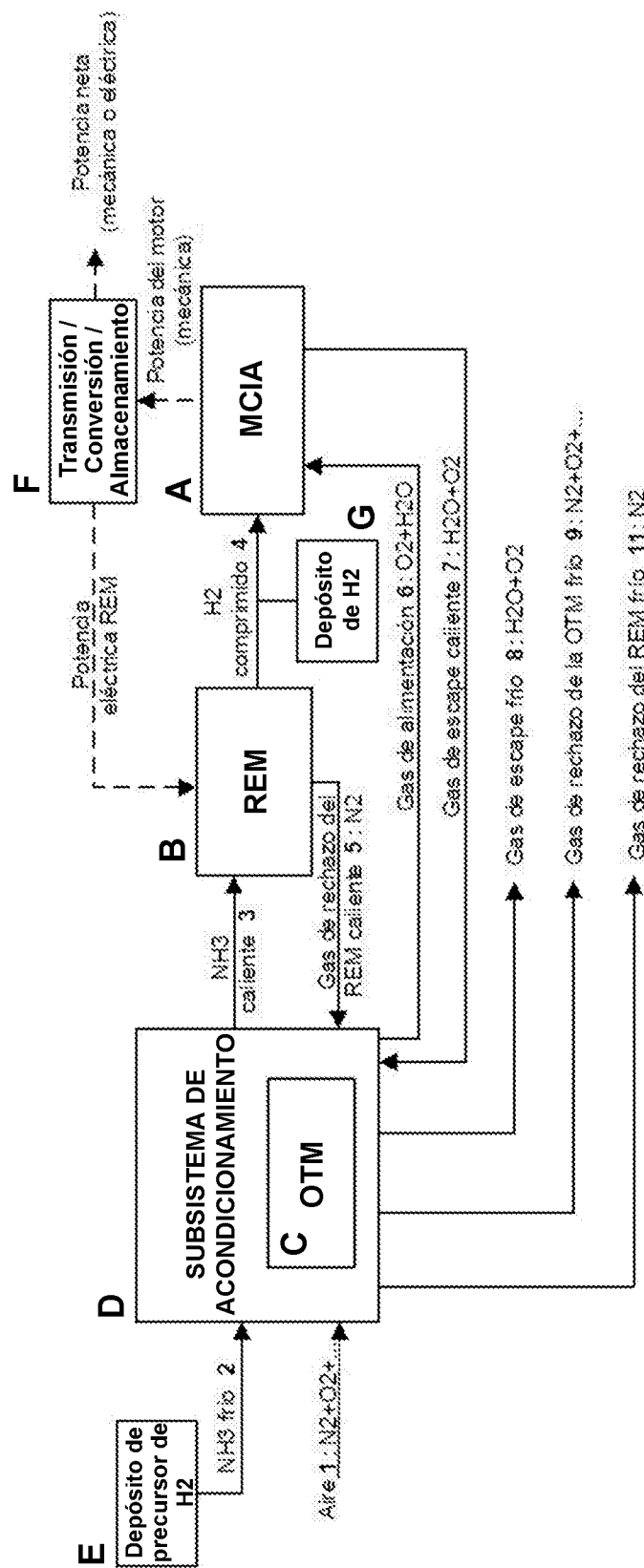


FIG. 4

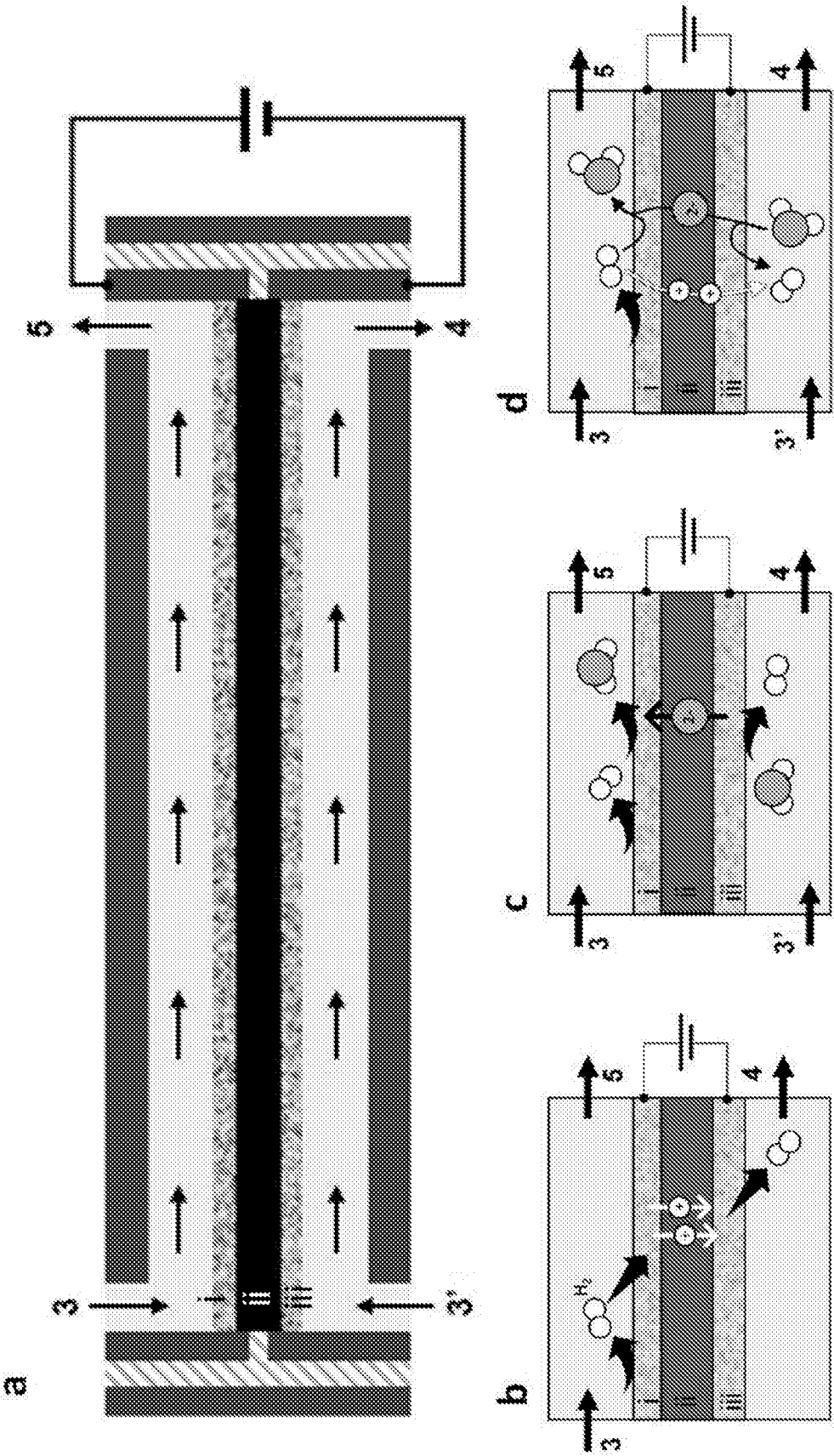


FIG. 5

6/6

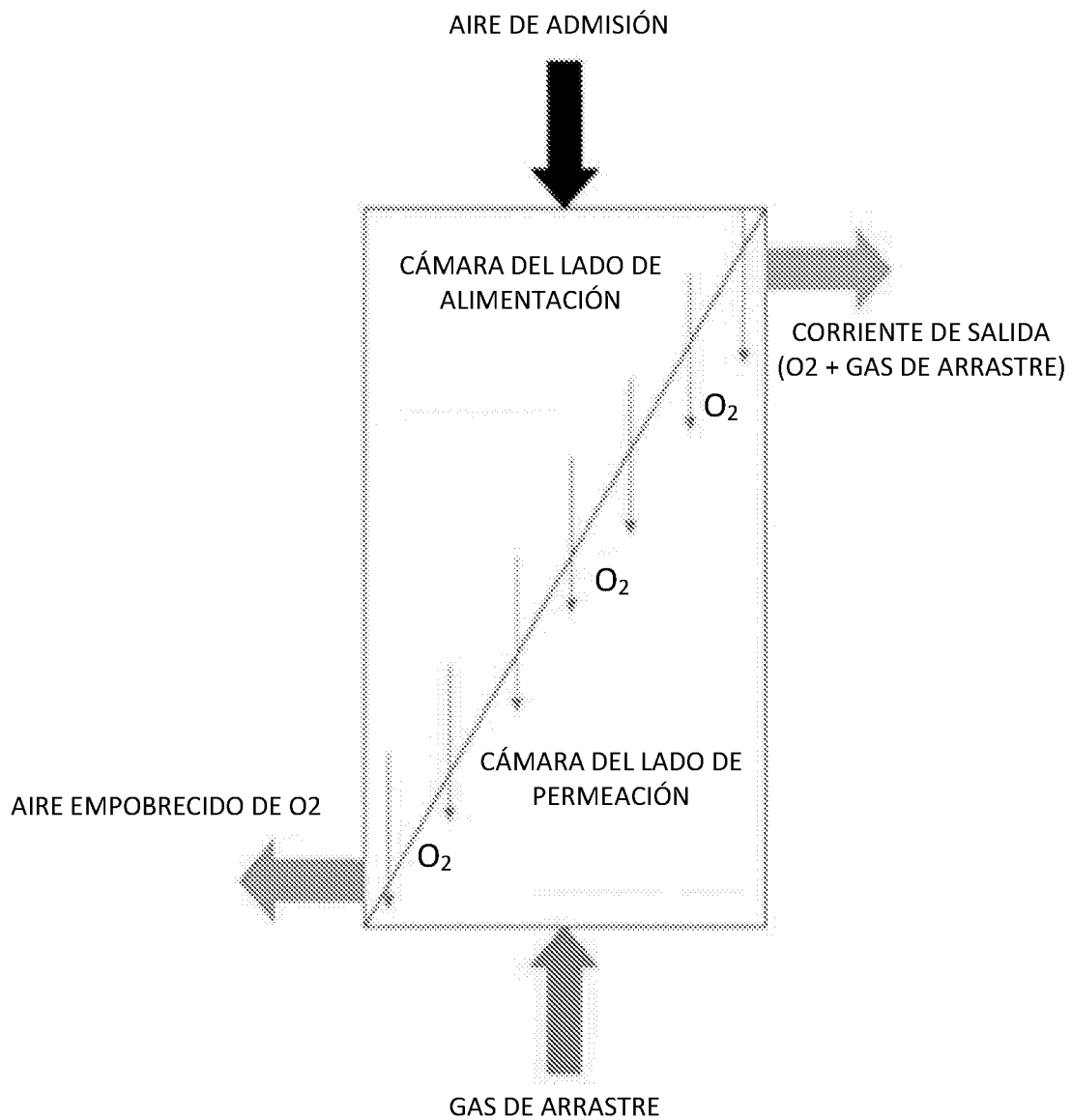


FIG. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2022/070792

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02B43/00 (2006.01)

F02B43/12 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES, WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2018252105 A1 (GAJ-JABLONSKI WOJCIECH GAJ-JABLONSKI WOJCIECH) 06/09/2018, abstract, figure 1, paragraphs 17, 19.	1-4, 10, 15, 16, 19-21
X	US 2020255962 A1 (HALL DAVID R et alii) 13/08/2020, abstract, paragraphs 295-300, 365-370.	5-9
X	WO 2020193833 A1 (UNIV VALENCIA POLITECNICA et alii) 01/10/2020, abstract, paragraphs 25, 26, 66, 97, 112, 133, 134, 144, 163, 164. 222, 223.	11-15, 19, 20, 24
X	WO 2018169846 A1 (PRAXAIR TECHNOLOGY INC.) 20/09/2018, abstract, paragraphs 2, 10, 14, 15, 22-25, 36-41.	5-18, 22, 23

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.	
"E" earlier document but published on or after the international filing date	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04/04/2023

Date of mailing of the international search report
(05/04/2023)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Facsimile No.: 91 349 53 04

Manuel Fluvia Rodríguez
Telephone No. 91 3493016

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2022/070792

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

International application PCT/ES2022/070792, which is a system for generating power using a heat engine that burns oxygen and hydrogen, claims said system (claims 1 to 4 and 19 to 24, referred to as “invention 1”), with which is juxtaposed an invention consisting of the system for generating hydrogen using an electrochemical reactor-membrane reactor (claims 5 to 9, referred to as “invention 2”), with which in turn is juxtaposed an invention consisting of the system for generating oxygen using an oxygen transport membrane (claims 11 to 13, referred to as “invention 3”), to which are added fluid conditioning features (claims 10 and 14 to 18). In summary, since these three inventions are technologically distinct, albeit linked by interdependent claims, information will be provided for each.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

Information on patent family members

PCT/ES2022/070792

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US2018252105 A1	06.09.2018	JP2018529887 A JP6793198B B2 US10605080 B2 CN108350741 A CN108350741B B KR20180048904 A CA2997102 A1 CA2997102 C PL413737 A1 PL234850B B1 EP3344851 A1 WO2017039464 A1 WO2017039464 A8	11.10.2018 02.12.2020 31.03.2020 31.07.2018 09.03.2021 10.05.2018 09.03.2017 14.03.2023 13.03.2017 30.04.2020 11.07.2018 09.03.2017 05.04.2018
----- US2020255962 A1	----- 13.08.2020	JP2023501913 A JP2022522603 A KR20220020956 A JP2022512964 A CN113631502 A CN113302771 A CA3126466 A1 EP4069893 A1 WO2021113845 A1 US2021175531 A1 EP4049327 A1 WO2021081281 A1 US2021121978 A1 EP4034512 A1 WO2021061817 A1 US2021069786 A1 US2021024425 A1 US11453618 B2 US2020303749 A1 US11539053 B2 US2020255959 A1 US2020255963 A1 US2020259186 A1 WO2020160052 A1 US2020235409 A1 US2020235410 A1 EP3908551 A1 EP3908551 A4 EP3909089 A1 EP3909089 A4 EP3908549 A1 EP3908549 A4 WO2020146757 A1 WO2020146762 A1 WO2020146754 A1 WO2020146754 A8	20.01.2023 20.04.2022 21.02.2022 07.02.2022 09.11.2021 24.08.2021 16.07.2020 12.10.2022 10.06.2021 10.06.2021 31.08.2022 29.04.2021 29.04.2021 03.08.2022 01.04.2021 11.03.2021 28.01.2021 27.09.2022 24.09.2020 27.12.2022 13.08.2020 13.08.2020 13.08.2020 06.08.2020 23.07.2020 23.07.2020 17.11.2021 11.01.2023 17.11.2021 11.01.2023 17.11.2021 11.01.2023 16.07.2020 16.07.2020 16.07.2020 04.03.2021

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2022/070792

Information on patent family members

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		WO2020146759 A1	16.07.2020
		US2020227763 A1	16.07.2020
		WO2020123393 A1	18.06.2020
		WO2020123389 A1	18.06.2020
		WO2020123396 A1	18.06.2020
		US2020182549 A1	11.06.2020
		EP3877152 A1	15.09.2021
		EP3877152 A4	12.10.2022
		WO2020113170 A1	04.06.2020
		WO2020113172 A1	04.06.2020
		WO2020112316 A1	04.06.2020
		US2020176803 A1	04.06.2020
		WO2020107029 A1	28.05.2020
		WO2020107028 A1	28.05.2020
		WO2020107027 A1	28.05.2020
		WO2020107026 A1	28.05.2020
		WO2020102140 A1	22.05.2020
		WO2020102634 A1	22.05.2020
		US2020156104 A1	21.05.2020
		EP3881377 A1	22.09.2021
		EP3881377 A4	28.09.2022
		EP3881384 A1	22.09.2021
		EP3881384 A4	11.01.2023
		WO2020097120 A1	14.05.2020
		WO2020097119 A1	14.05.2020
		WO2020097118 A1	14.05.2020
		EP3877180 A1	15.09.2021
		EP3877180 A4	14.12.2022
		US2020144646 A1	07.05.2020
		US11557784 B2	17.01.2023
		US2020144635 A1	07.05.2020
		US2020144648 A1	07.05.2020
		US11611097 B2	21.03.2023
		US2020144654 A1	07.05.2020
		US2020144633 A1	07.05.2020
		US2020140297 A1	07.05.2020
		US11603324 B2	14.03.2023
		US2020144653 A1	07.05.2020
		US2020144647 A1	07.05.2020
		US11575142 B2	07.02.2023
		US2020144627 A1	07.05.2020
		US2020144628 A1	07.05.2020
----- WO2020193833 A1	----- 01.10.2020	----- JP2022528864 A	----- 16.06.2022
		US2022178333 A1	09.06.2022
		US11603810 B2	14.03.2023
		KR20220011622 A	28.01.2022
		CN113874618 A	31.12.2021
		EP3951159 A1	09.02.2022

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

Information on patent family members

PCT/ES2022/070792

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		EP3951159 A4	04.01.2023
		ES2751129 A1	30.03.2020
		ES2751129 B2	29.03.2021
-----	-----	-----	-----
WO2018169846 A1	20.09.2018	DK3596005T T3	26.07.2021
		US2020048088 A1	13.02.2020
		CA3056602 A1	20.09.2018
		CA3056602 C	26.07.2022
		EP3596005 A1	22.01.2020
		EP3596005 B1	19.05.2021
-----	-----	-----	-----

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES2022/070792

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

F02B43/00 (2006.01)

F02B43/12 (2006.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

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

F02B

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

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

EPODOC, INVENES, WPI

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
X	US 2018252105 A1 (GAJ-JABLONSKI WOJCIECH GAJ-JABLONSKI WOJCIECH) 06/09/2018, resumen, figura 1, párrafos 17, 19.	1-4, 10, 15, 16, 19-21
X	US 2020255962 A1 (HALL DAVID R et alii) 13/08/2020, resumen, párrafos 295-300, 365-370.	5-9
X	WO 2020193833 A1 (UNIV VALENCIA POLITECNICA et alii) 01/10/2020, resumen, párrafos 25, 26, 66, 97, 112, 133, 134, 144, 163, 164. 222, 223.	11-15, 19, 20, 24
X	WO 2018169846 A1 (PRAXAIR TECHNOLOGY INC.) 20/09/2018, resumen, párrafos 2, 10, 14, 15, 22-25, 36-41.	5-18, 22, 23

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos

☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.	
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.
04/04/2023

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
5 de abril de 2023 (05/04/2023)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado
Manuel Fluvía Rodríguez
Nº de teléfono 91 3493016

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional n°

PCT/ES2022/070792

Recuadro II Observaciones cuando se estime que algunas reivindicaciones no pueden ser objeto de búsqueda (continuación del punto 2 de la primera hoja)

Este informe de búsqueda internacional no se ha realizado en relación a ciertas reivindicaciones según el artículo 17.2).a) por los siguientes motivos:

1. ☐ Las reivindicaciones n°s:
se refieren a un objeto con respecto al cual esta Administración no está obligada a proceder a la búsqueda, a saber:

2. ☐ Las reivindicaciones n°s:
se refieren a elementos de la solicitud internacional que no cumplen con los requisitos establecidos, de tal modo que no pueda efectuarse una búsqueda provechosa, concretamente:

3. ☐ Las reivindicaciones n°s:
son reivindicaciones dependientes y no están redactadas de conformidad con los párrafos segundo y tercero de la regla 6.4(a).

Recuadro III Observaciones cuando falta unidad de invención (continuación del punto 3 de la primera hoja)

La Administración encargada de la Búsqueda Internacional ha detectado varias invenciones en la presente solicitud internacional, a saber:

La solicitud internacional PCT/ES2022/070792, es un sistema de generación de energía mediante un motor térmico que quema oxígeno e hidrógeno en la que se reivindica dicho sistema (reivindicaciones 1 a 4 y 19 a 24, al que designaremos “invento 1”), al que se yuxtapone un invento de sistema para la generación de hidrógeno mediante reactor REM (reivindicaciones 5 a 9, al que designaremos “invento 2”), al que a su vez se yuxtapone un invento de sistema para la generación de oxígeno por membrana OTM (reivindicaciones 11 a 13, al que designaremos “invento 3”), a los que se incluyen características de acondicionamiento de fluidos (reivindicaciones 10 y 14 a 18). En definitiva, al ser tres inventos disjuntos tecnológicamente, aunque relacionados mediante reivindicaciones interdependientes, se va a informar de cada uno de ellos.

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional n°

PCT/ES2022/070792

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
US2018252105 A1	06.09.2018	JP2018529887 A JP6793198B B2 US10605080 B2 CN108350741 A CN108350741B B KR20180048904 A CA2997102 A1 CA2997102 C PL413737 A1 PL234850B B1 EP3344851 A1 WO2017039464 A1 WO2017039464 A8	11.10.2018 02.12.2020 31.03.2020 31.07.2018 09.03.2021 10.05.2018 09.03.2017 14.03.2023 13.03.2017 30.04.2020 11.07.2018 09.03.2017 05.04.2018
----- US2020255962 A1	----- 13.08.2020	JP2023501913 A JP2022522603 A KR20220020956 A JP2022512964 A CN113631502 A CN113302771 A CA3126466 A1 EP4069893 A1 WO2021113845 A1 US2021175531 A1 EP4049327 A1 WO2021081281 A1 US2021121978 A1 EP4034512 A1 WO2021061817 A1 US2021069786 A1 US2021024425 A1 US11453618 B2 US2020303749 A1 US11539053 B2 US2020255959 A1 US2020255963 A1 US2020259186 A1 WO2020160052 A1 US2020235409 A1 US2020235410 A1 EP3908551 A1 EP3908551 A4 EP3909089 A1 EP3909089 A4 EP3908549 A1 EP3908549 A4 WO2020146757 A1 WO2020146762 A1 WO2020146754 A1 WO2020146754 A8	20.01.2023 20.04.2022 21.02.2022 07.02.2022 09.11.2021 24.08.2021 16.07.2020 12.10.2022 10.06.2021 10.06.2021 31.08.2022 29.04.2021 29.04.2021 03.08.2022 01.04.2021 11.03.2021 28.01.2021 27.09.2022 24.09.2020 27.12.2022 13.08.2020 13.08.2020 13.08.2020 06.08.2020 23.07.2020 23.07.2020 17.11.2021 11.01.2023 17.11.2021 11.01.2023 17.11.2021 11.01.2023 16.07.2020 16.07.2020 16.07.2020 04.03.2021

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ES2022/070792

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
		WO2020146759 A1	16.07.2020
		US2020227763 A1	16.07.2020
		WO2020123393 A1	18.06.2020
		WO2020123389 A1	18.06.2020
		WO2020123396 A1	18.06.2020
		US2020182549 A1	11.06.2020
		EP3877152 A1	15.09.2021
		EP3877152 A4	12.10.2022
		WO2020113170 A1	04.06.2020
		WO2020113172 A1	04.06.2020
		WO2020112316 A1	04.06.2020
		US2020176803 A1	04.06.2020
		WO2020107029 A1	28.05.2020
		WO2020107028 A1	28.05.2020
		WO2020107027 A1	28.05.2020
		WO2020107026 A1	28.05.2020
		WO2020102140 A1	22.05.2020
		WO2020102634 A1	22.05.2020
		US2020156104 A1	21.05.2020
		EP3881377 A1	22.09.2021
		EP3881377 A4	28.09.2022
		EP3881384 A1	22.09.2021
		EP3881384 A4	11.01.2023
		WO2020097120 A1	14.05.2020
		WO2020097119 A1	14.05.2020
		WO2020097118 A1	14.05.2020
		EP3877180 A1	15.09.2021
		EP3877180 A4	14.12.2022
		US2020144646 A1	07.05.2020
		US11557784 B2	17.01.2023
		US2020144635 A1	07.05.2020
		US2020144648 A1	07.05.2020
		US11611097 B2	21.03.2023
		US2020144654 A1	07.05.2020
		US2020144633 A1	07.05.2020
		US2020140297 A1	07.05.2020
		US11603324 B2	14.03.2023
		US2020144653 A1	07.05.2020
		US2020144647 A1	07.05.2020
		US11575142 B2	07.02.2023
		US2020144627 A1	07.05.2020
		US2020144628 A1	07.05.2020
-----	-----	-----	-----
WO2020193833 A1	01.10.2020	JP2022528864 A	16.06.2022
		US2022178333 A1	09.06.2022
		US11603810 B2	14.03.2023
		KR20220011622 A	28.01.2022
		CN113874618 A	31.12.2021
		EP3951159 A1	09.02.2022

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ES2022/070792

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
		EP3951159 A4	04.01.2023
		ES2751129 A1	30.03.2020
		ES2751129 B2	29.03.2021
-----	-----	-----	-----
WO2018169846 A1	20.09.2018	DK3596005T T3	26.07.2021
		US2020048088 A1	13.02.2020
		CA3056602 A1	20.09.2018
		CA3056602 C	26.07.2022
		EP3596005 A1	22.01.2020
		EP3596005 B1	19.05.2021
-----	-----	-----	-----