

Propuesta de utilización del hidrógeno como vector energético

Proposal for the use of hydrogen as an energy vector

Maximino García Vigil¹

Resumen

Este documento busca proponer una solución para el transporte y el almacenamiento de hidrógeno utilizando la red de gas natural existente. El gas de hidrógeno es muy fácil de inyectar a la red de gas existente. Posteriormente, en las zonas de uso y previa adaptación de presiones, se puede realizar la separación o purificación del hidrógeno y obtener un producto adecuado para su uso, almacenamiento y distribución a los usuarios finales. La propuesta de hogares o pequeños consumidores pasa por el uso del hidrógeno como única fuente de energía. A través de las celdas de combustible se puede generar corriente continua que luego puede adaptarse a la red existente a través de inversores para obtener 230 V a 50 Hz, que corresponde a la tensión y frecuencia estándar. Con el calor residual generado por la celda de combustible se puede alimentar un acumulador de agua caliente que se puede usar más adelante para proporcionar agua caliente sanitaria y calefacción.

Palabras clave

Transporte, almacenamiento, hidrógeno, única fuente de energía.

Abstract

The idea is to propose a solution for the transport and storage of hydrogen using the existing natural gas network. Hydrogen gas is very easy to inject into the existing gas network. Later in the zones of use and previous adaptation of pressures, the separation or purification of hydrogen can be carried out, obtaining a suitable product for its use, storage and distribution to the final users. The proposal of households or small consumers goes through the use of hydrogen as the sole source of energy.

Through the fuel cells, we can generate direct current that can then be adapted to the existing network through inverters to obtain 230 V at 50 Hz. This corresponds to the standard voltage and frequency. With the residual heat generated by the fuel cell, we can feed a hot water accumulator that we can use later to provide sanitary hot water and heating.

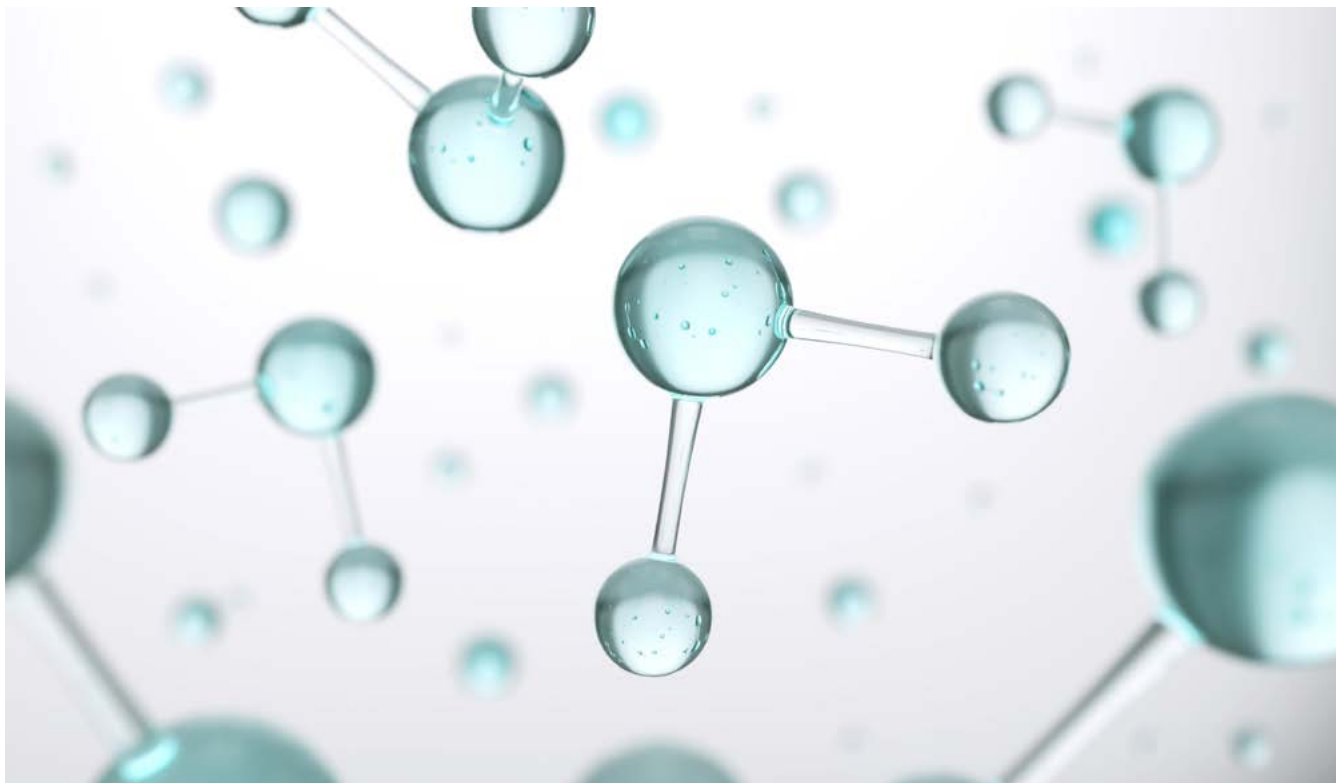
Keywords

Transport, storage, hydrogen, sole source of energy.

Recibido / received: 17/11/2019. Aceptado / accepted: 27/01/2020.

¹ Responsable de Presupuestos, área de Electricidad y Control de la empresa TSK Electrónica y Electricidad S.A. Ingeniero técnico industrial de la rama electricidad. Ingeniero Expertise por el Cogiti. Máster en Energía, Petróleo y Gas.

Autor para correspondencia: Maximino García Vigil. E-mail: maxi.garcia@grupotsk.com.



Molécula o átomo de hidrógeno, estructura abstracta para ciencia o fondo médico, ilustración 3d. Foto: Shutterstock.

Introducción

El hidrógeno es un compuesto químico formado por un protón y un electrón. Es incoloro, inodoro e insípido con las propiedades descritas en la tabla 1 (Luis Gutiérrez, 2005).

Es un elemento muy abundante y tiene la capacidad para reaccionar con el oxígeno y generar gran cantidad de energía y como residuo agua.

Como ventaja destaca que tiene un gran poder calorífico; como desventaja, tiene muy baja densidad.

Como gas tiene menos poder calorífico que otros gases. Si se licua su densidad es un tercio de la gasolina.

No produce emisiones de CO_2 , pero es un combustible muy volátil con peligrosidad en espacios cerrados.

Entre las formas principales de obtención del hidrógeno, se puede citar la electrólisis del agua, reformado de combustibles fósiles (a partir del gas natural), tratamientos térmicos (termólisis) y fotólisis.

Se puede almacenar en depósitos de presión, criogénicos o fijados químicamente a un hidruro metálico. Se puede transportar en depósitos, gaseoductos o directamente en cisternas adecuadas.

El almacenamiento presenta ciertos inconvenientes, así como un ele-

vado coste de hasta el 10%. En caso de almacenamiento por licuefacción, supone el 30% de su capacidad energética.

Se utiliza para producir calor por combustión o electricidad con pilas de combustible.

Sistemas de producción de hidrógeno

El hidrógeno no contamina, solo produce agua y calor, por lo que promete ser la energía verde por excelencia. No obstante, se necesita una fuente adicional para obtenerlo, por lo que dependiendo de esta fuente se puede producir CO_2 y, en consecuencia, producirse un gas de efecto invernadero.

La producción de hidrógeno puede realizarse por diferentes procedimientos. Atendiendo a su procedencia se puede hacer una clasificación. En la tabla 2 (Universidad de Sevilla, 2009) se pueden ver los diferentes procesos para la producción de hidrógeno.

Si el hidrógeno se obtiene por una fuente de origen fósil como el carbón, el petróleo o el gas natural, se producirán emisiones de CO_2 durante su producción. Por el contrario, si se obtiene a partir de agua y de una fuente de energía renovable sin producción

de CO_2 , se puede considerar una energía totalmente limpia.

Si analizamos la tabla 2, la producción de hidrógeno a partir de gas natural o carbón producirá emisiones de efecto invernadero.

La producción de hidrógeno mediante energía nuclear no produce gases efecto invernadero, pero genera residuos radiactivos.

Las ventajas de estos sistemas de producción son su disponibilidad y la capacidad de generar las cantidades necesarias de forma controlada.

La generación con energías limpias presenta la ventaja de la generación sin emisiones de gases de efecto invernadero, y con una generación de residuos bajo, pero con el inconveniente de su disponibilidad caprichosa y baja densidad energética, lo cual dificulta su uso. Por otra parte, no suelen ser fuentes de energía económicas, lo cual encarece indirectamente la generación de hidrógeno. Para poder ofrecer una fuente de energía económica es necesario no solo un proceso de obtención barato, sino que la energía consumida sea la mínima posible, o aprovechar un sistema que pueda reutilizar la energía residual del proceso.

Propuesta de aprovechamiento del hidrógeno como vector energético

Lo que se pretende con esta publicación es presentar unas nuevas propuestas para poder utilizar el hidrógeno como vector energético y como energía final.

Para la generación de hidrógeno nos remitiremos a los distintos sistemas existentes. La elección de la tecnología dependerá de las particularidades de cada proyecto,

Para su transporte y almacenaje se propone el uso de la red de gas natural existente, (Fig. 1) para lo cual sería preciso instalar sistemas de adaptación de presión del hidrógeno para poder inyectarlo a la misma; en las zonas de consumo hay que instalar separadores de gases hidrógeno y metano.

Como uso del hidrógeno a nivel de consumidor final se hace una propuesta para pequeño consumidor en la que el hidrógeno puede suplir las necesidades de consumo eléctrico y la generación de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción.

Sistemas de separación de hidrógeno del metano

Si pretendemos poder utilizar la red de gas existente para transporte mixto de metano e hidrógeno, en las zonas próximas al consumo del hidrógeno es necesario instalar sistemas que faciliten su separación del resto de gases y poder utilizarlo con una pureza aceptable. En la figura 2 se representa la idea simplificada del procedimiento propuesto.

Uno de los problemas es conseguir un método que permita separar y purificar el hidrógeno al menor coste posible. Hay varias soluciones tecnológicas, de las que podemos destacar cuatro como significativas.

- Separación por condensación parcial. Método criogénico.
- Separación por absorción en un aceite parafinado.
- Separación por difusión en membranas de paladio.
- Separación por adsorción mediante oscilación de presión (PSA).

La condensación parcial consiste en separar el hidrógeno del metano llevando la mezcla de estos dos gases a temperaturas próximas a la condensación del metano, licuando así el metano y obteniendo un producto gaseoso de hidrógeno. En este caso se requieren temperaturas de -160 °C.

• Incoloro. Gas normalmente; sólido, cúbico.		
• Punto de fusión: -259,1° C.		
• Punto de ebullición: -252,7° C.		
• Temperatura crítica: -239,8° C.		
• Densidad del líquido: 0,0709 g/cm ³ .		
• Densidad del gas: 0,0899 Kg/m ³ .		
• Solubilidad en el agua:	a 0° C: 2,1 cm ³	} en 100 partes
	a 80° C: 0,85 cm ³	
• Isótopos y abundancias	H-1	99,985%
	H-2 (deuterio)	0,015%
	H-3 (radiactivo, periodo 12,26 años)	-

Tabla 1 Propiedades de Hidrógeno. Fuente Luis Gutiérrez. *El hidrógeno combustible del futuro.*

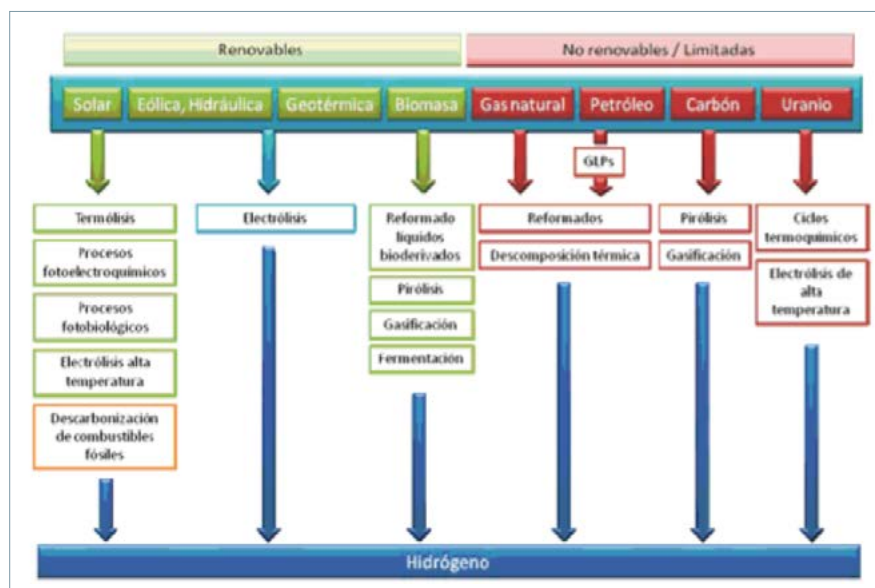


Tabla 2. Procesos para producir hidrógenos. Fuente: *La Economía del Hidrógeno (Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrados en la red eléctrica.* Universidad de Sevilla).

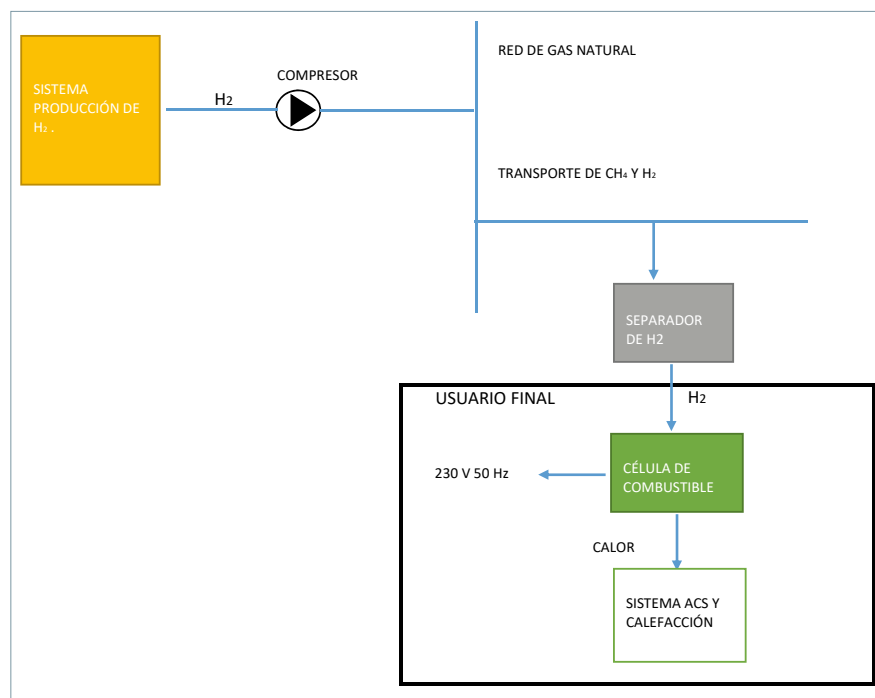


Fig.1. Transporte del hidrógeno mediante la red de gas existente.

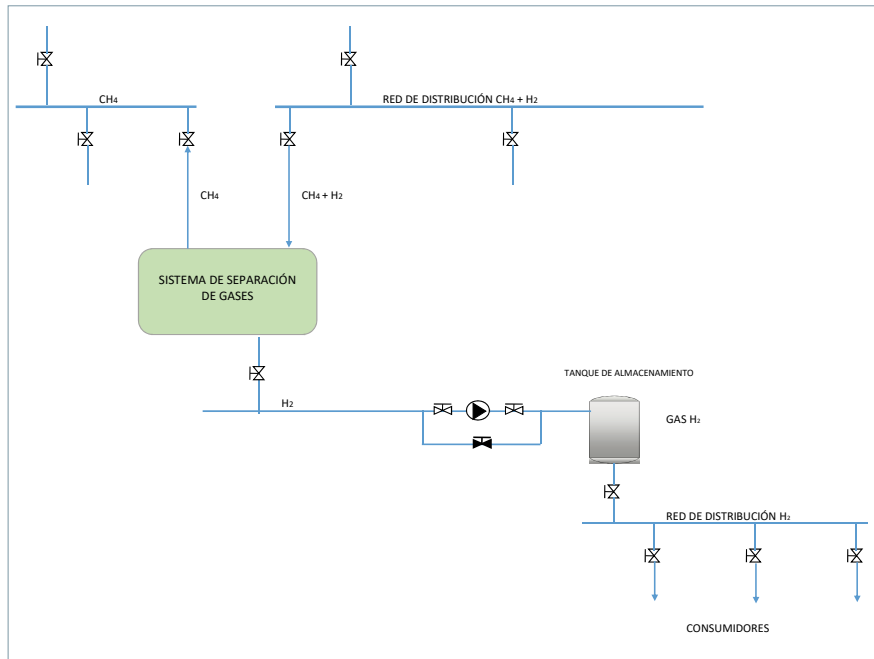


Fig.2. Separación del hidrógeno del metano.

Método	Concentración inicial (mol)		Concentración final, pureza (mol)		Recuperación [%]	
	Hidrógeno	Metano	Hidrógeno	Metano		
Condensación parcial	50	50	90	10	90	
Absorción	Absorción física	50	50	90	10	90
Adsorción (PSA*)	25	75	99	1	26	
Membranas	Membrana de Paladio	50	50	90	10	90

Tabla 3. Condiciones de concentración y recuperación. Fuente: Rafael Bellera Fernández, 2017.

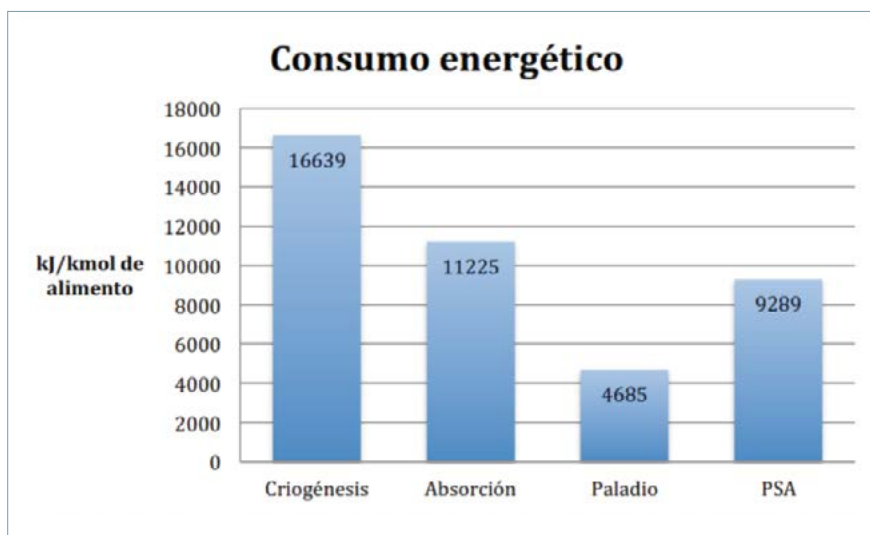


Tabla 4. Consumo energético de los procesos de separación. Fuente: Rafael Bellera Fernández, 2017.

La separación por absorción en un aceite parafinado se basa en el principio de la absorción de un gas en un líquido. En el proceso la corriente de gas que contiene hidrógeno y metano se introduce en los absorbedores que contienen estos aceites. En los aceites se captura el metano lo que permite purificar la corriente de hidrógeno.

El tercer método es la separación mediante membranas de paladio. El paladio es un elemento que presenta una elevada selectividad al hidrógeno, permitiendo a este pasar a través de las membranas de este material, mientras que las moléculas de metano no consiguen atravesar la estructura cristalina de paladio.

El cuarto método es la separación por adsorción mediante oscilación de presión (PSA). Se basa en el principio físico de la adsorción de un gas en un sólido. Los sólidos son lechos de materiales como zeolita, los cuales a elevadas presiones permiten más adsorción. Es necesario realizar en este proceso cuatro etapas de forma cíclica: presurización, adsorción, despresurización y regeneración.

Como ejemplo se adjunta tabla 3 (Rafael Bellera, 2017), para un caso establecido y su eficiencia.

Los consumos energéticos requeridos para los distintos procesos se muestran en la tabla 4 (Rafael Bellera, 2017).

Como se puede apreciar, la energía requerida para la separación del hidrógeno del metano es muy inferior a la requerida para su transporte y almacenaje por los métodos convencionales.

Se puede usar la red de gas como sistema de almacenaje simplemente variando la proporción de gas hidrógeno en la misma.

Aprovechamiento del hidrógeno por el consumidor final

El hidrógeno como consumidor final presenta ciertas dificultades. Su transporte y almacenaje limitan su uso. Esta propuesta se basa en la utilización de los sistemas descritos anteriormente, su transporte utilizando la red general de gas existente y posterior separación del hidrógeno del metano para poder usarlo directamente en las células de combustible para el consumidor final (uso en el hogar o pequeño consumidor). Además de

aprovechar el calor residual para producir agua caliente y calefacción, permitiría abrir una ventana a la utópica idea del hogar sin acometida eléctrica, propuesta similar a la realizada por Panasonic (SmartHouse, 2014).

Partes de la instalación

Acometida

Consiste en la instalación que permite la conexión a la red general de gas (H₂) equipada con su sistema de válvulas reductor de presión y contador.

Célula de combustible

Correspondería a la utilización de células de combustible como las conocemos. Este equipo mediante el hidrógeno y el aire captado de la atmósfera previamente produce mediante reacción química una fuente de corriente continua de tensión y amperaje que tendrá que ajustarse a nuestro diseño preliminar. Por otra parte, la célula tiene que estar diseñada adecuadamente para que el sistema de refrigeración de la misma se pueda usar como acumulador de calor para su uso posterior como agua caliente o en calefacción.

Convertidores de corriente continua a corriente alterna

Es el equipo encargado de convertir la corriente continua en corriente alterna adaptada en tensión y frecuencia al uso en la vivienda (230 V 50 Hz). Con este equipo alimentaremos el cuadro general de distribución eléctrica de la vivienda desde donde daremos distribución a todos los consumidores eléctricos de la casa. Téngase en cuenta que toda esta instalación tiene que estar equipada adecuadamente en cuanto a protecciones eléctricas (cortocircuitos, sobrecargas, derivaciones a tierra, etc.).

Intercambiadores y acumuladores

El uso de intercambiadores de calor en instalaciones de producción de agua caliente sanitaria permite tener dos circuitos independientes, uno primario y otro secundario. De esta forma, se reduce la contaminación del agua por productos nocivos para la salud, aumentando las posibilidades de uso, ya sea para distintas aplicaciones, como incrementar el tiempo de uso de la instalación.

Existen multitud de tipos de intercambiadores de calor en función de la instalación en la que van a ser empleados, atendiendo a factores como: la ubicación (pueden ser interiores o exteriores), su forma (de tipo helicoidal, tubular, multitubulares, de placas, de doble envolvente) y su circulación (pueden trabajar mediante circulación forzada o por termosifón).

En cuanto a los acumuladores la elección de cada uno de ellos dependerá del tipo de instalación a la que va ser destinada, de su capacidad de almacenamiento térmico, del volumen a ocupar y del sobrecoste que puede ocasionar la elección de uno por otro.

El acumulador debe estar dotado de tomas de temperatura y de las conexiones necesarias para la entrada y salida de fluidos, evitando que se deteriore la estratificación de temperaturas. Así mismo, debe estar provisto de válvulas de seguridad. El volumen del tanque de almacenamiento depende, en general, de cada tipo de instalación y de sus necesidades.

Caldera adaptador

Cuando se precise usar el calor del acumulador, tanto para ACS como para calefacción, es posible que su temperatura no sea la adecuada o por su uso continuado se necesite que la energía requerida sea superior a la existente en el acumulador. En estos casos es necesario instalar un sistema que pueda aportar el calor necesario a la instalación. Esto se puede realizar mediante resistencias eléctricas que adapten el agua a la temperatura requerida, tanto para agua caliente como para calefacción. Con este sistema al reclamar más consumo eléctrico hará que la célula tenga que aumentar su potencia y, por tanto, producirá más calor, lo cual ayudará a compensar la pérdida de calor en el acumulador.

Sistema de control

Desde el punto de vista de su control, una instalación de este tipo no se diferencia sustancialmente de los sistemas de calefacción y refrigeración clásicos. Ambos necesitan una regulación y un control eficaces, tanto sobre la acción de la fuente de energía (en nuestro caso, las células de combustible) como sobre los elementos del sistema de transferencia y apoyo.

El sistema de monitorización tiene como misión la adquisición de datos, controlando las temperaturas en distintos puntos del circuito y regulando las electroválvulas, bombas y demás componentes de la instalación.

Es muy importante con la tendencia al uso de redes inteligentes poder utilizar todo el potencial de este sistema. Un sistema de control de conexión a un sistema de redes inteligentes no solo permitirá el adecuado uso y optimización de la instalación, sino abrir nuevas posibilidades, como la generación distribuida. Si nuestro reclamo de calefacción (agua caliente) es alto, podemos utilizar la generación de energía eléctrica para su exportación a la red, lo cual puede ser importante en las horas punta de la red eléctrica.

Auxiliares

La instalación para su funcionamiento preciará de distintos componentes, medidores de presión, temperatura, bombas auxiliares, vasos de expansión etc. Estos tienen que estar adecuadamente instalados y diseñados para un correcto funcionamiento de la instalación. El sistema propuesto se muestra en la figura 3.

Conclusiones

Como conclusión y en resumen podemos comentar que las energías renovables plantean un problema, baja densidad energética, producción no uniforme y difícil de almacenar, por lo que será necesario desarrollar nuevos sistemas que compensen estas carencias.

Por otra parte, para poder ser viable el uso del hidrógeno a nivel de pequeño y mediano consumidor, la propuesta presentada está condicionada por una potencialización del hidrógeno como vector energético y como energía final, el uso como vector energético. Esto no es alcanzable a corto plazo, por lo que serán necesarias inversiones en investigación, realizar prototipos y plantas de demostración que puedan certificar su viabilidad.

La ventaja de la propuesta del uso del hidrógeno como energía final radica en el uso de las tecnologías que en la actualidad son conocidas y tienen un desarrollo técnico y económico aceptable. Es el caso de las células de combustible, la selección de las más

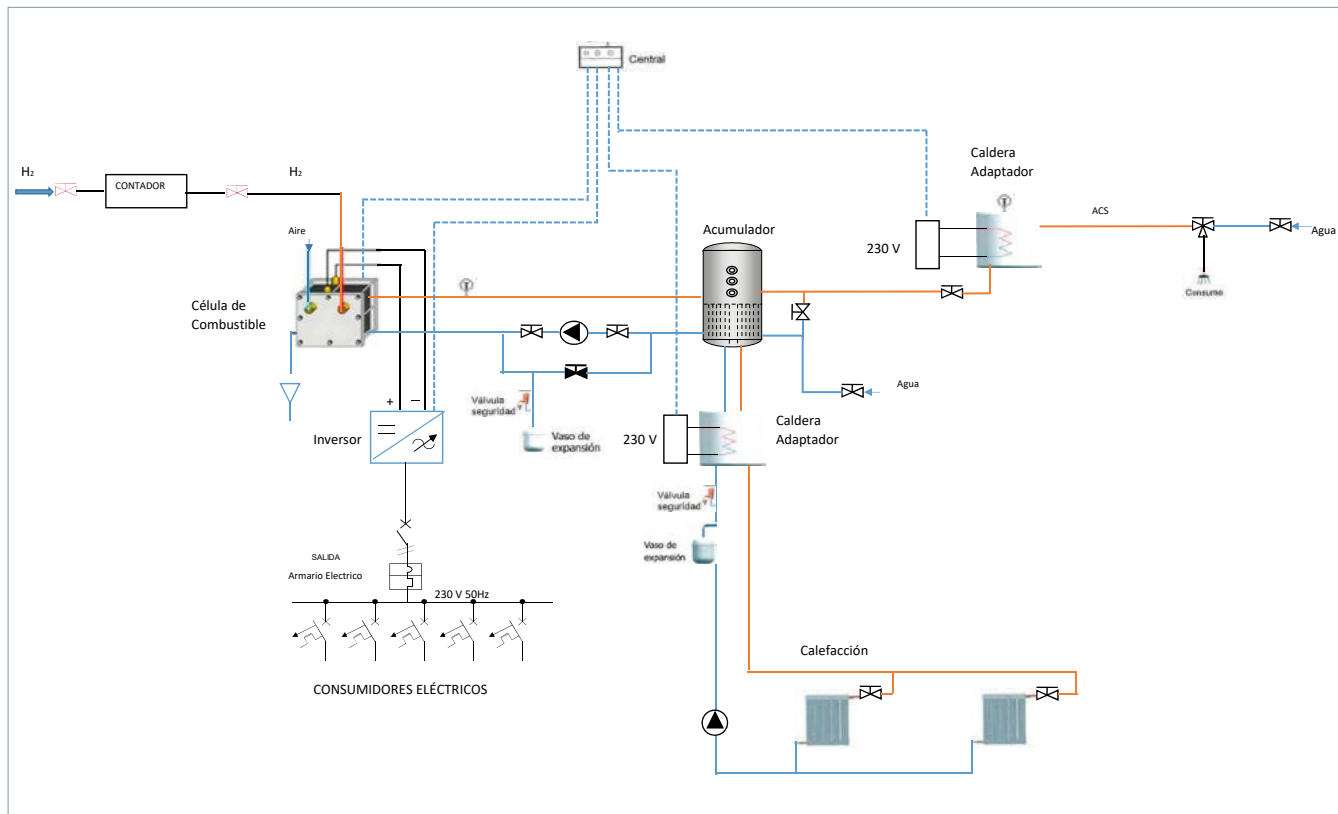


Figura 3. El Hidrógeno como consumidor final.

adecuadas estaría en función de su rendimiento, durabilidad y temperatura de trabajo, lo cual condicionará el diseño de refrigeración y el resto de componentes, intercambiadores y acumuladores.

Las células de combustible están en fase de alto desarrollo, en especial en el sector automovilístico.

Los inversores de corriente continua/corriente alterna están en fase muy avanzada a raíz de su uso en la tecnología fotovoltaica.

Los intercambiadores y acumuladores son una tecnología conocida y usada en las termosolares de baja temperatura para producir ACS y calefacción.

El sistema de control necesario para la gestión del sistema propuesto no necesita grandes niveles tecnológicos. Solo en caso de su integración en redes inteligentes está supeditado al desarrollo de las mismas a nivel general, lo cual abrirá nuevas fronteras en el uso energético.

Lo que en sí pretende es que con esta forma de utilización se pueda elevar el rendimiento de la instalación a

valores que estén próximos o superen el 90%, con lo cual el aprovechamiento del hidrógeno como combustible final sería óptimo.

Bibliografía

Gutiérrez L. V Programa de Promoción de la Cultura Científica y Tecnológica El Hidrógeno, Combustible del Futuro. Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat. (Esp) Vol. 99, N°. 1, pp 49-67, 2005.

Smart House. Panasonic presenta su Smart House, la casa cero emisiones. www.casadomo.com. Acceso de terceros a la red, operación y gestión técnica del sistema, marco regulatorio. www.enagas.com.

Aporta CH, Martínez PE, Pasquevich DM. Estudio de ciclos termoquímicos para la producción de hidrógeno nuclear.

Asociación Española del Gas. www.sedigas.es.

Bellera Fernández R. Análisis de alternativas tecnológicas para separación de hidrógeno en procesos de descarbonización del metano. Proyecto final de Grado, E.T.S.I. Industriales (Universidad Politécnica de Madrid), 2017.

Carta JA, Calero R, Colmenar A et al. Generación de energía eléctrica mediante renovables. UNED, 2013

Comisión Nacional de la Energía (CNE) Mercados Energéticos, Gas. www.cne.es.

Contreras A, Molero M. Ciencia y tecnología del medioambiente. UNED, 2006.

Evaluación tecnológica y prospectiva de costes de las energías renovables 2011-2020. IDEA.

Fernández-Bolaños C. Energía del hidrógeno, estado

actual y perspectivas de futuro. Proyecto Fin de Carrera. Departamento de Energía y Mecánica de Fluidos, Escuela Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla, 2005.

Fernández-Bolaños C. Sistema de energía del hidrógeno, estado actual y perspectivas de futuro. Proyecto Fin de Carrera Departamento de Energía y Mecánica de Fluidos, Escuela Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla, 2005

García F. Técnicas de producción de hidrógeno y rendimientos.

Gutiérrez Jodra L. El hidrógeno, combustible del futuro. Conferencia Aula Magna de la Facultad de Ciencias de Zaragoza, 4/12/2002.

La energía en España 2016. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Muñoz M, Roviera AJ. Ingeniería térmica. UNED, 2006.

Muñoz M, Valdés M, Muñoz M. Turbomáquinas térmicas. Fundamentos del Diseño Termodinámico (1ª). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. UPM, 2001.

Natural Gas Organización. www.naturalgas.org.

Plan de energías renovables 2011-2020. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Producción de hidrógeno mediante ciclos termoquímicos.

Producción y almacenamiento de hidrógeno.

Sánchez C. Tecnología de las centrales termoeléctricas convencionales. UNED, 2010.

Tecnociencia. Gas Natural. www.tecnociencia.es/especiales/gas_natural.

Universidad de Sevilla. Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de hidrógeno.