

05-018

HYDROGEN PRODUCTION AND DISTRIBUTION STATION FOR VEHICLE FLEET (HYDROGEN STATION)

Gil Márquez, Alba Montserrat (1); González-Domínguez, Jaime (1); Sánchez-Barroso, Gonzalo (1); García-Sanz-Calcedo, Justo (1); López Rodríguez, Fernando (1)
(1) Universidad de Extremadura

The project is presented as a way to promote the development of the dual train, which works with hydrogen and electricity, being able to circulate on non-electrified and electrified paths. For this reason, a renewable hydrogen production and distribution station is designed with the aim of being able to supply the demands of the train. The hydrogen station is located in a strategic location near the Don Benito train station (Badajoz), a location where the entire process will be located, the photovoltaic installation responsible for producing the energy necessary to generate hydrogen through an electrolyser, the final product storage depots and the supply point. The characteristics of the installation are limited by the size of the space available for its occupation in the surroundings of the train station. For this reason, it has been decided that in order to supply the full demand of the dual train, three days of production will be necessary, while if it were desired to supply the tank of a hydrogen fuel cell vehicle, a single day of production would be needed. An innovative project is described that would promote the use of hydrogen-powered vehicles.

Keywords: hydrogen production; green hydrogen; storage

ESTACIÓN DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE HIDRÓGENO PARA FLOTA DE VEHÍCULOS (HIDROGENERA)

El proyecto se presenta como una forma de impulsar el desarrollo del tren dual, el cual funciona a partir de hidrógeno y energía eléctrica, pudiendo circular por trazados sin electrificar y electrificados. Por ello, se diseña una estación de producción y distribución de hidrógeno renovable con el cual poder abastecer las demandas del tren. La estación de hidrógeno o hidrogenera se encuentra en un lugar estratégico cercano a la estación de trenes de Don Benito (Badajoz), ubicación en la que se localizará el proceso completo, la instalación fotovoltaica encargada de producir la energía necesaria para generar hidrógeno a través de un electrolizador, los depósitos de almacenamiento del producto final y el punto de suministro. Las características de la instalación se encuentran limitadas por el tamaño de espacio disponible para su ocupación en los alrededores de la estación de trenes. Por ello, se ha decidido que para poder suministrar la demanda completa del tren dual sean necesarios tres días de producción, mientras que si se deseara abastecer el depósito de un vehículo de pila de hidrógeno se necesitaría un único día de producción. Se describe un proyecto innovador que favorecería la impulsión del uso de vehículos propulsados por hidrógeno.

Palabras clave: Producción de hidrógeno; hidrógeno verde; almacenamiento

Correspondencia: Jaime González Domínguez. Coreo: jaimegd@unex.es)

Agradecimientos: Los autores agradecen la colaboración en esta investigación de la Universidad de Extremadura, la empresa Talgo, la agrupación europea SOIH2-ALEX, la asociación empresarial LOABRE y la Federación de Asociaciones de Ingenieros Industriales de España (FAIIE). También al Fondo Europeo de Desarrollo Regional el apoyo financiero prestado a través de los Proyectos de Investigación GR21098 vinculados al VI Plan Regional de Investigación, Desarrollo Técnico e Innovación de la Junta de Extremadura. Jaime González-Domínguez fue apoyado por una beca predoctoral de la Fundación Fernando Valhondo Calaff.



©2022 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

De acuerdo con la Comisión Europea, el hidrógeno es un combustible limpio que se ha postulado como una fuente de energía alternativa (Comisión Europea, 2020). Para ello, se ha elaborado un plan estratégico en consonancia con las estrategias de neutralidad climáticas establecidas por la propia Comisión (Comisión Europea, 2019).

En este sentido, el estudio se desarrolla dentro de la situación actual en la que se encuentra el hidrógeno verde en el sector de la automoción, y que es una de las alternativas para reducir las emisiones de gases como NO_x, CO, CO₂ y partículas sólidas (Fan, Tu, & Hwa Chan, 2021). Así, la célula de combustible de hidrógeno juega un papel clave en la disponibilidad de energía a largo plazo.

La comunicación se presenta también como una forma de impulsar el desarrollo de un tren dual, el cual funciona a partir de hidrógeno y energía eléctrica, pudiendo circular tanto por trazados sin electrificar como electrificados. Por ello, se diseña una estación de producción y distribución de hidrógeno renovable con la cual es posible abastecer las demandas de vehículos y del tren en pruebas al mismo tiempo.

El origen de la presente comunicación es consecuencia de la falta de infraestructuras para la producción y suministro de hidrógeno para vehículos ligeros o pesados con pila de hidrógeno, lo que provoca que no se apueste por el uso de estos vehículos.

2. Objetivo

Lo que se pretende con esta comunicación es el desarrollo de una hidrogenera e instalaciones complementarias, que consiga producir hidrógeno a partir de energías limpias para abastecer a un tren de pruebas dual eléctrico-hidrógeno. Además, se pretende que la hidrogenera tenga la posibilidad de suministrar hidrógeno a vehículos que utilicen este gas como combustible.

Las características de la instalación se encuentran limitadas por el tamaño de espacio disponible para su ocupación, en los alrededores de la estación de trenes. Por ello, se ha decidido que para poder suministrar la demanda completa al tren dual sean necesarios de dos a tres días de producción, mientras que no existirán estas limitaciones para otro tipo de vehículos.

Todo ello supone la utilización de combustible verde, ganar en independencia energética sin emisiones de efecto invernadero y dar un paso importante para la futura implantación y extensión del concepto de vehículos propulsados con pila de hidrógeno, cuyas características de autonomía y tiempos de repostaje nada tiene que envidiar a los coches de combustión interna.

3. Hidrogeneras existentes y previsiones

En la Hoja de Ruta del Hidrógeno, aprobada en octubre de 2020 por el Gobierno de España, se considera como objetivo para impulsar el uso del hidrógeno que para 2030 existan un mínimo de 100 hidrogeneras, llegando a una capacidad de producción de 4 GW y movilizándolo un total de 8.900 millones de euros de inversión total estimada. Actualmente solo hay seis hidrogeneras, ubicadas en Madrid, dos en Sevilla, Huesca, Albacete y Puertollano. Ninguna de ellas es de servicio público.

4. Metodología

4.1 Caracterización del hidrógeno

El hidrógeno es el elemento más abundante del universo. Bajo condiciones ordinarias en la tierra, el hidrógeno existe como gas diatómico, H₂, incoloro, inodoro, insípido, no metálico y altamente inflamable, cuya masa atómica de 1,00794 kg/mol. El hidrógeno es aproximadamente 14 veces más ligero que el aire y se difunde más rápido que cualquier gas. El hidrógeno ordinario tiene una densidad de 0,09 kg/m³.

Este elemento se utiliza en un gran número de aplicaciones industriales y su producción ha aumentado hasta los 100 – 120 Mt en 2019 (Fundación Naturgy, 2020). De la demanda actual, el 40% se emplea en la fabricación de amoníaco, el 37% en refinerías de petróleo, el 10% en las plantas de producción de metanol y el resto se reparte entre la industria farmacéutica, de alimentación, electrónica, etc.

El hidrógeno presenta un gran interés en el sector energético. Es una tecnología emergente que va más allá de la producción de amoníaco y metanol. Destacan los campos del transporte, distribución y almacenamiento de energía (Ishaq, Dincer, & Crawford, 2021).

Hasta el día de hoy los combustibles fósiles han sido los más empleados de forma mayoritaria en el sector automovilístico. Productos como las gasolinas y gasóleos para la gran mayoría de vehículos convencionales y motocicletas, el queroseno para el transporte aéreo, el fuelóleo para el transporte marítimo, y el gasóleo para el ferroviario.

Los combustibles obtenidos de recursos fósiles tienen la ventaja de ser fácilmente almacenables y transportables. Sin embargo, los yacimientos están muy localizados y no son accesibles para todos los países por igual. Además, en el proceso de combustión se generan emisiones de gases contaminantes para el medio ambiente y nocivos para la salud de las personas, por lo que se requiere un control exhaustivo sobre sus niveles de emisiones.

Frente a este panorama, la principal ventaja del hidrógeno como combustible es que su energía química puede convertirse directamente en energía eléctrica sin necesidad de un proceso intermedio de un ciclo de potencia con accionamiento térmico. Esto es posible gracias a las pilas de combustible, que son dispositivos en los que tiene lugar el proceso.

4.2 Métodos de producción de hidrógeno

El hidrogeno renovable o verde se basa en transformar la electricidad en un producto almacenable con liberación nula de CO₂. El hidrogeno producido se clasifica por colores en función de su impacto ambiental y procedencia.

Hidrógeno Gris. Es un hidrógeno obtenido de la forma más impactante para el medio ambiente y el más utilizado, ya que representa el 96% de la producción total. El conocido como hidrógeno gris, se extrae a partir del reformado u oxidación de combustibles fósiles, como son el petróleo o carbón.

Hidrógeno Azul. Se podría definir como el hidrógeno generado a partir de fuentes fósiles con bajas emisiones de dióxido de carbono, con una limitación máxima de 4,37 kgCO₂/kgH₂. El proceso de generación se puede desarrollar de forma similar a la del hidrógeno gris, con la diferencia de que se evita la liberación de dióxido de carbono al entorno mediante el sistema de captura y almacenamiento CCS (Carbon Capture & Storage).

Hidrógeno Verde. Se define generalmente como el hidrógeno con bajo contenido en carbono y que se obtiene a partir de fuentes renovables. El proceso de generación más conocido de este tipo de hidrógeno es mediante electrólisis del agua.

El estudio se centra en los métodos de producción del hidrógeno verde, ya que en el resto de los procesos se producen emisiones de gases de efecto invernadero. La electrólisis es el proceso a partir del cual se descompone la molécula de agua, dividiendo sus elementos y

obteniendo como resultado oxígeno e hidrógeno separados en estado gaseoso. Este método se basa en aplicar una corriente continua a dos electrodos representando uno el polo positivo y otro el polo negativo. Se consigue la descomposición de la molécula, introduciendo estos electrodos en el agua. El ánodo extrae el oxígeno, mientras que el cátodo extrae el hidrógeno.

Considerando el proceso electrolítico expuesto se pueden distinguir dos tipos de electrólisis: la electrólisis alcalina y la electrólisis por membrana de electrolito polimérico. Electrólisis alcalina es la más desarrollada y utilizada a gran escala. Se basa en la inmersión de dos electrodos en un electrolito líquido alcalino, posiblemente hidróxido potásico (KOH) o hidróxido sódico (NaOH), a una temperatura entre 65°C y 80°C y presiones alrededor de 25-30 bares. Por otro lado, la electrólisis por membrana de electrolito polimérico (PEM) trabaja a elevadas densidades de corriente (2000mA/cm²), se obtiene mayor pureza de hidrógeno y mayor eficiencia energética.

4.3. Métodos de producción de electricidad con hidrógeno. La pila de hidrógeno.

Una pila de hidrógeno es un dispositivo que permite generar electricidad a partir de la energía química que posee el hidrógeno y el oxígeno sin necesidad de que se produzca la combustión.

Las moléculas de hidrógeno con las que se alimenta la pila reaccionan con los átomos de oxígeno para formar agua. En este proceso electroquímico se liberan electrones que son recolectados por un circuito externo y utilizados como corriente eléctrica.

El gran desarrollo en torno a las pilas de hidrógeno en los últimos años ha permitido que esta tecnología sea utilizada en una gran variedad de aplicaciones (Fundación Naturgy, 2020):

Transporte: Con la finalidad de sustituir progresivamente a los vehículos con motor de combustión interna se está promoviendo el uso de hidrógeno como combustible en pilas. Cada vez están apareciendo con más frecuencia estos tipos de vehículos, ya sean de pequeña o gran potencia.

Aplicaciones portátiles: Adaptación de una pila de hidrógeno de tamaño reducido como fuente de energía para pequeños dispositivos electrónicos, como ordenadores o pequeños electrodomésticos, en lugar de sus tradicionales baterías.

Aplicación estacionaria: Generación de energía eléctrica y calor a menor o mayor escala. El hidrógeno es almacenado para su posterior uso en la generación de energía en lugares residenciales o incluso se puede amplificar la producción combinándolo con otras tecnologías para lograr la energía necesaria en casos puntuales de fallo del suministro principal en empresas u hospitales.

En cuanto a **vehículos pesados** hay muchas empresas que han comenzado a fabricar este tipo de vehículos. Según la Asociación de Constructores Europeos de Automóviles (ACEA) para 2030 alrededor de 60.000 camiones de hidrógeno circularán por Europa, para los cuales serán necesarias 1.000 estaciones de repostaje de este tipo de combustible (Sancho, 2021). Actualmente este tipo de vehículos pesados no se comercializan en la Unión Europea pero ciertas compañías apuestan por su gran potencial.

XCIENT Fuel Cell, es el primer camión pesado del mundo fabricado en serie por Hyundai y propulsado por hidrógeno. El **GenH2 Truck** es un camión en donde tanto Mercedes – Benz como Volvo están trabajando en este prototipo de camión de hidrógeno que promete conseguir hasta 1.000 km de autonomía.

La furgoneta e-EXPERT Hydrogen es una furgoneta eléctrica, construida por Peugeot cuyo sistema se basa en el funcionamiento de una pila de combustible de hidrógeno. También dispone de un paquete de baterías de iones de litio de una capacidad de 10,5 kWh, o el **Hyundai Nexa**, que es SUV equipado con un motor eléctrico de 120 kW (163CV) y se

caracteriza por una autonomía de 666 km. Finalmente, el **Toyota Mirai**, en donde Toyota presenta ya la segunda generación de esta berlina eléctrica, que es un vehículo que pasa de 0 a 100 km/h en nueve segundos y llega a una velocidad máxima de 175km/h.

4.4 Métodos de almacenamiento de hidrógeno

El hidrógeno es un vector energético químico que se presenta como una alternativa viable a largo plazo para almacenamiento de energía eléctrica. Además, puede servir de estabilizador y respaldo para las fuentes energías renovables, acumulando su energía a largo plazo. Sin embargo, uno de los principales problemas que suponen el uso de hidrógeno es su almacenamiento. Existen diversas formas de almacenamiento del hidrógeno, ya sea de forma física o química (Sreedhar, Kamani, Kamani, Benjaram, & Venugopal, 2018). No obstante, las características físicas y químicas de este compuesto dificultan su acopio, ya que su densidad por unidad de volumen es muy baja, tanto si se encuentra en estado líquido como en gaseoso, lo que equivale a que en un volumen dado de hidrógeno contiene menos energía que el mismo volumen, pero de otro combustible. Por lo tanto, el hidrógeno necesita depósitos de mayor volumen para almacenar la misma cantidad de energía, en comparación con otros combustibles.

Entre sus inconvenientes se debe incluir su gran difusividad y permeabilidad, lo que provoca que el hidrógeno sea capaz de difundirse a través de sólidos produciendo pérdidas del combustible almacenado y la posible fragilización del metal empleado para confinar el elemento. Por todo ello, uno de los inconvenientes que se encuentra en este tipo de tecnología es el almacenamiento del combustible en el vehículo. La baja densidad de energía del hidrógeno hace que se tenga que almacenar comprimido a muy altas presiones o licuado a temperaturas muy bajas.

Principalmente, el hidrógeno se puede almacenar como gas a alta presión o como líquido a temperaturas criogénicas (Fundación Naturgy, 2020).

Hidrógeno almacenado a presión. El almacenamiento de hidrógeno gaseoso es el sistema más común y desarrollado actualmente. Consiste en recipientes de hidrógeno comprimido a presión de trabajo nominal de 200 y 700 bar, a una temperatura alrededor de la ambiental.

Hidrógeno líquido. El hidrógeno líquido o criogénico se obtiene a partir de la licuación de este modificando las condiciones de presión y reduciendo la temperatura por debajo de su punto de ebullición ($-252,87^{\circ}\text{C}$).

Hidruros metálicos. Este sistema alternativo consiste en hacer reaccionar el hidrógeno con aleaciones metálicas que se encuentran localizadas en unos tubos dentro de un intercambiador de tipo carcasa y tubos, la reacción da lugar a un proceso exotérmico, el cual necesita el paso de agua fría para refrigerar la reacción. En el momento en el que se quiera recuperar el hidrógeno se deberá hacer pasar agua caliente por los tubos, de esta manera se rompe la combinación entre el metal y el hidrógeno.

El proceso resulta totalmente reversible, de manera que se puede rellenar el depósito tantas veces como sea necesario.

5. Resultados y discusión. La hidrogenera de Don Benito (Badajoz)

5.1 Situación

La estación de hidrógeno o hidrogenera se encuentra en un lugar estratégico cercano a la estación de trenes de Don Benito (Badajoz), ubicación en la que se localizará el proceso completo, la instalación fotovoltaica encargada de producir la energía necesaria para generar hidrógeno a través de un electrolizador, los depósitos de almacenamiento del producto final y el punto de suministro.

Se encuentra situada a una distancia de 400 m de la estrada a la estación de trenes, y esta ubicación da la posibilidad de abastecer a vehículos que circulen por la carretera EX-106 y a trenes que pasen por las vías cercanas a la estación (Figura 1).

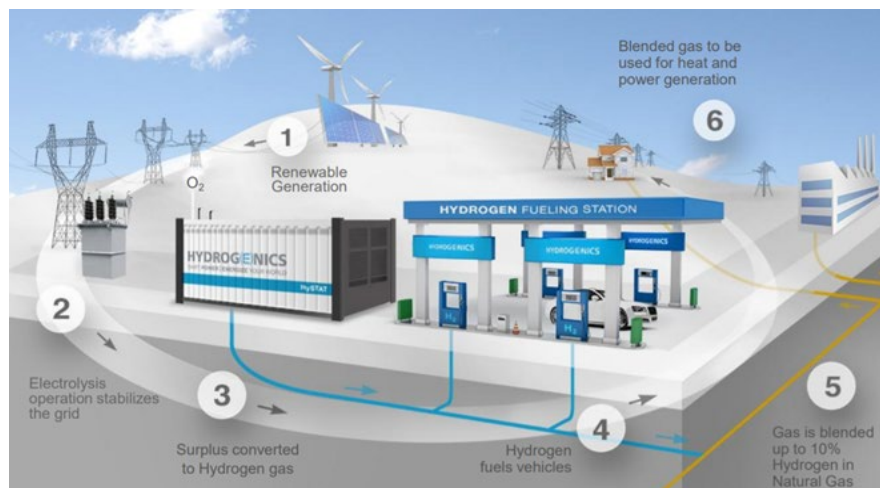
Figura 1. Situación de la hidrogenera (Don Benito, Badajoz)



5.2 Descripción de la instalación

La hidrogenera, como ya se ha indicado sirve para atender las necesidades de hidrógeno para para pruebas y posterior circulación de un tren Talgo dual, hidrógeno-eléctrico, sustituyendo al tren diésel. Al mismo tiempo, y por estar próxima a la carretera EX -106, puede abastecer a vehículos de hidrógeno. En la figura 2, se observa la disposición y equipamiento de la hidrogenera, incluso con posibilidades de inyección de hidrógeno en la red de gas natural.

Figura 2. Funcionamiento de una estación de producción de hidrógeno (Cummins, 2022)



Las características técnicas de la hidrogenera a proyectar serán las siguientes:

- Planta fotovoltaica con 615 módulos fotovoltaicos fijos, de potencia 639 kWp (1).
- Nave contenedora de un hidrolizador para producción de 130 kg H₂ en 24 horas (2) y un compresor de 700 bar (3).
- Depósito de almacenamiento a 700 bar con capacidad para 100 kg H₂ (3).

- Dispensador de hidrógeno (4).

Además, si hubiese excedentes, existiría la posibilidad de utilizarlo para inyección en redes de gas (5) o para calefacción de viviendas (6).

5.3 Necesidades de hidrógeno

Tras las conversaciones mantenidas y estudios realizados por Talgo para llevar a cabo las pruebas con el tren de Don Benito, será necesario contar con 102 kg H₂ al día (24 h) o 510 kg H₂ a la semana.

Dadas las características de los hidrolizadores, los precios y el coste de los equipos, se ha optado por escoger el hidrolizador HYSTAT 60 que puede producir 130 kg H₂ en 24 horas, que es de los mayores que puede conseguirse en el mercado y que puede cubrir la demanda prevista.

La producción de energía renovable con una planta fotovoltaica “a pie” de planta no sería suficiente, ya que las horas de sol diarias medias que se pueden conseguir en la zona son 8,51 horas, lo que supondría una producción de 45,097 kg de H₂ que es la máxima producción horaria del hidrolizador. Es decir, se necesita disponer de otra hidrogenera, o bien utilizar la energía de la red obviamente verde en 24 h, o disponer de una gran capacidad de almacenaje.

Por todo ello, se ha optado por producir el hidrógeno que permite el hidrolizador mediante energía fotovoltaica que producirá una planta “a pie” de la hidrogenera. La capacidad de almacenaje de la hidrogenera se cifra en 100 kg de H₂. El suministro restante, se podrá hacer contratando un suministro eléctrico verde de la red, o con otra hidrogenera situada en otro punto del trayecto, aunque la capacidad de la hidrogenera permitiría abastecer el tren si se dispone de energía eléctrica.

5.4 Dimensionamiento de equipos

Se puede estimar el consumo medio del electrolizador escogido es de 4,5 kWh/Nm³H₂, lo que supone por cada kg de hidrógeno (Ecuación 1):

$$4,5 \frac{kWh}{Nm^3 H_2} \cdot 24,45 \frac{l}{mol} \cdot \frac{1 m^3}{1000 l} \cdot \frac{1 mol}{2 g} \cdot 1000 \frac{g}{kg} = 55 \frac{kWh}{kg H_2} \quad (1)$$

Siguiendo los valores aportados por la multinacional HYDROGENICS, tenemos que el máximo de flujo generado para un electrolizador de tipo HySTAT 60, es de 130kg/24h. Por tanto, en una hora se pueden conseguir como máximo (Ecuación 2):

$$\frac{130 kg H_2}{24 h} = 5,41 kg H_2/h \quad (2)$$

Extremadura cuenta con 3.106 horas de sol al año, lo que representa una media de 8,51 horas de sol al día. La máxima cantidad de hidrógeno que se puede generar con el electrolizador mencionado en esta media de horas es (Ecuación 3):

$$5,41 \frac{kg}{h} \cdot 8,51 h = 46,095 kg H_2 \quad (3)$$

Sabiendo que a base de energía fotovoltaica se pueden producir como máximo 46,095 kgH₂ al día, para conseguir un total de 102 kg que son los necesarios para llenar los depósitos del tren de hidrógeno se tardará como mínimo (Ecuación 4):

$$\frac{102 kg H_2}{46,095 kg H_2/día} = 2,21 días \quad (4)$$

Para poder completar la demanda admitida por los depósitos del tren se necesita que el electrolizador genere hidrógeno durante 2 días y sea almacenado en la estación de servicio. Si el tren necesitara tener sus depósitos completamente llenos en un periodo menor a 2 días tendrá que disponer de otro punto de recarga de apoyo.

Para que se pueda conseguir la máxima cantidad de hidrógeno que se puede obtener a partir del electrolizador, la potencia máxima que consume será la potencia mínima de la instalación fotovoltaica que le da servicio.

El modelo HySTAT 60 que suministra el hidrógeno a 700 bar tiene un consumo de corriente alterna de unos 68 kWh/kg. Para una generación de 5,41 kgH₂/h (cantidad máxima) se necesita una potencia de (Ecuación 5):

$$68,0 \frac{kWh}{kg H_2} \cdot 5,41 \frac{kg H_2}{h} = 367,88 kW \quad (5)$$

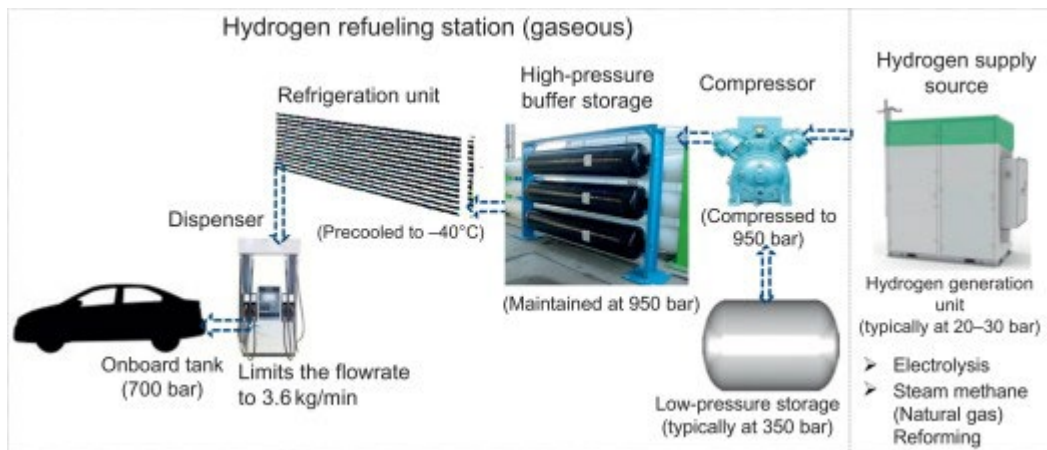
Para utilizar el modelo HySTAT 60 se necesitaría una instalación fotovoltaica de una potencia de 368 kW.

5.5 Instalación de hidrógeno

El sistema cuenta con un sensor de gas a la salida del tubo de suministro de hidrógeno que analiza la composición del gas. Si no fuese la correcta saltaría una alarma informando de la anomalía en la corriente de entrada. Posteriormente, el gas se comprime mediante dos etapas y se almacena en depósitos presurizados. Finalmente, el hidrógeno pasa al dispensador de hidrógeno mediante un sistema de control por cascada que suministra el gas a los vehículos.

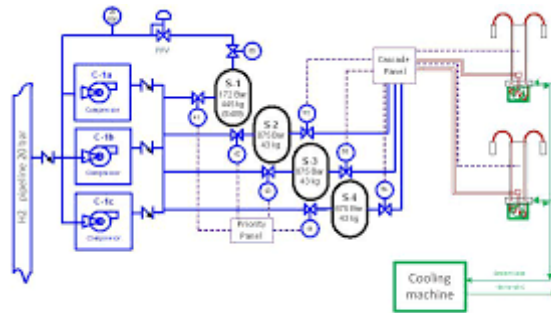
Al trabajar con presiones muy altas (700 bar), se recomienda realizar la operación de compresión en dos etapas. Una primera en la que depósitos de gran capacidad almacenan el hidrógeno a una presión intermedia de 200 bar, y una segunda etapa en la que otro compresor eleva la presión hasta los 700 bar. En la Figura 3 se puede observar un esquema de la última etapa de suministro.

Figura 3. Ejemplo de estación de suministro (Reddi, Mintz, Elgowainy, & Sutherland, 2016)



El compresor escogido para comprimir el hidrógeno almacenado en el primer depósito será de tipo diafragma y será suministrado por la empresa comercializadora PDC Machine (PDC Machines, 2021). Este tipo de compresores son los recomendados en casos similares al de estudio, ya que se minimizan las fugas y la contaminación del gas durante el proceso de compresión.

Figura 4. Almacenamiento en cascada (NREL, 2014)



El método de compresión mediante etapas es necesario debido a que el servicio de abastecimiento de hidrógeno también se realiza por etapas. El proceso de llenado del depósito del vehículo o tren, comienza suministrando hidrógeno de los tanques de mayor tamaño a baja presión, aumentando la presión hasta 700 bar para terminar el llenado, utilizando los tanques de menor tamaño.

Los dispensadores de hidrógeno permiten llenar los depósitos de los vehículos de forma segura. Estos dispensadores trabajan a 440 bar aproximadamente. Pueden alcanzar caudales de entre 8 y 12 kg/min de hidrógeno. Por lo que en menos de un minuto un coche tendrá en depósito lleno y en menos de diez minutos los depósitos de un tren.

5.6 Instalación fotovoltaica

Se han utilizado módulos fotovoltaicos de la empresa Canadian Solar y los inversores son de la compañía SUNVEC. Los módulos fotovoltaicos son HiKu7 Mono PERC 600W (Orduña). Para que la instalación produzca un mínimo de 368 kW se tendrán que incorporar 615 módulos fotovoltaicos, cada uno con una potencia máxima nominal de 600 W, que da como resultado 369kWp.

5.7 Seguridad

Actualmente no existe normativa ni legislación específica para aplicar en la estación de servicio de hidrógeno, pero es de aplicación la normativa y legislación relativa a instalaciones de gas combustible e instalaciones de gas a presión (Real Decreto 809/2021). En la normativa española se encuentran además la ISO 2012 normativa sobre hidrógeno gaseoso y estaciones de abastecimiento, el reglamento técnico sobre combustibles gaseosos, y la normativa sobre aparatos a presión.

5.8 Implantación en Europa

La hidrogenera diseñada en esta comunicación puede implantarse en la mayoría de las regiones de España debido a que la producción de energía solar es adecuada. Sin embargo, en otros países donde la radiación solar no sea adecuada sería necesario emplear otras formas de generación de energía renovables como puede ser la energía eólica o hidroeléctrica. En este sentido habría que diseñar la planta de hidrogenera para que la tecnología de producción de energía renovable sea adecuada para la producción de hidrogeno verde. En cuanto al resto de la planta su aplicabilidad en Europa es elevada, ya que disponen de los medios y de la tecnología necesaria para ello.

6. Conclusiones

El origen de la presente comunicación surge de la falta de infraestructuras para la producción y suministro de hidrógeno para vehículos de pila de combustible. Con esta comunicación, se pretende establecer un punto de recarga de vehículos de hidrógeno, dar soporte a otros vehículos que puedan alimentarse con hidrógeno como el ferrocarril, y plantear una alternativa fiable frente a vehículos convencionales abastecidos con combustibles fósiles.

Se desarrolló una hidrogenadora de producción de hidrógeno verde que permite reducir el impacto ambiental de la generación de hidrógeno y, en consecuencia, incrementar la sostenibilidad de la sociedad. La presente comunicación se alinea con los Objetivos de Desarrollo sostenible de la Agenda 2030 y con las estrategias presentadas en el Pacto Verde Europeo (Comisión Europea, 2019).

Se fijaron las necesidades de hidrógeno diarias que debe abastecer la hidrogenadora. De esta forma se escogió un hidrolizador capaz de satisfacer la producción necesaria. Evaluando el consumo de este equipo, se estableció que la instalación fotovoltaica precisa de una potencia de 368 kW. Además, se fijaron todos los valores necesarios para diseñar la hidrogenadora (tiempo de generación del hidrógeno necesario, capacidad de generación a partir de la energía solar fotovoltaica etc..).

Las líneas futuras irían encaminadas a establecer un mayor número de hidrogenadoras, creando una red de alimentación de hidrógeno fiable y segura. De esta manera, podría fomentarse la adquisición de turismos particulares impulsados por hidrógeno, acortando las distancias a una estación de combustible. Paralelamente, el uso progresivo de este tipo de vehículos favorecería la familiarización de la sociedad con estos vehículos.

Referencias

- Comisión Europea. (2019). Prioridades 2019-2024, de 16 de junio de 2019 sobre El camino para una Europa neutra climáticamente. Un Pacto Verde Europeo. Disponible en: https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/climate-action/knowledge-climate-neutrality_es
- Comisión Europea. (2020). Hydrogen. Disponible en: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-system-integration/hydrogen_en
- Cummins. (2022). Hydrogen Generation. Obtenido de <https://www.cummins.com/new-power/applications/about-hydrogen>
- L. Fan, Z. Tu, & S.H. Chan (2021). Recent development of hydrogen and fuel cell technologies: A review. *Energy Reports*, 8421-8446. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.08.003>
- Fundación Naturgy. (2020). Hidrógeno. Vector energético de una economía descarbonizada. Naturgy. Disponible en: <https://www.fundacionnaturgy.org/publicacion/hidrogeno-vector-energetico-de-una-economia-descarbonizada/>
- Ishaq, H., Dincer, I., & Crawford, C. (2021). A review on hydrogen production and utilization: Challenges and opportunities. *International Journal of Hydrogen Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.11.149>
- NREL (2014). Hydrogen Station Compression, Storage and Dispensing Technical Status and Costs. U.S. Department of Energy Hydrogen and Fuel Cells Program.
- Real Decreto 809/2021, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.
- Orduña. Canadian Solar - HiKu7 580-610W 120 Células Mono. Disponible en: <https://www.suministrosorduna.com/catalogo/hiku7-640-665-w-132-cel-mono/>
- PDC Machines. (2021). PDC Machines. Disponible en: <https://www.pdcmachines.com/>

Reddi, K., Mintz, M., Elgowainy, A., & Sutherland, E. (2016). 13 - Building a hydrogen infrastructure in the United States. *Compendium of Hydrogen Energy*, 293-319. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-364-5.00013-0>

Sancho, F. (23 junio, 2021). Transporte Al Día. ACEA considera que en 2030 habrá 60.000 camiones de hidrógeno en Europa. Disponible en: <https://www.transportealdia.es/acea-considera-2030-habra-60000-camiones-hidrogeno-europa/>

Sreedhar, I., Kamani, K., Kamani, B., Benjaram, M. R., & Venugopal, A. (2018). A Bird's Eye view on process and engineering aspects of hydrogen storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 838-860.

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

