

Estudio sobre la percepción social y difusión de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible en estudiantes de Educación Secundaria

**Trabajo Final del Máster de Cultura Científica y
de la Innovación**

Curso 2015 - 2016

Universidad Politécnica de Valencia



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

Autor: Gema María Rodado Nieto

Tutor: Fernando Jiménez Saez

Septiembre, 2016

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
1. TÍTULO.....	4
2. RESUMEN.....	4
3. OBJETO.....	5
4. INTRODUCCIÓN.....	5
5. ANTECEDENTES Y CONTEXTO.....	10
6. PROBLEMA(S) A RESOLVER.....	16
7. METODOLOGÍA.....	17
Planteamiento del problema.....	17
Metodología y muestra llevada a cabo para el desarrollo del proyecto.....	20
Estrategias adoptadas, procedimientos y dificultades encontradas.....	25
8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	27
Descripción del proceso llevado a cabo.....	27
Análisis y discusión de resultados.....	32
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
Conclusiones.....	45
Recomendaciones para futuros trabajos.....	47
10. REFLEXIÓN CRÍTICA.....	51
11. BIBLIOGRAFÍA.....	54
12. ANEXOS.....	56
ANEXO I. Cuestionarios de percepción social de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible.	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de las pilas de combustible según sus características.....	8
Tabla 2. Identificación de las temáticas abordadas.....	22
Tabla 3. Identificación de los alumnos participantes.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Generación de hidrógeno a partir de diferentes energías	7
Figura 2. Triángulo de la aceptación social de innovación en energías renovables	18
Figura 3. Estructura de edades de los alumnos	24
Figura 4. Estructura del género de los alumnos	25
Figura 5. Curso al que pertenecen los alumnos	25
Figura 6. Momento de la charla explicativa con uno de los centros educativos visitantes	28
Figura 7. Taller demostrador “La vivienda del futuro”	30
Figura 8. Alumnos participando en el taller demostrador “El vehículo de hidrógeno”.....	31
Figura 9. Demostradores “Scalextric y Kart de hidrógeno” en el taller “Fórmula Hidrógeno”..	32
Figura 10. Respuestas obtenidas “Conocimientos previos”.....	33
Figura 11. Respuestas obtenidas “Generación de hidrógeno”.....	34
Figura 12. Respuestas obtenidas “Características del hidrógeno”	35
Figura 13. Respuestas obtenidas “Propiedades del hidrógeno”	36
Figura 14. Respuestas obtenidas “La pila de combustible”.....	36
Figura 15. Respuestas obtenidas “Características de las pilas de combustible”.....	37
Figura 16. Respuestas obtenidas “Combustible vehículo de hidrógeno”.....	38
Figura 17. Respuestas obtenidas “Ventajas de las tecnologías para la sociedad”.....	40
Figura 18. Respuestas obtenidas “Impacto de las jornadas”.....	41
Figura 19. Respuestas obtenidas “Aceptación de las tecnologías”.....	42

1. TÍTULO

Estudio sobre la percepción social y difusión de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible en estudiantes de Educación Secundaria.

2. RESUMEN

Los antecedentes que marcan el contexto del presente trabajo se centran en la necesidad de dar difusión a unas tecnologías novedosas e incipientes como son las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible poco conocidas para una gran parte de la sociedad.

En el presente trabajo se lleva a cabo un análisis de la percepción social y los sistemas de difusión existentes de dos de las principales aplicaciones de las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible, como son: en primer lugar, el almacenamiento de energía a partir de hidrógeno y su transformación en electricidad mediante pilas de combustible aplicado a sistemas estacionarios y, en segundo lugar, el uso de las pilas de combustible en el sector transporte.

Para ello, se presenta una introducción en la que se plantean los conceptos básicos, utilidades y aplicaciones de dichas tecnologías, así como una selección de las principales políticas públicas en materia de energía tanto a nivel mundial, europeo y nacional, todas ellas basadas en el interés general y la sostenibilidad del planeta.

A continuación, para plasmar los antecedentes del presente trabajo se ha realizado un estudio del estado del arte de los principales proyectos y programas nacionales e internacionales dirigidos al impulso, difusión y aceptación social de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible existentes, así como un análisis de los principales factores que se consideran más influyentes en la implantación de dichas tecnologías en la sociedad.

Por otro lado, este trabajo muestra un estudio realizado con alumnos de 3º y 4º de Educación Secundaria sobre la percepción que tienen de las tecnologías de hidrógeno, el nivel de aprendizaje conseguido y el impacto que generan las actividades de difusión llevadas a cabo, fruto de un proyecto de divulgación científica denominado DIVULGAH2, coordinado por el Centro Nacional del Hidrógeno, CNH2 y financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología – Ministerio de Economía y Competitividad, FECYT-MINECO, explicando la metodología utilizada y recogiendo los resultados obtenidos en dicho estudio.

Por último, se realiza un análisis cualitativo de los resultados obtenidos mostrando los beneficios logrados con el desarrollo de este tipo de proyectos, así como planteando una serie de retos a futuro que sirvan como apoyo y mejora de posteriores actividades y proyectos tanto en el sector de las tecnologías del hidrógeno y pilas de combustible como de otros sectores afines.

3. OBJETO

El principal objetivo que se pretende conseguir con el presente trabajo es explorar y averiguar cuáles son los principales aspectos que intervienen en la percepción y aceptación pública de las tecnologías del hidrógeno, en un campo muy concreto como es el de estudiantes de edades comprendidas entre los 13 y los 17 años. Analizando cuáles son sus conocimientos acerca de estas tecnologías y así averiguar cuáles son los miedos e inquietudes o aquellas necesidades que les llevan a rechazar o, por el contrario, querer convertirse en usuario de las citadas tecnologías.

Además, y con la intención de que el Centro Nacional del Hidrógeno pueda ir mejorando y facilitando en mayor medida el aprendizaje y acercamiento de las tecnologías, este estudio también pretende medir de una forma cualitativa la utilidad de las actividades desarrolladas, así como los puntos fuertes y débiles de las mismas, tenidos en cuenta por los propios estudiantes, utilizando estas posturas para establecer mejoras en los procesos de divulgación científica que se desarrollen tras este estudio.

4. INTRODUCCIÓN

El empleo del hidrógeno en forma molecular como portador y almacén energético comenzó a plantearse en la segunda mitad del siglo pasado (1), desde entonces hasta nuestros días, ha hecho posible que la tecnología haya ido adaptándose y evolucionando a las necesidades y demanda de la sociedad.

Los usos del hidrógeno se han basado principalmente en la industria química o la industria petroquímica, siendo necesario para procesos como por ejemplo, la obtención de amoníaco o el petróleo respectivamente. La mayor parte de su producción se realiza a partir de combustibles fósiles, más concretamente del reformado de gas natural.

Pero el hidrógeno puede utilizarse como almacén de energía y vector energético, capaz de integrarse en aplicaciones estacionarias y aplicaciones para el transporte, con altos beneficios para la sociedad, pudiendo proporcionar un planeta y sistema sostenible.

Estas tecnologías, aunque incipientes y amigables con el medioambiente y el ser humano, no tienen a día de hoy un uso estandarizado. Se considera que su penetración y establecimiento, depende principalmente de varios factores, como son: factores tecnológicos, factores económicos, factores sociales y relacionados con el conocimiento o la cultura, entre e otros.

En lo relativo al hidrógeno y las pilas de combustible, se han realizado varias similitudes con diferentes tecnologías incipientes y exitosas, queriendo que el despegue y evolución de las tecnologías del hidrógeno y las redes inteligentes de energía, sean de la misma forma, asemejándose, por ejemplo, a las tecnologías de internet.

Pero el uso y acceso de las tecnologías de hidrógeno y de las redes eléctricas aisladas o smartgrids, podrán ser similares a las que ofrece internet si la tecnología se da a conocer, explicando sus beneficios, de tal forma que el usuario las identifique como una necesidad y demanda, eliminando los miedos y ofreciendo una alternativa para almacenar energía y suministrarla mediante las pilas de combustible. Todo ello sólo será posible con el desarrollo de tecnología, políticas de impulso, difusión por parte de todas las entidades pertenecientes al sector, así como formación y compromiso por parte del usuario.

Muchos son los esfuerzos que se podrían hacer en difundir estas tecnologías en la sociedad, pero debe ser previamente estudiada, analizada y dirigida, de lo contrario, su impacto podría ser bajo sin conseguir el efecto deseado. Para ello, debe considerarse cuáles son las barreras que impiden que tecnologías como éstas penetren en la sociedad, analizarlas y plantear soluciones.

Es por ello que, con el fin de poder cumplir con los objetivos principales de este trabajo, es necesario en primer lugar dar a conocer las tecnologías de hidrógeno, cuál es su origen, sus usos y aplicaciones y cuáles son las necesidades que harán viable su implantación en nuestro día a día.

Tecnologías de hidrógeno

Desde mediados del siglo XX se está investigando y desarrollando los procesos y equipos de obtención y transformación de hidrógeno. Esto ha permitido que en nuestros días, exista un

abánico de procesos de generación de hidrógeno, almacenamiento y transformación de hidrógeno en energía eléctrica y calorífica adaptada a las necesidades de la sociedad.

Una de las clasificaciones que se utilizará para el desarrollo de este trabajo es el uso del hidrógeno en aplicaciones estacionarias y en el transporte, siendo éstas la base de las actividades de percepción y aceptación social.

Aplicaciones estacionarias

Una de las principales dificultades con las que se encuentra la sociedad es la forma en que se puede almacenar energía. De forma sencilla se podría expresar que la energía generada debe ser equivalente a la consumida, con la necesidad de monitorizar y controlar las diferentes tecnologías de generación por parte del gestor de la energía eléctrica.

Cada una de las formas de obtención de energía es diferente, teniendo cada una sus características que hacen ser complementarias al resto. Sin embargo, una de las principales formas de almacenar esa energía es a partir de la generación de hidrógeno, siendo el marco más eficiente para el almacenamiento de esta energía el uso de las fuentes renovables.

Además de las fuentes renovables, existen diferentes procesos de generación de hidrógeno, dado que la energía utilizada puede proceder de diferentes fuentes. Alguno de estos procesos se encuentra en un mayor grado de avance que otros, pero al fin y al cabo, cada una de ellos ofrece diferentes posibilidades de utilización de la energía.

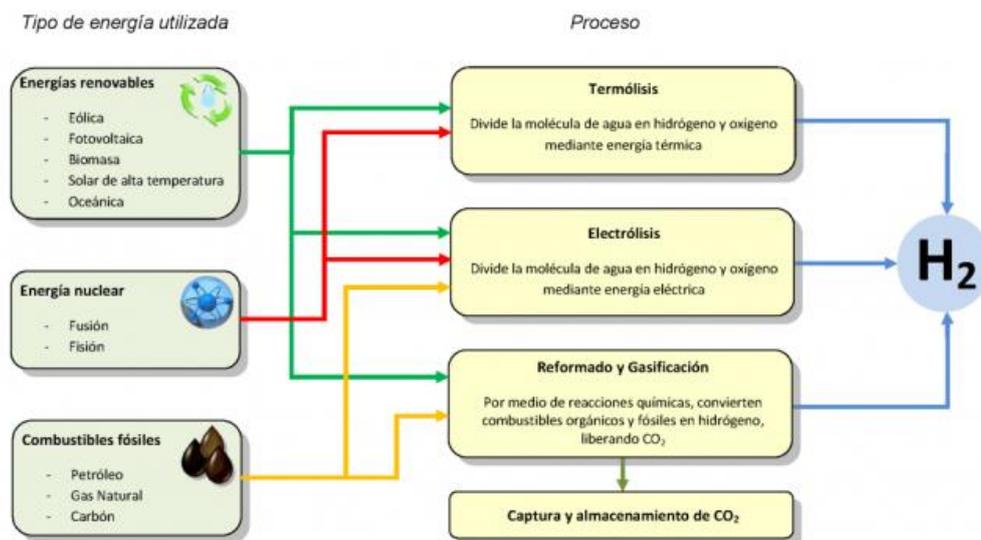


Figura 1: Generación de hidrógeno a partir de diferentes energías. Fuente: www.cnh2.es

Para la realización de este trabajo, el estudio de aceptación social se ha centrado en el sistema de almacenamiento de energía a partir del hidrógeno producido por la combinación de las energías renovables y el proceso de electrólisis del agua a baja temperatura.

La electrólisis consiste en la separación de la molécula de agua en hidrógeno y oxígeno por la aportación de energía eléctrica. Si la energía eléctrica que propicia la ruptura de la molécula de agua proviene de fuentes renovables, que no son demandadas por la red ni ningún usuario, se estará produciendo hidrógeno de origen renovable con fuentes renovables gratuitas que no se aprovecharían al no existir demanda. Este hidrógeno generado por fuentes renovables se puede denominar “hidrógeno verde”. Este hidrógeno podrá ser utilizado posteriormente cuando exista una demanda de energía.

Por otro lado, si el hidrógeno generado es almacenado hasta que exista una demanda de energía, el hidrógeno verde se transformará por medio de una pila de combustible, nuevamente en energía eléctrica y calorífica, produciéndose energía con recursos que no estaba previsto ser aprovechados.

Una pila de combustible es un dispositivo electroquímico que transforma de forma directa la energía química en energía eléctrica. Parte de unos reactivos, un combustible (generalmente hidrógeno) y un comburente (generalmente oxígeno) y tras producirse la reacción electroquímica se produce agua, electricidad en forma de corriente continua y calor. El agua abandona la pila de combustible a través de los electrodos y la corriente eléctrica pasa a un circuito externo.

A continuación se muestra una clasificación sobre las diferentes tecnologías de pila de combustible atendiendo a sus características principales.

Tabla 1: Clasificación de las pilas de combustible según sus características. Fuente: www.cnh2.es

	PEMFC	AFC	PAFC	MCFC	SOFC	DMFC
Electrolito	Membrana de Polímero Sólido	Solución Alcalina	Ácido Fosfórico	Carbonatos Fundidos	Óxido Sólido	Membrana de Polímero Sólido
Temperatura Trabajo (°C)	60 – 80	100 – 120	200 – 250	600 – 700	800 – 1000	50 -120
Combustible	Hidrógeno	Hidrógeno	Hidrógeno Gas Natural	Gas Natural	Gas Natural	Metanol
Ventajas	Baja Tª Arranque rápido Baja corrosión y mantenimiento	Mayor eficiencia Reacción catódica más rápida	Acepta H2 con 1% de CO	Reformado interno Cogeneración	Reformado interno Cogeneración	No necesita reformador de combustible
Aplicaciones	Transporte Portátiles Residencial	Espaciales	Generación eléctrica distribuida Automoción	Generación eléctrica	Generación eléctrica	Portátiles

Se puede hablar, por tanto, de la posibilidad de la instalación de microrredes de origen renovable y con almacenamiento de hidrógeno para distribución de energía en zonas rurales o aisladas.

Aplicaciones al transporte

Debido a las necesidades planteadas tanto en la reducción de emisiones como en la sustitución de combustibles fósiles, han surgido investigaciones relacionadas con el hidrógeno como combustible o de las tecnologías utilizadas para su aplicación como son las pilas de combustible.

El hidrógeno puede ser utilizado como combustible tanto en la alimentación de pilas de combustible en vehículos eléctricos como en vehículos de motor de combustión interna adaptados para utilizar este combustible.

Sin embargo, las pilas de combustible ofrecen importantes ventajas sobre los sistemas convencionales de combustión en el transporte ya que, además de conseguir eficiencias superiores, debido al proceso electroquímico que en ellas tiene lugar, no disponen de partes móviles, las temperaturas a las que se producen las reacciones son más bajas y si el hidrógeno que consumen se produce a partir de fuentes renovables, no emiten CO₂ a la atmósfera, el único subproducto emitido es vapor de agua. Así, de forma global, los vehículos que utilizan hidrógeno como combustible son un 22% más eficientes que los vehículos movidos por combustibles convencionales.

Dentro de los diferentes tipos de pilas de combustible existentes ya comentados, las pilas de combustible de membrana polimérica (PEMFC) son las más adecuadas para cumplir con los requerimientos de funcionamiento de vehículos eléctricos ya que, al trabajar a temperaturas no muy elevadas (60 – 120 °C) pueden conseguir eficiencias de hasta el 60% llegando a duplicar la eficiencia de los motores de combustión interna (2).

Prácticamente, en todos los sectores del transporte se está planteando el uso de pila de combustible apareciendo, cada vez con más frecuencia, prototipos y modelos de prueba propulsados con estas tecnologías. Dentro del sector transporte se puede destacar con una notable evolución los siguientes vehículos:

- Transporte terrestre: automóviles, autobuses, motocicletas, trenes, vehículos especiales (carretillas elevadoras, carritos de golf, ...).
- Transporte aéreo: aviones, aplicaciones espaciales.

- Transporte marítimo: barcos, submarinos. En el caso de pequeños barcos, estos pueden trabajar utilizando el hidrógeno como combustible, en el caso de grandes embarcaciones éstas utilizarían pilas de combustible como sistemas auxiliares de potencia cuando se encuentran amarradas (3).

De entre las aplicaciones al transporte, las que están teniendo una mayor repercusión actualmente son los automóviles, ya que las empresas del sector están realizando grandes inversiones y esfuerzos técnicos y de diseño para conseguir el éxito en sus productos. Muchas de ellas han fabricado y probado prototipos y alguna de ellas ya ha sacado vehículos comerciales al mercado, esperándose que entre los años 2016 y 2018 la mayoría de las casas automovilísticas lancen sus vehículos comerciales de pila de combustible.

5. ANTECEDENTES Y CONTEXTO

Como ya se ha comentado anteriormente, el despliegue de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible requiere de la aceptación pública a través de actividades de formación y divulgación para darlas a conocer, pero igualmente de importante es su unión con sólidos planes energéticos (4), políticas y organizaciones que impulsen y dinamicen la inversión pública y privada. Es por ello que las políticas a nivel mundial juegan un papel fundamental; todas ellas basadas en el interés general de la sociedad y la sostenibilidad del planeta.

Alguna de las políticas y planes energéticos públicos más destacados son:

Políticas Mundiales

Estados Unidos

En Estados Unidos, el Departamento de Energía (DOE) es el que coordina y dirige todas las investigaciones y estudios sobre el hidrógeno y las pilas de combustible a través de un programa de ámbito nacional que se realiza en asociación con la industria, la academia, los laboratorios nacionales y las agencias federales e internacionales.

En 1977 se crea el Programa sobre Hidrógeno de la Agencia Internacional de la Energía (IEA HIA), apoyado y financiado por el DOE, que persigue una colaboración en la investigación y desarrollo de las tecnologías de hidrógeno y el intercambio de información entre los países miembros.

A través de la creación y desarrollo de unos treinta anexos, la HIA ha facilitado y dirigido una completa gama de actividades de I+D y análisis sobre el hidrógeno, contando actualmente con 23 miembros incluida la UE.

La Agencia Internacional de la Energía (IEA) Hydrogen Implementing Agreement (HIA) también se encuentra presente desde hace más de 30 años con el objetivo de colaborar en el intercambio de información sobre investigación y desarrollo entre los países miembros (5) centrada en el impulso del uso del hidrógeno y su seguridad.

En el año 2003 se lanzó un programa denominado Hydrogen Fuel Initiative (HFI) con un presupuesto de 1,2 billones de dólares para el desarrollo comercial de las pilas de combustible e infraestructuras para el año 2020. (6)

Por otro lado, se estableció la International Partnership for the Hydrogen Economy (IPHE) como una institución internacional para acelerar la transición hacia la economía del hidrógeno, proporcionando un foro de políticas avanzadas, normas y estándares con el fin de dar a sus miembros los mecanismos para organizar, coordinar e implementar actividades de investigación, desarrollo, demostración y utilización comercial eficientes y de carácter internacional relativas a las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible.

El Plan Estratégico 2009-2014 (7) se centró en tres ejes principales: investigación, desarrollo y demostración, análisis y posición sobre el hidrógeno y conocimiento del hidrógeno, entendimiento y aceptación, donde se establecía el programa de trabajo de las Tasks y sus actividades. En el tercero de estos ejes o temas se integraba la difusión para alcanzar la misión y el avance en la tecnología del hidrógeno y su utilización generalizada.

En el año 2013, el DOE lanzó el proyecto H2USA de colaboración público privada, cuyo objetivo es el desarrollo de una infraestructura del hidrógeno. En el proyecto participan fabricantes de coches, empresas gasistas, agencias, fabricantes de pilas de combustible y de electrolizadores, con el fin de identificar los costes de un transporte basado en hidrógeno y minimizar la dependencia de la exportación de petróleo (8).

Japón

Liderado por el Ministerio Japonés de Economía, Comercio e Industria, (METI), en 2002 se lanzó el proyecto japonés JHFC “Japan Hydrogen and Fuel Cell Demonstration Project” dividido en dos

fases (Fase I 2002 – 2005 y Fase II 2006 – 2010) cuyos objetivos principales eran la realización de actividades de investigación para demostrar las tecnologías tanto del vehículo de pila de combustible como de las infraestructuras de suministro de hidrógeno (hidrogeneras).

Actualmente se encuentra en desarrollo la Fase III del Proyecto JHFC con un periodo de duración de 5 años (2011 – 2016) con el objetivo de demostrar y adaptar los vehículos de pila de combustible y las infraestructuras de suministro de hidrógeno a las condiciones actuales de mercado y difundirlo como tecnologías habituales a los usuarios desde 2015.

Se pretende que en futuras fases del citado proyecto se consiga el inicio de la comercialización de los vehículos de pila de combustible entre el público general y el incremento del número de hidrogeneras instaladas. (9)

Políticas Europeas

A nivel europeo, en 2004 se constituyó la Plataforma Europea del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible formada por grupos de trabajo que empezaron a preparar la Agenda Estratégica de Investigación (SRA) y la Estrategia de Despliegue (DS) para posteriormente lanzar el Plan de Implementación de la tecnología en 2006.

Tras el desarrollo de esta SRA y en el momento de iniciar el 7º Programa Marco de I+D se constituye la JTI de Hidrógeno y Pilas de Combustible (FCH JU) como una alianza público-privada con la Comisión Europea para gestionar la investigación en Hidrógeno y Pilas de Combustible en los siguientes 10 años, definiendo su Programa mediante el lanzamiento de convocatorias específicas de proyectos.

En el año 2007, desde el Parlamento Europeo se realizó una declaración sobre el establecimiento de una economía verde basada en hidrógeno, donde se pedía a las instituciones de la Unión Europea que para 2020 persiguieran un incremento del 20% de la eficiencia energética y redujeran los gases de efecto invernadero en un 30%, que además, el 33% de la electricidad y el 25% de la energía total se obtuviera a partir de energías renovables, y además que para el 2025 instituyeran una tecnología de almacenamiento de hidrógeno, favoreciendo una infraestructura centrada para el hidrógeno y por otro lado, se consiguiera que las redes eléctricas fuesen inteligentes independientes, de tal forma que la sociedad pueda producir y compartir la energía con la misma facilidad de acceso que existe actualmente en internet. (10)

Ya, en 2009, la Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, establecía que cada Estado miembro elaborara un Plan de Acción Nacional en materia de Energías Renovables (PANER) para conseguir los objetivos nacionales fijados en la propia Directiva.

En 2010 se redactó la comunicación de la Comisión sobre la Estrategia Europea sobre vehículos limpios y energéticamente eficientes, donde se incluían los vehículos basados en hidrógeno, capaces de contribuir a una economía más eficiente, ecológica y competitiva en el uso de los recursos. Además se señala la necesidad de investigación y desarrollo tecnológico, con el fin de reducir los costes, realizando investigación y desarrollo, así como las diferentes actuaciones para la comisión para fomentar el uso de vehículos limpios energéticamente y con bajas emisiones de carbono. (11)

Posteriormente, en el documento “Europe 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth” la Comisión Europea pretendía mejorar la competitividad y la seguridad energética para conseguir un uso más eficiente de los recursos y la energía (12).

En 2011, la Unión Europea publicó el Libro Blanco “Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a Competitive and Resource Efficient Transport System” a partir del cual se planteó la necesidad de desarrollar una estrategia de “Energía limpia para el transporte” que consiguiese reducir las emisiones de CO₂ del transporte en un 60% para el año 2050 y la dependencia de los combustibles fósiles, ya que, según datos de la Comisión Europea el 94% del transporte en la Unión Europea depende de combustibles fósiles y un 84% es importado (13). La solución pasaba por la sustitución de los combustibles convencionales por otros alternativos como los biocarburantes, el gas natural, los eléctricos o el hidrógeno.

Pero esta sustitución llevaba asociado un problema que es la no existencia de una infraestructura adecuada debido a que no hay un número considerable de vehículos, a su vez, los fabricantes no producen estos vehículos a precios competitivos, por tanto la demanda de consumidores es mínima; y por otro lado, tampoco existe un acuerdo de especificaciones técnicas comunes para la interconexión entre los vehículos de combustibles alternativos y los puntos de recarga de los mismos.

Por estos motivos en el año 2013 el Parlamentó Europeo planteó una propuesta de Directiva que finalmente fue aprobada en octubre de 2014 (Directiva 2014/94/EU) (14) para el despliegue de

una infraestructura de combustibles alternativos, que asegurase el desarrollo de dicha infraestructura y la implementación de especificaciones técnicas comunes para la misma en la Unión Europea.

En primer lugar se establecieron unos requerimientos mínimos que serían la clave para la aceptación tanto de los consumidores como para el desarrollo y despliegue de las tecnologías en la industria, y que serían el punto de partida para que los Estados Miembros pudiesen aplicar marcos políticos nacionales para permitir el desarrollo de los combustibles alternativos y sus infraestructuras.

Para el caso de los vehículos de hidrógeno, los marcos nacionales deberían conseguir que, además de los puntos de recarga de hidrógeno existentes a través de los proyectos demostrativos, estos puntos se complementasen con otros instalados a lo largo de todo el territorio nacional, con distancias entre ellos que no superasen los 300 km, con el fin de que los vehículos de hidrógeno puedan circular por toda la UE.

Además, esta iniciativa ha tenido su continuidad bajo el programa denominado “Horizonte 2020” pasando a conocerse como FCH 2. Una vez finalizada, en 2013, la financiación recibida por la FCH JU del 7º Programa Marco se inició otra importante propuesta que fue la de Reglamento del Consejo relativo a la empresa común pilas de combustible e Hidrógeno 2, para el periodo 2014-2020 donde su objetivo era reforzar la industria europea y su continuidad según las asociaciones de colaboración público–privada para el Horizonte 2020, denominada “potente herramienta para aportar innovación y crecimiento en Europa” basada en asegurar el abastecimiento energético y aumento de la competitividad. (15)

Políticas Nacionales

Al igual que a nivel europeo, los países también están desempeñando grandes esfuerzos por conseguir una evolución hacia modelos de bajo consumo en carbono y menor consumo energético. Sin embargo, en lo que se refiere a hidrógeno y pilas de combustible, en España no ha habido ningún plan ni programa de apoyo específico hasta 2015.

Para aplicaciones o dispositivos estacionarios para hogares no existen mecanismos, planes o programas concretos, dado que sólo existen dos dispositivos instalados gracias a un proyecto de demostración de calefacción urbana y otros demostradores de dispositivos domésticos en varios centros de investigación.

En cuanto a aplicaciones al transporte, recientemente, tras la publicación de la Directiva Europea, se ha lanzado la “Estrategia de Impulso del vehículo con energías alternativas (VEA) en España (2014-2020)” (estrategia española para fomentar el uso del vehículo de energía alternativa) puesta en marcha por el Ministerio de Industria donde el hidrógeno es considerado entre otros combustibles alternativos como un combustible de futuro para el transporte incluyendo diferentes medidas y metas cuantitativas (alrededor de 2800 vehículos y 21 hidrogeneras). (16)

La definición específica de las medidas y los mecanismos y el presupuesto para su apoyo aparece en el Plan MOVEA (17), publicado cada año por el “Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía” – IDAE. En la primera publicación del plan en el año 2015, los vehículos impulsados por hidrógeno no fueron considerados. En el caso de otros combustibles (gas natural, gas licuado del petróleo o vehículos eléctricos) se le da un apoyo directo para la compra del vehículo (entre 1.100 € y 5.500 € para vehículos de pasajeros) y también para la instalación de puntos de carga eléctricos (hasta 15.000 € por un punto de carga rápido). Sin embargo, no se da información para futuros planes y financiación.

Otras medidas son consideradas en la estrategia VEA como la exención de impuestos, una etiqueta específica que permita aparcar gratuitamente, peajes gratuitos y uso prioritario de las líneas especiales como carriles bus pero no se han aplicado todavía. Actualmente, solamente una clasificación de los vehículos (de la A a la G) de acuerdo con su consumo de energía y emisiones de CO₂ ha sido introducida en base a la Directiva Europea 1999/94 CE.

La mayoría de las aplicaciones de hidrógeno fueron llevadas a cabo bajo proyectos de desarrollo tecnológico y demostración, y no tienen un uso público hoy en día. Dos ciudades (Madrid y Barcelona) participaron en proyectos de demostración de autobuses, pero las actividades concluyeron con el proyecto y no ha habido continuación de otras actividades o proyectos. Ninguna ciudad española apoya activamente las actividades de demostración o proyectos hoy actualmente.

Sí han existido algunas iniciativas y proyectos para aplicaciones especiales, como las sillas de ruedas transportes especiales y carretillas elevadoras, pero sólo una carretilla elevadora y una aplicación especial para un vehículo de limpieza continúan operativos.

A nivel regional, dentro de España consideran el hidrógeno en sus planes y cuentan con mecanismos específicos para su fomento. Así, por ejemplo, el País Vasco concede ayudas por la compra de coches de pila de combustible con un máximo de 5,000 € o el 20% del coste de compra y 60.000 € o el 20% del coste de la instalación de una hidrogenadora con acceso público. Otras regiones apoyan la compra de vehículos de bajas emisiones para fines específicos, como los taxis (Cataluña) o vehículos ligeros (Madrid) pero no se dirigen específicamente a los vehículos impulsados por hidrógeno. Para fomentar la implantación de vehículos con combustibles limpios, cada región posee sus propios mecanismos. Algunas regiones también han publicado documentos sobre hidrógeno y pilas de combustible, pero no tienen otro mecanismo específico de apoyo a las tecnologías de hidrógeno y celdas de combustible aplicación: Aragón tiene un Plan Director para hidrógeno, y en muchas otras regiones el hidrógeno aparece en la estrategia RIS3 (Estrategias para la especialización inteligente) como Castilla-La Mancha, Andalucía o Cataluña.

6. PROBLEMA(S) A RESOLVER

La constante necesidad a nivel mundial de luchar contra el cambio climático reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia energética de los combustibles fósiles convencionales constituyen un panorama de crisis energética en el que se busca, cada vez en mayor medida, dar un giro a la situación apostando por alternativas que minimicen estos efectos como son las energías renovables o las tecnologías energéticas del hidrógeno.

Por otro lado, uno de los retos que afronta la sociedad es la capacidad de almacenar energía. Esto es debido a que los sistemas de distribución de energía eléctrica constituyen una gran red de distribución por todo el territorio cuyo objetivo es conectar las diferentes tecnologías actuales de generación eléctrica (centrales térmicas, nucleares, atmosféricas...) con los usuarios, lo que se denomina generación centralizada.

Cada una de las tecnologías presenta sus peculiaridades, ventajas e inconvenientes, que hacen que el sistema sea un mix de energía procedente de diferentes fuentes, sin embargo, las zonas donde prevalecen las energías renovables son el marco idóneo para implantar el uso del almacenamiento de energía a través del hidrógeno debido a que las fuentes renovables son alternantes y variables, es decir, no se producen siempre y varían en cuanto a intensidad, y además, dependen de las condiciones climatológicas.

En el caso del sector transporte, a raíz de las necesidades citadas al principio de este punto han surgido investigaciones relacionadas con el hidrógeno como combustible o de las tecnologías utilizadas para su aplicación como son las pilas de combustible.

Actualmente, el desarrollo de mercado de vehículos de pila de combustible está limitado principalmente por dos cuestiones fundamentales: el coste de las tecnologías de pila de combustible y la falta de una infraestructura para la producción, distribución y suministro de hidrógeno, lo que frena a las compañías a la hora de fabricar este tipo de vehículos.

Poco a poco estos problemas se van superando, por un lado, con los avances realizados en I+D por parte de las empresas de automoción con el fin de abaratar los sistemas y por otro lado, con el despliegue de una red de suministro de hidrógeno tanto a nivel europeo como a nivel mundial

Además de investigar la parte más científica y técnica de las tecnologías del hidrógeno, también se plantea la necesidad de examinar cuál es su impacto social, qué percepción tiene la sociedad de dichas tecnología, con el fin de conocer sus inquietudes y expectativas y así poder actuar para dar el impulso que necesita el sector del hidrógeno y conseguir su implantación en el mercado.

7. METODOLOGÍA

Planteamiento del problema

Tras haber realizado diferentes experiencias y estudios previos, se ha considerado que las principales barreras a superar a nivel social y que bloquean el impulso de las tecnologías de hidrógeno, son aspectos como el riesgo y la seguridad que entraña el hacer uso de este combustible en la vida cotidiana, (18) siendo preocupaciones de elevado interés para el ciudadano.

La aceptación del público directa o indirectamente relacionado con la implantación de una tecnología novedosa depende de su formación y conocimiento de la misma.

Según se considera en otras tecnologías cercanas al hidrógeno, como es el caso de las energías renovables, en la aceptación social de las mismas se distinguen tres dimensiones, 1) Aceptación sociopolítica 2) Aceptación de la comunidad 3) Aceptación del mercado, en ocasiones, interrelacionadas entre sí como se muestra en el siguiente esquema: (19).



Figura 2. Triángulo de la aceptación social de innovación en energías renovables

Aceptación sociopolítica

La aceptación sociopolítica es la aceptación social más amplia, a nivel más general. Varios indicadores demuestran que la aceptación social de estas tecnologías es elevada en muchos países. Esto se muestra en las encuestas de opinión, donde un gran número de personas tienden a estar de acuerdo con la idea de apoyo público a estas novedosas tecnologías, incluso en países donde los gobiernos hacen relativamente poco para apoyarlas. (19) Esta visión positiva que en general se tiene de las tecnologías de hidrógeno lleva a los responsables políticos a creer que la aceptación social no es un problema. Sin embargo, si se pasa de lo general a lo particular y del apoyo general a las tecnologías a una inversión positiva efectiva y la toma de decisiones concretas, hay que reconocer que efectivamente existe un problema. (20)

Muchas de las barreras que existen a la hora de lograr proyectos de éxito para su ejecución exitosos en el nivel de ejecución pueden estar relacionadas con una falta de aceptación social. A nivel general de aceptación sociopolítica esto también está relacionado con la aceptación por parte de los principales interesados y representantes políticos implicados en políticas efectivas relativas a la materia tratada. Esas políticas requieren la institucionalización de programas marco que promuevan y mejoren de manera efectiva la aceptación del mercado y de la comunidad, por ejemplo, el establecimiento de sistemas de financiación sostenibles que generen

diferentes opciones para los nuevos inversores, o sistemas de planificación espacial que estimulen la toma de decisiones en colaboración con distintos agentes. (19)

Aceptación de la comunidad

La segunda dimensión reconocida de la aceptación social de las tecnologías que nos ocupan es la llamada aceptación de la comunidad. La aceptación de la comunidad se refiere a la aceptación expresa de las decisiones tomadas relativas a los proyectos a llevar a cabo por los actores locales, en particular los residentes y las autoridades locales. En este sentido, esto puede afectar a la problemática con la que ya se han encontrado otras tecnologías denominada “not-in-my-back-yard” (NIMBY) (21), donde hay quienes sostienen que la diferencia entre la aceptación general y por otro lado, la oposición a ciertos proyectos específicos se puede explicar por el hecho de que los ciudadanos son conscientes y apoyan los beneficios de las tecnologías, pero dejan de estar de acuerdo o rehúsan de ellas cuando van a ser instaladas cerca de ellos.

Una característica particular de la aceptación de la comunidad es que tiene una dimensión temporal. Según estudios realizados, el patrón típico de aceptación local antes, durante, y después de un proyecto sigue una curva en U, pasando de una alta aceptación a una (relativamente) baja aceptación durante la fase de emplazamiento (por lo general sigue siendo positiva en promedio) y vuelve a un nivel más alto de aceptación una vez que el proyecto está en marcha. (22)

Aceptación del mercado

Por último, otro aspecto importante es que la aceptación social también puede ser interpretada como aceptación del mercado o proceso de adopción de una innovación que sufre el mercado. Desde este punto de vista, en la literatura sobre difusión de la innovación (23) se explica la forma de aceptación de productos innovadores por parte de los consumidores a través de un proceso de comunicación entre los propios innovadores y su entorno, dando las claves necesarias para facilitar el estudio de la aceptación de mercado de tecnologías novedosas relacionadas con la energía como pueden ser el hidrógeno y las pilas de combustible. La aparición del mercado de la “energía verde o energía limpia” es, probablemente, una de las áreas donde la aceptación de mercado podría ser independiente del marco general de la aceptación social, incluso llegándose a reducir las barreras para su difusión. Si los consumidores demandan cada vez mayores cantidades de energía verde, será necesario disponer de los recursos de suministro suficientes

para abastecer esta demanda, por lo que solo se podrán ver los efectos a largo plazo. Sin embargo, la aceptación social de una tecnología no tiene por qué estar directamente relacionada con la demanda, ya que puede haber casos en los que ésta sea elevada en un país pero no existe la suficiente aceptación pública perjudicando la implantación de la estructura de suministro correspondiente.

En una concepción más amplia de la aceptación de mercado, la atención se centra no sólo en los consumidores, sino también en los inversores, en las empresas de innovación en el campo que se está estudiando, ya que dependiendo de cada empresa y de sus propios intereses, tanto económicos como de sostenibilidad o ambientales, su comportamiento respecto a las inversiones será diferente. Por otra parte, existe un vínculo entre la aceptación de mercado y la aceptación pública y política, ya que estas empresas son actores influyentes en el desarrollo de políticas de energía y pueden utilizar su influencia en las decisiones políticas clave en el diseño de los sistemas de adquisición financieros y de acceso e implantación de las tecnologías.

Metodología y muestra llevada a cabo para el desarrollo del proyecto

A la vista de los diferentes factores y dimensiones que influyen en el proceso de aceptación pública de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible, desde el CNH2 se ha llevado a cabo un estudio para poner de manifiesto la aceptación pública de dichas tecnologías en un sector concreto de la sociedad.

El CNH2 es un Centro de Investigación Público situado en Puertollano, en la provincia de Ciudad Real (España). Se trata de una instalación dedicada a la investigación, desarrollo e innovación de tecnologías relacionadas con el hidrógeno y las pilas de combustible y creada al servicio de la comunidad científica y de las empresas nacionales e internacionales. Además de realizar proyectos de I+D+i, se encuentra comprometido con la sociedad y con el público en general mediante el desarrollo de actividades de formación, difusión y divulgación científica, entre otras.

Así el CNH2, con este ánimo, pertenece a la Red de Unidades de Cultura Científica y de Innovación (UCC+i), que gestiona la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), realizando las actividades comentadas anteriormente con el objetivo de acercar la ciencia y la tecnología a la sociedad.

Con el convencimiento de que los estudiantes de hoy en día son los futuros investigadores, técnicos, y en general, la sociedad del mañana, se comenzó por realizar estudios que diesen a a

conocer a estudiantes de diferentes niveles educativos la tecnología del hidrógeno y las pilas de combustible, su necesidad y sus usos y aplicaciones.

Habida cuenta que la falta de conocimiento sobre diversos aspectos energéticos, en general, y sobre las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible, en particular, es uno de los factores fundamentales que influyen en la aceptación o rechazo social de dichas tecnologías, la metodología seguida para llevar a cabo el objeto de este estudio ha estado combinado por un enfoque tanto cuantitativo como cualitativo. Sin embargo, y, a pesar de haber llevado a cabo un análisis cuantitativo, en los últimos años, los métodos cualitativos han ido adquiriendo una mayor relevancia en el campo de la investigación social (24), mostrándose especialmente adecuados para explorar los conocimientos, actitudes, creencias y preocupaciones de los ciudadanos en torno a los aspectos energéticos y tecnológicos (25). Es por ello que, en el estudio realizado, se ha dado un mayor peso y se ha prestado una mayor atención al análisis cualitativo basado en la administración de cuestionarios a los estudiantes participantes.

La metodología llevada a cabo para el estudio ha sido aparentemente simple: se realizaron dos tipos de jornadas divulgativas, unas denominadas “El hidrógeno y la energía” y las otras “El hidrógeno te mueve”, cada una de ellas orientada a estudiantes de diferentes edades. La elección de los nombres de cada una de las jornadas se realizó de acuerdo a aquello que en base a su edad, entre 13 y 17 años, podría resultarles más cercano y les llamara más la atención. El fin principal de estas jornadas era, por un lado hacer difusión y divulgación de las tecnologías relacionadas con el hidrógeno, haciendo ver a los alumnos diferentes alternativas más allá de los sistemas energéticos que conocen. Se realizaron talleres de trabajo y diferentes demostraciones científicas y experimentales, haciendo a los estudiantes partícipes de las mismas, ya que se considera una de las vías más rápidas para transmitir información y elevar el aprendizaje. Por otro lado, y entrando más en el objetivo específico de este trabajo, se trataba de evaluar la capacidad de captación del mensaje presentado, la percepción que los alumnos tienen de los nuevos conceptos aprendidos y su posible aceptación o rechazo de la implantación de las aplicaciones del hidrógeno en sus vidas cotidianas y, finalmente, la valoración que les merecía la organización de estas jornadas y las actividades realizadas.

Para ello, se le hizo entrega a los estudiantes de un cuestionario con preguntas sencillas relacionadas con la temática tratada y varias respuestas entre las que debían seleccionar aquellas que consideraban correctas, de esta manera se pretendía conocer cuáles habían sido

los conocimientos adquiridos por los estudiantes y cuál había sido su nivel de comprensión de los conceptos expuestos. En el mismo cuestionario también se plantearon cuestiones relacionadas con su percepción sobre las tecnologías, qué aspectos consideran más importantes para su establecimiento o qué factores consideran negativos y, por último, como indicador de calidad y evaluación del trabajo realizado también se les preguntó por su valoración general de la actividad realizada, qué fue lo que más les había llamado la atención y qué lo que menos.

La temática de las preguntas contempladas en dicho cuestionario se divide en diferentes áreas tales como: conocimientos previos, el hidrógeno, las pilas de combustible, el vehículo de hidrógeno, ventajas para la sociedad, la evaluación del impacto y, por último, aceptación de las tecnologías, sobre las que se quiere centrar la percepción.

Tabla 2. Identificación de las temáticas abordadas

TEMÁTICA	ÁREA
Conocimientos previos	Alguno Ninguno
El Hidrógeno	Generación de H2 Características Propiedades
La Pila de Combustible	Funcionamiento Características
Vehículo de Hidrógeno	Combustible Funcionamiento
Ventajas para la sociedad	Calidad de vida Desarrollo económico Seguridad y protección Conservación del medioambiente Generación de puestos de trabajo
Impacto de la Jornada	Mayor Menor
Aceptación	Sí No

Las cuestiones utilizadas han sido:

1. Conocimiento previo del hidrógeno o las pilas de combustible
2. Obtención del hidrógeno
3. Características del hidrógeno

4. Métodos de almacenamiento del hidrógeno
5. ¿Por qué es difícil transportar el hidrógeno?
6. Reacción en la que se basa el funcionamiento de una pila de combustible.
7. Características generales de las pilas de combustible.
8. ¿Cómo es el funcionamiento de un coche equipado con pila de combustible y batería?
9. Comparativa de coches con diferentes combustibles.
10. Ventajas para la sociedad de las tecnologías.
11. Mayor y menor impacto obtenido sobre la Jornada y talleres de trabajo.
12. Aceptación de las tecnologías en la vida cotidiana.

Como se ha comentado anteriormente, para el desarrollo de este estudio se utilizaron los grupos de estudiantes que asistieron a dos jornadas divulgativas diferentes.

La selección de la muestra se hizo en base a los conocimientos previos que los estudiantes podían tener en función de los estudios y materias cursadas, decidiéndose finalmente seleccionar los cursos de 3º y 4º de ESO debido a que las asignaturas que se desarrollan en estos cursos permiten a los alumnos tener los conocimientos básicos sobre los conceptos más importantes relacionados con la parte de química y de energía que forman parte de la temática del hidrógeno. Además, en esta etapa educativa es cuando los alumnos empiezan a definir sus itinerarios y estas jornadas podían ser un buen apoyo para encaminar sus carreras profesionales hacia el mundo científico.

Finalmente, a las dos jornadas asistieron un total de 160 alumnos de siete colegios e institutos de la localidad de Puertollano, ya que se decidió comenzar por los alumnos más cercanos al CNH₂ y que podían tener una relación más directa con el hidrógeno por la proximidad. Los estudiantes pertenecían a los cursos 3º y 4º de ESO y tenían edades comprendidas entre los 13 y los 17 años.

Los colegios que participaron en las jornadas fueron:

- IES Comendador Juan de Tavora, curso de 3º de la ESO
- CE. Santa Bárbara, curso de 3º de la ESO
- Ccee. Inmaculada Enpetrol, curso de 4º de la ESO
- IES Leonardo Da Vinci, curso de 3º de la ESO
- IES Fray Andrés, curso de 3º de la ESO

- Colegio Salesianos San Juan Bosco, curso de 4º de la ESO
- IFP Virgen de Gracia, curso de 3º de la ESO

A continuación se muestra una tabla con aquellos aspectos de los estudiantes encuestados que se han considerado de interés para este estudio, tales como centro, género, curso y edad:

Tabla 3. Identificación de los alumnos participantes

Centro	Centro 1	Centro 2	Centro 3	Centro 4	Centro 5	Centro 6	Centro 7
Número Alumnos	20	25	27	6	27	40	15
Género	12,50%	15,63%	16,88%	3,75%	16,88%	25,00%	9,38%
Masculino	8	14	10	4	14	19	5
Femenino	12	11	17	2	13	21	10
Curso							
3º ESO	20		27	6	10	23	15
4º ESO		25			17	17	
Edad							
13	4			1	5	3	2
14	14	3	20	5	8	17	11
15	1	21	7		13	11	2
16	1	1			0	6	
17					0	3	

En total participaron 160 alumnos. Del total de los asistentes se observó que el número de alumnos de género femenino, 86 personas, fue superior al de género masculino, 74 personas. Además del total de los alumnos, 101 se encontraban cursando 3º de la ESO y 58 4º de la ESO, todos ellos con edades comprendidas entre los 13 y 17 años, observándose que la edad de la mayoría de ellos era de 14 años, correspondiendo su distribución como muestra la figura:

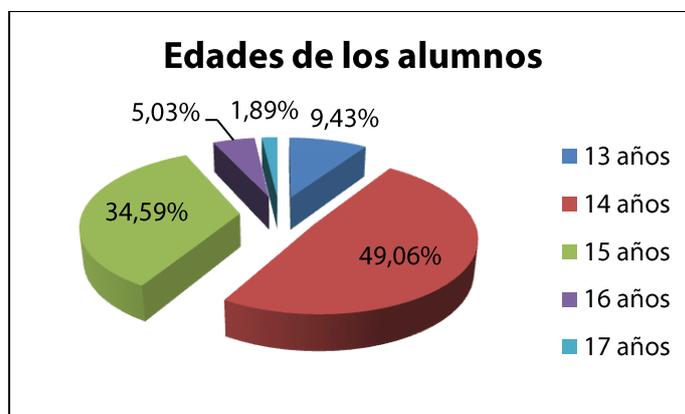


Figura 3. Estructura de edades de los alumnos

Atendiendo al género de los alumnos se señala que el 54% de los alumnos correspondía al género femenino.

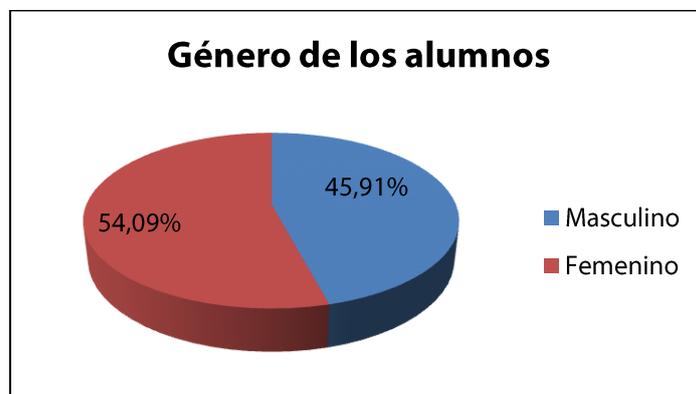


Figura 4. Estructura del género de los alumnos

De los centros asistentes se observa que la mayoría de los encuestados cursaban 3º de la ESO y que correspondían al 63,52%, siendo correspondiente el resto a estudiantes de 4º de la ESO.

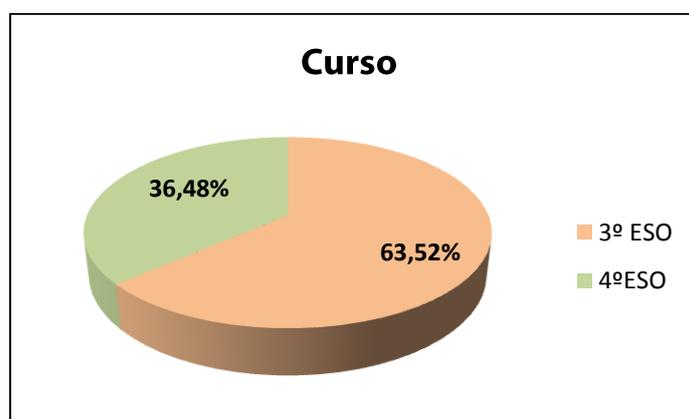


Figura 5. Curso al que pertenecen los alumnos

Estrategias adoptadas, procedimientos y dificultades encontradas

Antes del desarrollo de estas jornadas fue necesario prepararlas sabiendo cuáles eran los conocimientos que los alumnos tenían inicialmente sobre energía, química y asignaturas relacionadas con la temática. Este análisis inicial se considera fundamental debido a que tanto el lenguaje del emisor como el del mensaje a transmitir han de ser el mismo que el del receptor a fin de que puedan comprender los conceptos explicados.

Ambas jornadas, aunque con peculiaridades distintas, debido a que una estaba más orientada a aplicaciones estacionarias y otra dirigida al sector transporte, se estructuraron de igual forma:

- Presentación y objetivo del CNH2: en ella se mostraba de una forma clara y sencilla a través de un vídeo qué es el CNH2, cuáles son sus objetivos y funciones, proyectos en los que trabaja y las instalaciones de que dispone.
- Charla explicativa-Presentación: el personal de la Unidad de Cultura Científica del CNH2 realizaba una presentación con animaciones audiovisuales para introducir el papel que juega el hidrógeno en la sociedad y su relación con el sistema energético actual, las formas de obtención y almacenamiento, el uso y funcionamiento de las pilas de combustible y las principales aplicaciones que pueden tener estas tecnologías en la vida cotidiana.
- Talleres de trabajo: se realizaron diversos demostradores de cada una de las aplicaciones comentadas en la presentación, así los alumnos podrían comprobar el funcionamiento de cada una de ellas y manejarlas de una forma cercana y accesible, haciéndoles partícipes de los usos del hidrógeno. En los talleres se desarrollaron actividades relacionadas con la producción de hidrógeno mediante energías renovables, su almacenamiento y su transformación en electricidad para aplicaciones domésticas, como el encendido de las luces de una vivienda, portátiles como el funcionamiento de juguetes con pila de combustible en lugar de batería o aplicaciones al sector transporte donde se mostraba la operación de un vehículo alimentado con hidrógeno.
- Cuestionarios: Al finalizar todas las actividades llevadas a cabo en la jornada se hizo entrega a los alumnos de los cuestionarios con las preguntas mencionadas anteriormente, dejándoles un periodo de tiempo de unos 15 minutos para responderlas. Finalmente se recogieron las encuestas y se utilizaron posteriormente para realizar el estudio y análisis que en el siguiente punto de este trabajo se presenta.

Uno de los aspectos que más dificultades entrañó a la hora de realizar este estudio fue la forma de preparar y adaptar las actividades realizadas, principalmente la presentación, a público poco conocedor de la temática, ya que suele tener un carácter bastante técnico y de comprensión dificultosa. Gracias a la experiencia del personal perteneciente a la UCC+i se consiguió salvar este obstáculo ya que realizaron una presentación muy didáctica y atrayente explicando los principales conceptos apoyándose en vídeos y animaciones que facilitaron el aprendizaje de los alumnos.

8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Descripción del proceso llevado a cabo

Tal y como se ha comentado anteriormente, el primer objetivo de las jornadas era acercar a los estudiantes, que se consideran los futuros investigadores y científicos del mañana, las tecnologías del hidrógeno y pilas de combustible. Se organizaron dos tipos de jornadas divulgativas, una más orientada al uso de aplicaciones domésticas y estacionarias “El hidrógeno y la energía” y otra de ellas más dirigida al uso del hidrógeno como combustible en el sector transporte.

Para ello, y una vez seleccionado el público objetivo al que se iban a dirigir las actividades a realizar, se envió una carta de invitación a los directores de los centros educativos que cumplían los requisitos marcados (que tuviesen alumnos que cursasen las etapas de 3º y 4º de ESO y que estuvieran dispuestos a adquirir nuevos conocimientos y realizar diferentes prácticas relacionadas con el sector de la energía), para que pudieran asistir a estas jornadas que se desarrollarían en las instalaciones del CNH2. Se les dio la posibilidad de participar en dichas jornadas a lo largo de todo el curso escolar en la fecha y horarios más idóneos para ellos a fin de facilitarles la asistencia a las mismas.

Tras cuadrar el calendario y fijar la fecha de las visitas con cada uno de los centros educativos la forma de proceder fue la misma con todos ellos, llevándose el proceso a cabo en cuatro fases diferenciadas:

- Fase 1: Presentación y primera toma de contacto
- Fase 2: Divulgación de las tecnologías de hidrógeno
- Fase 3: Participación de los estudiantes en los diferentes talleres de trabajo
- Fase 4: Cuestionario final

Fase 1: Presentación y primera toma de contacto

A su llegada, el personal de la Unidad de Cultura Científica y de la Innovación del CNH2 (UCC+i-CNH2) les recibía y les daba la bienvenida realizando una breve presentación del Centro donde se explicaba cuál es su objetivo como centro público de investigación, las actividades que desempeñan los investigadores y técnicos que en él trabajan, los proyectos en los que se encuentra inmerso y las instalaciones, laboratorios y equipos con los que cuenta, mostrando estos últimos aspectos en un vídeo informativo que se les ponía en el aula de audiovisuales.

También se les explicaron los motivos por los que se desarrollaban este tipo de actividades y los objetivos que se pretendían conseguir, enmarcados dentro de un proyecto de divulgación científica denominado “DivulgaH2”. Al inicio se intercambiaban una serie de impresiones para valorar el conocimiento previo que los estudiantes visitantes poseían del área a tratar y así poder dirigir la charla y posteriores actividades de la jornada desde sus conocimientos.

Fase 2: Divulgación de las tecnologías de hidrógeno

Una vez realizadas las presentaciones y puestos en situación, se procedía a realizar una charla explicativa en base a su conocimiento, con un tono amigable y sencillo, con diversos vídeos y animaciones con el objeto de que pudiesen comprender con la mayor claridad posible los conceptos que se estaban explicando, además, se realizaron las pausas que fueron oportunas durante la charla para ir resolviendo las dudas que iban surgiendo y hacer participar a los alumnos de la propia charla, de esta forma se conseguía que la charla no se convirtiese en un monólogo que daba el personal de la UCC+i-CNH₂, sino que terminaba siendo un foro donde los alumnos podían conversar, expresar sus inquietudes o debatir entre ellos.



Figura 6. Momento de la charla explicativa con uno de los centros educativos visitantes

Las temáticas que se abordaron en la charla fueron:

- La energía: se explicaron las necesidades y recursos energéticos que actualmente se utilizan, como son los combustibles fósiles y las energías renovables, haciendo especial hincapié en el uso de las energías renovables como fuentes limpias e inagotables.

- El Hidrógeno y sus propiedades básicas: en este punto se habló del hidrógeno como gas combustible, su uso como sistema de almacenamiento de energía, principalmente de las fuentes renovables dada la alternancia que presentan y las propiedades tanto químicas como físicas que el hidrógeno presenta.
- Obtención del hidrógeno: en este apartado se mostraba a los alumnos las diferentes alternativas existentes para la obtención de hidrógeno, desde el gas natural, el agua o los residuos sólidos urbanos que generamos en nuestro hogar. Se les explicaba que, dado que el CNH_2 es un centro comprometido con el medioambiente, las investigaciones que se llevan a cabo en materia de producción de hidrógeno, todas se realizan obteniendo el elemento a partir del agua a través del proceso denominado electrolisis.
- Las pilas de combustible y aplicaciones: en esta sección se les mostraba lo que son las pilas de combustible, su funcionamiento, características y principales aplicaciones que pueden tener, desde su uso en aplicaciones portátiles como smartphones, ordenadores portátiles o tablets, aplicaciones estacionarias, como sistemas de producción de electricidad y calor en viviendas, oficinas u hospitales y aplicaciones al transporte, dándoles a conocer que ya existen numerosos vehículos y medios de transporte que funcionan con estas tecnologías y que, en un futuro, la mayoría de los vehículos utilizarán las pilas de combustible debido a sus propiedades de eficiencia y no contaminación que poseen.
- El vehículo de hidrógeno y su funcionamiento: para finalizar, y como demostración de una de las aplicaciones de las tecnologías de hidrógeno que más a corto plazo se verán en el mercado y estarán disponibles para el usuario final, se les mostró a través de algún vídeo y esquemas cómo es el funcionamiento de un vehículo que funciona con pila de combustible, cuáles son los principales componentes que formarían parte del sistema de alimentación y cómo sería el mecanismo para suministrar hidrógeno a estos vehículos, realizándose a través de las hidrogeneras (gasolineras de hidrógeno).

Fase 3: *Participación de los estudiantes en los diferentes talleres de trabajo*

Una vez realizada la charla explicativa sobre las temáticas contempladas anteriormente, se realizaron los diferentes talleres de trabajo a través de un método de demostradores en los que los propios alumnos podían manejar estas tecnologías, siendo capaces desde producir hidrógeno a partir de agua hasta poner en funcionamiento un coche alimentado con pila de

combustible. En concreto se realizaron tres talleres experimentales con diferentes actividades en cada uno de ellos.

El primero de los talleres denominado **“La vivienda del futuro”** consistió en la demostración de las funcionalidades y aplicaciones de la combinación de energías renovables y tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible para conseguir el funcionamiento de una vivienda autoabastecida con la combinación de estas tecnologías.

Para ello se utilizó un panel didáctico con el que se mostraba, a pequeña escala, cómo tendría lugar el ciclo completo de hidrógeno (desde su producción a partir de un panel fotovoltaico alimentado por la luz del sol, el almacenamiento del hidrógeno producido y su posterior transformación en electricidad a través de una pila de combustible) en una vivienda. También se utilizó una maqueta que representaba una vivienda diseñada para tal fin, donde se realizó una demostración experimental de la producción de hidrógeno mediante electrolisis a partir de energías renovables y su posterior transformación en corriente eléctrica que permitiría encender las luces de la vivienda. De igual forma, se mostró a los alumnos alguna de las instalaciones que el CNH2 posee en la que cuenta con electrolizadores y pilas de combustible reales para alimentar de forma totalmente autónoma los electrodomésticos del comedor donde habitualmente comen los trabajadores del Centro.



Figura 7. Taller demostrador “La vivienda del futuro”

El segundo de los talleres “**El vehículo de hidrógeno**” se utilizó para poner de manifiesto las aplicaciones que el hidrógeno puede tener en el sector transporte. En este taller se les explicaba el funcionamiento de un vehículo de hidrógeno para que los alumnos pudieran ver de cerca y manejar maquetas de coches de hidrógeno, observando en primer lugar cómo se produce la electrolisis a partir del agua y luz solar simulada con un foco, y posteriormente, cómo el motor de un coche utiliza el hidrógeno producido como combustible a través de una pila de combustible reversible para moverse de forma autónoma. Tras comprobar cómo era el funcionamiento y proceder ellos mismos a la producción y recarga de hidrógeno se les planteaba realizar una carrera con los diferentes coches para evaluar en cuál de ellos se había generado más hidrógeno.



Figura 8. Alumnos participando en el taller demostrador “El vehículo de hidrógeno”

El tercer taller de trabajo, al que se llamó “**Fórmula Hidrógeno**” contaba con dos áreas muy atractivas para los estudiantes. Por un lado, se contó con un Scalextric que era alimentado eléctricamente a través de una pila de combustible a la que se le suministraba hidrógeno en lugar de utilizar una fuente de alimentación o batería. Los alumnos pudieron ver el sistema de alimentación a la pila de combustible y comprobar que el Scalextric puede funcionar de igual forma a si fuese alimentado con otros sistemas. Además, en este taller se mostraba la generación de hidrógeno mediante un electrolizador y el almacenamiento de hidrógeno a partir de hidruros metálicos.

Por otro lado, otra de las actividades planteadas en este taller fue la demostración del funcionamiento de un kart de carreras que lleva incorporadas dos botellas de hidrógeno en forma de hidruros metálicos y una pila de combustible. En este caso, en las instalaciones exteriores del

CNH2 se delimitó un pequeño circuito señalizado a través del cual alguno de los alumnos y profesores pudieron probar este pequeño vehículo y ver de primera mano las ventajas que este tipo de vehículos puede tener, principalmente en lo que a emisiones contaminantes se refiere.



Figura 9. Demostradores “Scalextric y Kart de hidrógeno” dentro del taller “Fórmula Hidrógeno”

Fase 4: Cuestionario final

Por último, para finalizar la jornada y con el fin de evaluar los conocimientos adquiridos, así como su percepción de las tecnologías de hidrógeno y el impacto de las jornadas y actividades desarrolladas, al finalizar todas las actividades se hizo entrega a los alumnos de un cuestionario que recogía un total de 12 preguntas sobre la temática y el impacto. (Ver Anexo I). Las respuestas asociadas a cada una de las cuestiones más teóricas podían tener una o varias soluciones correctas y alguna o varias soluciones incorrectas. Para poder analizar los resultados se tendrían en cuenta todas las repuestas elegidas.

La solución de todas las preguntas y cuestiones, fueron explicadas durante la charla y los talleres prácticos, a excepción de aquellas en las que tenían que responder según su percepción o valoración.

Análisis y discusión de resultados

Una vez recopilados todos los cuestionarios se procedió a evaluar las respuestas obtenidas, realizando un análisis, por un lado, de las cuestiones formativas para comprobar el nivel de comprensión adquirido y por otro lado, la parte de impacto y aceptación.

Las respuestas teóricas se clasificaron en:

- “Respuesta correcta”: cuando la respuesta elegida por parte del alumno era la correcta. En las respuestas múltiples se eligieron todas las correctas.
- “Alguna Correcta”: cuando alguna de las opciones correctas había sido elegida por el alumno.
- “Respuesta incorrecta”: cuando alguna de las opciones que había sido elegida por el alumno era incorrecta.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el cuestionario según la temática de las preguntas:

Conocimientos previos

Con la intención de saber si los alumnos tenían algún conocimiento previo sobre el hidrógeno y/o las pilas de combustible, se planteó una pregunta inicial para saber si tenían algún conocimiento o ninguno sobre la temática presentada.

Pregunta 1: ¿Habías oído hablar antes sobre el hidrógeno o las pilas de combustible?

__ Sí __ No ¿Dónde?

La respuesta a esta pregunta fue mayoritariamente negativa dado que para muchos de los estudiantes eran la primera vez que oían hablar de estas tecnologías novedosas. Un 78% de los participantes contestaron que No habían oído hablar antes del hidrógeno, mientras que un 18% contestó afirmativamente, habiendo oído hablar del hidrógeno la mayoría de ellos en televisión y alguno también reconoció haber recibido algo de información en clases de química.

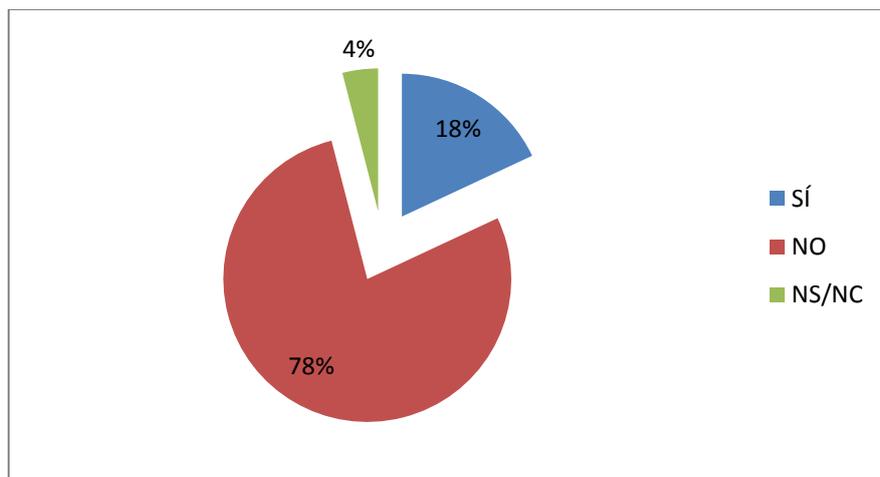


Figura 10. Respuestas obtenidas “Conocimientos previos”

El Hidrógeno

Durante la charla y los diferentes talleres prácticos se habló sobre el hidrógeno y su forma de obtención a partir de recursos renovables y no renovables. Además, se señalaron las principales características del hidrógeno, y aquellas que más podían llamar la atención a los alumnos, poniendo ejemplos actuales que ellos mismos pudieran entender y asimilar, así como las propiedades y sistemas de almacenamiento y transporte.

Según las respuestas proporcionadas por los alumnos, referidas a las tres cuestiones relacionadas con la temática del hidrógeno, se demostró que es un elemento no conocido totalmente, así como sus propiedades y características. Se reconocían algunas de ellas, las cuales hacían notar que tenían algunas nociones, pero no se conocían todas.

Pregunta 2: El hidrógeno puede ser obtenido a partir de: __ Agua __ Aluminio __ Biomasa __ Combustibles fósiles __ Piedra

Se observó que todos los entrevistados habían contestado alguna pregunta correctamente sobre la generación de hidrógeno a partir de diferentes recursos. El total de los entrevistados que seleccionaron todas las respuestas correctas eran menos del 15%, mientras que un 84% de los asistentes eligieron alguna respuesta correcta. Todos los alumnos coincidían en la obtención de hidrógeno a partir del agua, y planteaban su obtención a partir de combustibles fósiles en su mayoría.

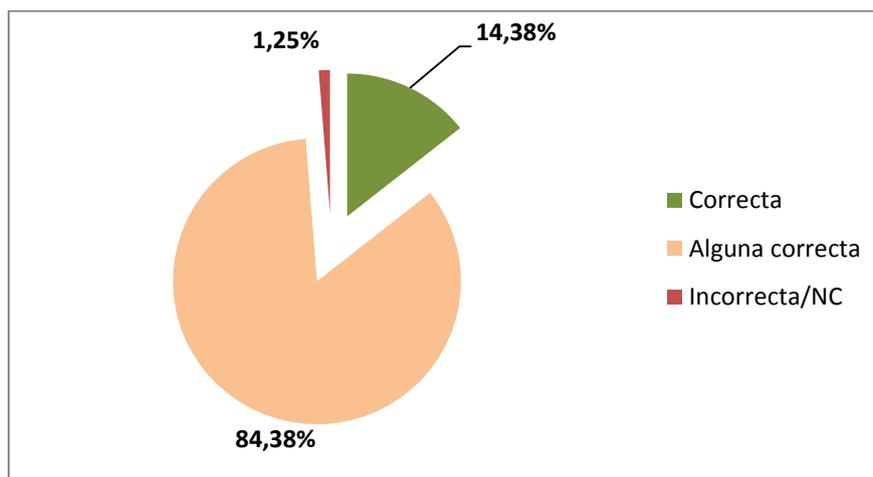


Figura 11. Respuestas obtenidas "Generación de hidrógeno"

Pregunta 3: El hidrógeno posee las siguientes características: Color azul Tóxico No huele Pesado

Atendiendo a las características del hidrógeno al igual que el caso anterior, solo un porcentaje por debajo del 12% fue el que contestó correctamente a todas las respuestas, mientras que fue más del 51% de los participantes los que lo hicieron de forma incorrecta, lo cual hace que los resultados obtenidos en esta cuestión sean peores que los anteriores. Algunos de los alumnos conocían las propiedades más básicas del hidrógeno y tenían la percepción de ser un elemento voluminoso, sin embargo la mayoría de ellos confundían ciertas características no llegando a quedar claras todas ellas.

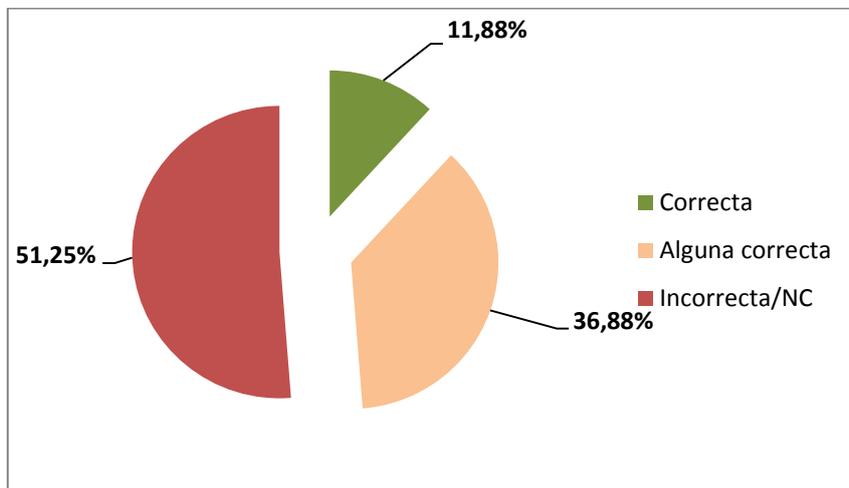


Figura 12. Respuestas obtenidas "Características del hidrógeno"

Pregunta 4: El hidrógeno puede ser almacenado en forma de: Gas comprimido No se puede almacenar Botellas abiertas Hidruros metálicos

Pregunta 5: ¿Por qué es difícil transportar el hidrógeno? Es muy pesado Huele mal Es muy voluminoso

Si se examinan las respuestas obtenidas en las cuestiones relacionadas con las propiedades del hidrógeno, la mayoría del personal (82,5%) eligió alguna de las respuestas correctamente, pero ninguno seleccionó todas las respuestas correctas. En este caso un 17,5% de los alumnos respondió incorrectamente. Muchos consideraban que el hidrógeno se puede almacenar como gas comprimido, pero una gran mayoría desconocían otras formas de almacenamiento.

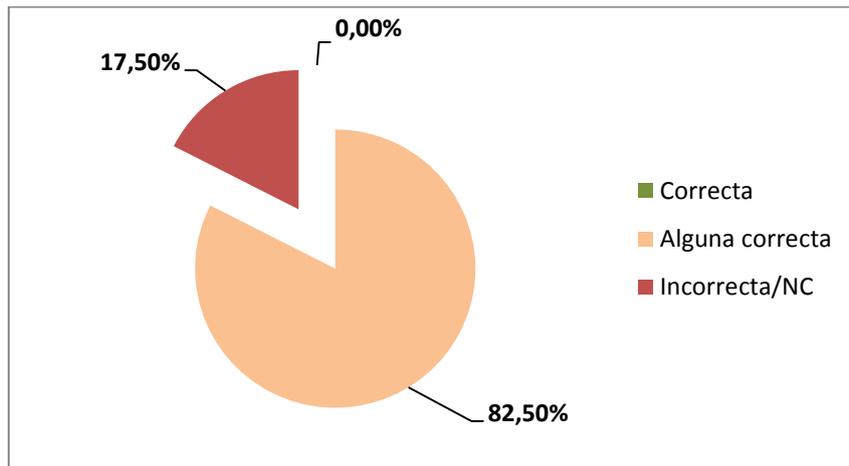
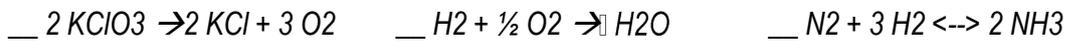


Figura 13. Respuestas obtenidas "Propiedades del hidrógeno"

La Pila de Combustible

Se señaló durante la jornada que el único residuo que generaba una pila de combustible era H₂O, además de mostrar también la reacción y el proceso de la pila de combustible. Además, se explicaron detalladamente sus componentes, de sus características principales como su modularidad, posibilidad de ser apilable, y la generación de electricidad y calor.

Pregunta 6: ¿En qué reacción se basa el funcionamiento de una pila de combustible?



En cuanto a las pilas de combustible, prácticamente la totalidad de los alumnos casi un 90% tenían claro para qué se utiliza una pila de combustible, cuáles son los elementos principales para su funcionamiento y qué elemento genera.

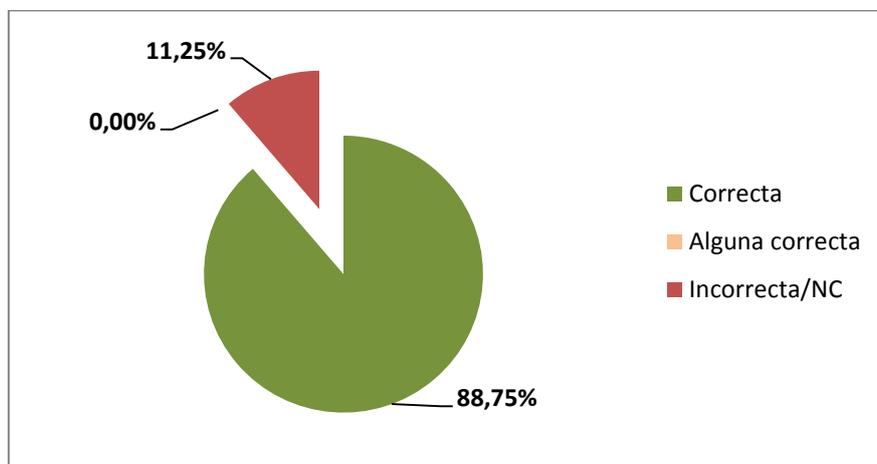


Figura 14. Respuestas obtenidas "La pila de combustible"

*Pregunta 7: Una pila de combustible posee las siguientes características: __ Genera electricidad
__ Tiene periodos de descarga __ Es modular __ Genera calor __ Silenciosa
__ Contaminante*

Sin embargo cuando se evalúan las principales propiedades de las pilas de combustible, mencionadas durante la charla, muy pocos alumnos (sólo un 10%) habían seleccionado todas las respuestas correctamente. La mayoría, alrededor del 61%, opina que es un dispositivo silencioso y piensa que genera electricidad. Sin embargo, el 29% restante contestó incorrectamente, indicando que la pila de combustible es similar a una batería o incluso, que es un dispositivo contaminante.

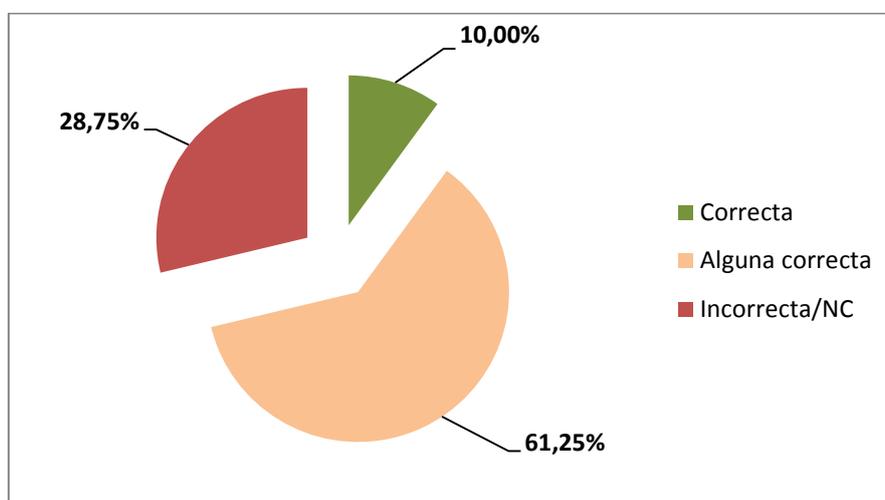


Figura 15. Respuestas obtenidas "Características de las pilas de combustible"

El vehículo de pila de combustible

Esta sección fue mayoritariamente explicada en el taller "Vehículo de hidrógeno" donde se mostraron las propiedades y funcionamiento de los vehículos de hidrógeno a través de kits didácticos adaptados a los estudiantes.

Existe un ejemplo muy visual, utilizado en muchos foros relacionados con el hidrógeno, sobre la comparativa de la combustión en las mismas circunstancias entre un coche cuyo combustible es hidrógeno y otro que utiliza gasolina. Esta comparativa fue mostrada y explicada a los alumnos. La pregunta realizada estaba ligada con la necesidad de que un vehículo con pila de combustible debe incorporar un depósito de hidrógeno para alimentar la pila de combustible y con la creencia

generalizada de que el hidrógeno explota o arde más fácilmente que la gasolina. Solamente existían dos opciones posibles de las cuales, sólo una era correcta.

Pregunta 8: ¿Cuál de los siguientes vehículos es más fácil que se pueda incendiar en caso de un vertido de combustible? __ Vehículo de Hidrógeno __ Vehículo de gasolina

Los resultados obtenidos muestran que el 75% de los alumnos tienen la convicción de que, dadas las propiedades del hidrógeno, es más fácil que se incendie un vehículo de gasolina que uno de hidrógeno en caso de vertido del combustible.

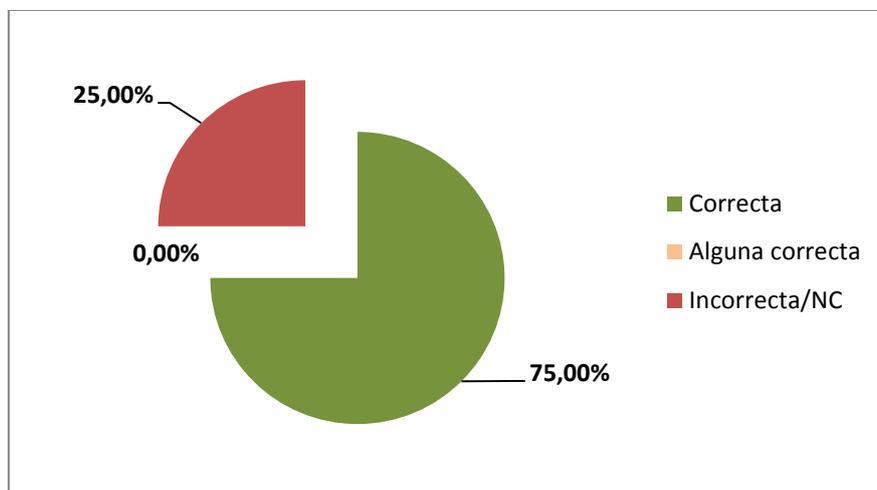


Figura 16. Respuestas obtenidas "Combustible vehículo de hidrógeno"

Por otro lado, teniendo en cuenta que uno de los talleres era un KIT demostrativo formado por un coche de hidrógeno, se ha evaluado la respuesta al funcionamiento y tipo de combustible que utilizan los coches con pila de combustible.

Pregunta 9: Comenta brevemente cómo funcionaría un coche que va equipado con una pila de combustible. ¿Qué tipo de combustible utiliza?

El resultado a esta pregunta ha sido que el 47,5% no ha contestado correctamente, lo cual no demuestra un buen resultado, ya que muchos de ellos han respondido que el combustible utilizado sería agua.

Ventajas de las tecnologías para la sociedad

Con el objetivo de poder evaluar qué interés merecían para los alumnos estas tecnologías y el grado de aceptación o rechazo que supondría implantarlas en su vida cotidiana, se les planteó una pregunta para que comentasen su consideración acerca de las ventajas que el hidrógeno podría tener para la sociedad.

Pregunta 10: ¿Consideras que el desarrollo de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible aportan ventajas en los siguientes sectores:

- *La calidad de vida en la sociedad* *SÍ* *NO* *NS/NC*
- *El desarrollo económico* *SÍ* *NO* *NS/NC*
- *La seguridad y protección de la vida humana* *SÍ* *NO* *NS/NC*
- *La conservación del medioambiente y la naturaleza* *SÍ* *NO* *NS/NC*
- *La generación de nuevos puestos de trabajo* *SÍ* *NO* *NS/NC*

Analizando las respuestas proporcionadas por los alumnos, se puede observar que en todos los puntos había una respuesta mayoritaria del SÍ, a excepción del punto "La seguridad y protección de la vida humana", en la que la respuesta SÍ era minoritaria, con un 22% respecto al NO o al NS/NC, con un 32% y 46%, respectivamente. Se consideró que la ventaja mayoritaria se cumpliría en el punto de "Conservación del medioambiente y la naturaleza" con un 97% de respuestas positivas, al haberse tratado como una tecnología limpia. También se valoró muy positivamente la posibilidad de "Generar nuevos puestos de trabajo" con un 79% de respuestas positivas.

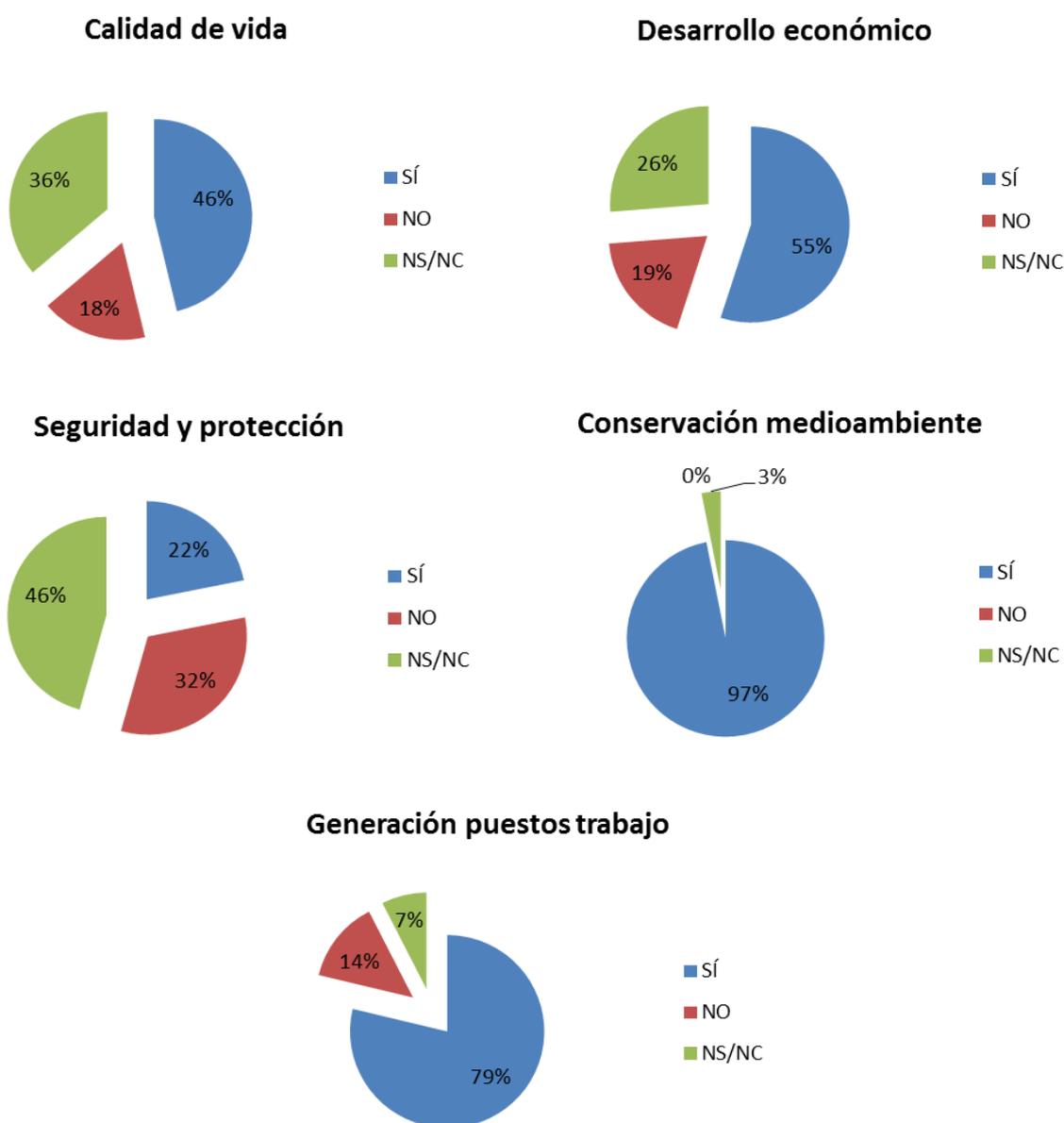


Figura 17. Respuestas obtenidas "Ventajas de las tecnologías para la sociedad"

Impacto de las jornadas

Una forma de evaluar el impacto de la jornada en los alumnos o participantes, es tener en cuenta en los cuestionarios su opinión sobre el desarrollo de la misma, de tal forma que puedan decir lo que más les ha gustado y lo que menos de toda la jornada.

Para ello, se realizó una pregunta con la posibilidad de que el alumno asistente contestase sobre aquello que más le había gustado. Atendiendo a las respuestas obtenidas, clasificándola en tres

posibles opciones, “Charla”, “Talleres” o “NS/NC”, considerando en estas respuestas las actividades de mayor impacto para los estudiantes.

De igual manera, para evaluar lo que menos había gustado al participante se realizó una pregunta con la posibilidad de que el alumno asistente contestase sobre aquello que menos le había gustado. Atendiendo a las respuestas obtenidas, se realizó una clasificación con tres posibles opciones, “Charla”, “Talleres” o “NS/NC”, considerando en estas respuestas las actividades con menor impacto para los estudiantes.

Pregunta 11: ¿Qué es lo que más te ha gustado de la jornada? ¿Y lo que menos?

Entre las respuestas obtenidas cabe destacar que mayoritariamente, la actividad que más les gustó y les llamó más la atención fue la realización de los talleres, y la que tuvo un menor impacto fue la charla.

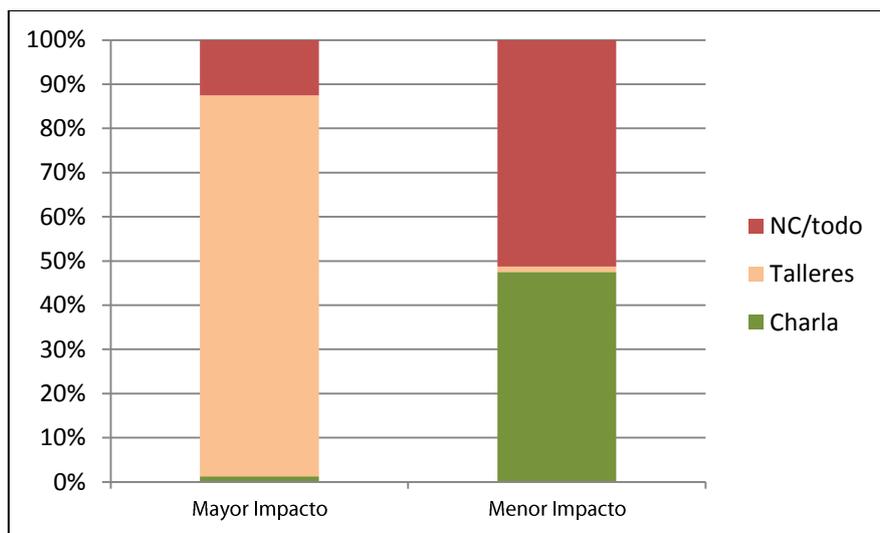


Figura 18. Respuestas obtenidas “Impacto de las jornadas”

Aceptación de las tecnologías en la vida cotidiana

Para finalizar, y teniendo en cuenta lo que habían aprendido y la percepción e idea que habían sacado tanto de la presentación como de los talleres prácticos y cuestiones que fueron surgiendo, se les planteó la posible aceptación de la implantación de las tecnologías en su vida cotidiana.

Pregunta 12: Ahora que sabes un poco más de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible, ¿estarías dispuesto a convertirte en usuario de estas tecnologías en tu vida cotidiana? ¿Por qué?

Los resultados de esta última pregunta pusieron de manifiesto que la mayoría de los alumnos estarían dispuestos a utilizar estas tecnologías en su vida cotidiana y que, por tanto, aceptarían la implantación de las mismas en la sociedad. Un 72% de los alumnos respondieron de manera positiva mientras que el 28% restante optaría por un rechazo de las mismas o estaría dudoso.

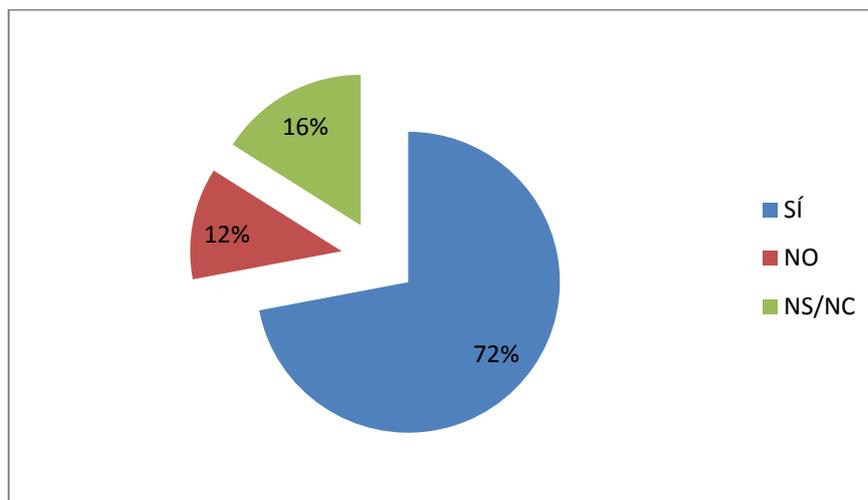


Figura 19. Respuestas obtenidas "Aceptación de las tecnologías"

A la vista de los resultados obtenidos en los cuestionarios de las jornadas realizadas se puede destacar las siguientes conclusiones:

- En cuanto a los conocimientos iniciales de los estudiantes, se muestra que muy pocos conocían o habían oído hablar antes de estas tecnologías.
- Respecto a la obtención del hidrógeno, en general se tiene la percepción de que el hidrógeno se obtiene a partir del agua. La gran mayoría de los encuestados no considera la obtención del hidrógeno por medio de hidrocarburos, cuando el 96% de la producción mundial actual se obtiene de éstos. Este hecho pone de relieve que el enfoque de las jornadas hacia su generación a partir de energías renovables y su almacenamiento, hace creer en el hecho que el hidrógeno es una energía limpia y no contaminante.

- Respecto a las características del hidrógeno, se tiene la idea de que es un gas inodoro, incoloro y muy ligero pero respecto al punto de ebullición, la respuesta seleccionada no es correcta. Además, aunque la mayoría de los encuestados señalan alguna de sus características, no existen respuestas totalmente correctas.
- En cuanto al almacenamiento del hidrógeno, la mayoría considera que puede ser almacenado como gas comprimido pero muchos de ellos desconocen las posibilidades de almacenamiento bajo otros sistemas. Esto puede ser debido a dos razones fundamentales: por un lado, el tener en la mente la idea de que el hidrógeno es un gas puede dar lugar a que sólo se pueda almacenar como un gas comprimiéndolo, sin pensar en otras alternativas simplemente por las características que tiene el hidrógeno, por otro lado, hay que tener en cuenta que el resto de sistemas de almacenamiento son técnicas bastante novedosas que están en proceso de investigación y desarrollo y son poco conocidas por los estudiantes.
- Uno de los conceptos que más claros quedaron y que demostraron que habían entendido fue el del funcionamiento de una pila de combustible y los elementos que necesita para su funcionamiento, así como el residuo que genera: agua, ya que casi la totalidad de los encuestados contestó correctamente a la pregunta sobre el funcionamiento de la pila de combustible. Las imágenes y vídeos de la presentación, así como las actividades desarrolladas en los talleres prácticos relativas a esta temática fueron lo suficientemente claros como para que los alumnos captasen el mensaje principal.
- La gran mayoría de los estudiantes señaló alguna respuesta correcta sobre las características de una pila de combustible, sin embargo, muy pocos seleccionaron todas las respuestas correctas. En este sentido llama la atención que muchos de ellos indicasen que es similar a una batería, probablemente debido a la idea de generación de electricidad orientada a equipos portátiles. Aunque muchos de ellos seleccionaron que proporcionan electricidad, que es silenciosa, modular y costosa, pero no en todos los casos se considera la generación de calor, quizá no habiéndose tratado con suficiente relevancia este punto en la parte formativa.

- En el apartado de “ventajas de las tecnologías para la sociedad”, los resultados demuestran que, mayoritariamente, las tecnologías de hidrógeno serían bien aceptadas por estos estudiantes, considerando una gran variedad de ventajas que su uso podría desencadenar en la sociedad, siendo muy positivamente destacadas categorías como la conservación del medioambiente y la generación de puestos de trabajo, y, aunque en menor medida, pero el uso del hidrógeno también se consideró como una ventaja para la mejora de la calidad de vida y para facilitar el desarrollo económico. El hecho de un resultado más negativo en el punto de “Seguridad y protección de la vida humana” puede ser debido al miedo e inseguridad que el desconocimiento de una tecnología novedosa puede generar y también, a la creencia de la posibilidad de explosión que el hidrógeno puede entrañar.
- Con respecto al impacto de las Jornadas, la mayoría de los asistentes comentaron que les había gustado más los talleres de trabajo y menos la charla. Este hecho es fácilmente explicable debido a que, por norma general siempre estamos más predispuestos a la realización de actividades prácticas en las que podamos participar y manejar algún instrumento o instalación que aquellas en las que sea mantener la atención en una o varias personas sin poder participar físicamente. En cualquier caso, el desarrollo de la charla se considera una acción primordial ya que recoge los fundamentos y conceptos básicos a poder desarrollar posteriormente en la parte de talleres prácticos.
- El punto de aceptación de las tecnologías ha dejado ver que, a pesar de no tener unos conocimientos muy amplios, los estudiantes se han quedado con los conceptos e ideas más importantes, destacando que el hidrógeno puede traer importantes ventajas a sus vidas lo que les haría convertirse en futuros usuarios de los productos que operasen con este elemento.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La implantación de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible en el mercado depende de factores tecnológicos, factores económicos, factores sociales y factores de formación.

Existen desde hace décadas diferentes políticas públicas y herramientas en el ámbito mundial, europeo, nacional y regional cuyo objetivo es el fomento de la inversión pública y privada en el desarrollo de tecnología centradas en la sostenibilidad del planeta, favoreciendo su desarrollo y facilitando la posibilidad de realizar inversiones tanto en el desarrollo de equipos, instalaciones e infraestructuras así como en la adquisición de los productos finales. Las políticas se han ido adaptando a las necesidades y problemas de la sociedad, principalmente en el sector de la energía y transporte, con objetivos principalmente relacionados con la mejora del medioambiente, en concreto la reducción de gases de efecto invernadero.

Pero el desarrollo de las tecnologías, su experimentación, puesta en mercado y uso, es un largo proceso y requieren de un largo periodo, para poder competir con tecnologías más maduras y con un menor coste para el usuario.

Se considera necesario realizar amplios programas de difusión destinados a diferente público objetivo acerca de los beneficios y utilidades de las tecnologías del hidrógeno y pila de combustible, que aseguren la introducción en el mercado de estos equipos, apareciendo nuevas empresas y favoreciendo que se genere un tejido empresarial competitivo y que satisfaga al usuario.

Por otro lado, dentro de ese público objetivo al que dirigir las acciones es preciso centrarse en los estudiantes, que como ya se ha comentado son nuestro futuro, acercando las tecnologías de una forma dinámica, justificando su investigación y desarrollo y haciéndoles partícipes de la nueva tecnología que está llegando.

La realización de estas jornadas divulgativas con diferentes grupos de estudiantes en las que se ha combinado la difusión informativa y el análisis de conocimientos y opiniones de los participantes, ha permitido identificar algunos aspectos relevantes sobre el conocimiento, la

utilidad e impacto de las jornadas y la percepción y aceptación de las tecnologías del hidrógeno. A continuación se muestran las conclusiones más significativas de este estudio:

Desconocimiento general de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible

El análisis de la información facilitada por los participantes en los cuestionarios entregados ha evidenciado el amplio y generalizado desconocimiento existente en la opinión pública sobre el hidrógeno y sus tecnologías. Las respuestas de los cuestionarios pusieron de manifiesto que la mayoría de los participantes no conocía todas las propiedades del hidrógeno y las pilas de combustible. Este desconocimiento se evidenció al evaluar las respuestas a la pregunta de si habían oído hablar con anterioridad de las tecnologías del hidrógeno a la que la mayoría respondió de forma negativa mencionando que era algo totalmente novedoso para ellos y algún otro había oído hablar del hidrógeno en televisión.

Utilidad de la información transmitida en las jornadas

La realización de estas jornadas divulgativas ha sido de gran utilidad para dar a conocer las tecnologías de hidrógeno en un sector poco conocedor de las mismas y al que es interesante empezar a formar desde jóvenes.

Aunque las respuestas relacionadas con las características del hidrógeno y pilas de combustible no fueron contestadas todas correctamente dando la idea de que no habían conseguido captar todos los términos con total claridad, sí es relevante el comprobar que, al menos, fueron capaces de entender los conceptos básicos y principales.

Entre los rasgos que con más claridad se asociaron al hidrógeno cabe destacar la percepción de las tecnologías de hidrógeno como sistema energético limpio relacionándolo con una opción energética próxima a las energías renovables. Esta consideración se puso de manifiesto en respuestas como que el hidrógeno no es tóxico, las pilas de combustible no son contaminantes o que estas tecnologías suponen una ventaja para la conservación del medioambiente y la naturaleza. También quedó suficientemente claro que las pilas de combustible son dispositivos que generan electricidad y que los dos elementos principales para su funcionamiento son hidrógeno y oxígeno.

Impacto positivo de las actividades realizadas en las jornadas

Uno de los motivos de la realización y valoración de los cuestionarios fue el de evaluar el impacto que había ocasionado el desarrollo de las jornadas tal y como estaban estructuradas, de

manera que se pudieran evaluar las impresiones, tanto positivas como negativas, de los estudiantes y poder utilizar las respuestas como críticas constructivas para poder mejorar en futuros proyectos.

Analizando las respuestas de los estudiantes y tal y como se ha comentado en el punto anterior lo que más positivamente valoraron fue la parte de los talleres prácticos en los que ellos mismos podían manejar pequeños equipos y realizar experimentos para producir hidrógeno y utilizarlo en diferentes aplicaciones, y , lo que menos les gustó fue la charla al tratarse de una actividad más formativa en la que su misión era escuchar y aprender nuevos conceptos, aunque se les dio la opción de participar, sólo unos pocos lo hicieron activamente.

En cualquier caso, se considera un impacto positivo de las jornadas en general, ya que sin la charla explicativa no hubiesen podido poner en práctica las actividades prácticas de los talleres, y sin estos, no hubieran podido afianzar los conceptos aprendidos.

Aceptación mayoritaria de las tecnologías de hidrógeno

Tras analizar las respuestas finales al cuestionario en la que se preguntaba directamente a los estudiantes si serían partidarios de utilizar las tecnologías de hidrógeno en sus vidas cotidianas, la mayoría respondió que sí, alegando principalmente que son tecnologías limpias, que no contaminan y son respetuosas con el medioambiente, además algunas respuestas reflejaban que al tratarse de tecnologías novedosas podrían generar nuevos puestos de trabajo y mejorar la economía del país.

Las respuestas negativas a esta pregunta, por parte de una minoría de los estudiantes participantes iban dirigidas, fundamentalmente, al hecho de que el hidrógeno, al tratarse de un combustible, puede suponer riesgos para la seguridad y a que son tecnologías con costes todavía elevados.

A pesar de estas respuestas negativas, muchos de ellos respondieron positivamente pudiéndose concluir que la mayoría aceptaría la implantación de las tecnologías de hidrógeno en la sociedad ya que supone un mayor número de beneficios que de inconvenientes para el consumidor final.

Recomendaciones para futuros trabajos

Existen diversos factores y estrategias que podrían influir en la aceptación pública y la implantación de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible en el mercado. Algunas de

ellas consideradas a nivel global, de manera que todos los actores implicados en el sector pongan su granito de arena para conseguir el acercamiento necesario y otras, a nivel particular, dentro del estudio que se ha abordado. A continuación se presentan algunas recomendaciones que podrían facilitar la aceptación, incluso la demanda de una alternativa al sistema energético que conocemos actualmente:

A nivel global, una de las principales necesidades para el fomento de las tecnologías de hidrógeno es la creación de más proyectos de demostración, formación y actividades de concienciación dirigidos a la sociedad que muestren las bondades de las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible. En estos proyectos deberían participar tanto entidades públicas y privadas del sector industrial como universidades y grupos de investigación de forma que, trabajando de manera conjunta puedan complementar las necesidades de unos y otros y así fomentar la necesidad del uso de estas tecnologías.

Por otro lado, para favorecer su implantación en la sociedad y particularmente en el sector transporte, sería necesario conseguir una disminución del coste de las tecnologías de pila de combustible, así como del propio combustible y, además, el desarrollo de una infraestructura para la producción, distribución y suministro de hidrógeno. Actualmente, muchos países a nivel mundial están desarrollando estrategias y programas para la creación de esa infraestructura que proporcione el combustible necesario para la circulación de los coches de pila de combustible. Además, las casas comerciales de vehículos han estado años desarrollando prototipos de vehículos impulsados por hidrógeno y ya, en este último año y en los próximos se han lanzado y lanzarán vehículos comerciales que podrán ser accesibles a cualquier usuario. Estos desarrollos y la competencia entre unas casas comerciales y otras facilitarán la bajada de los precios y que los productos sean más asequibles para el consumidor final. Gracias a los esfuerzos y desarrollos en investigación que se están llevando a cabo poco a poco se está consiguiendo un avance en estos temas. Pero será imprescindible continuar con esta labor hasta conseguir una implantación definitiva.

Igualmente importante es la creación de políticas y programas de ayuda que faciliten tanto el desarrollo y la investigación como el acceso y la inversión a estas tecnologías. Si la clase política se concientia con estas alternativas y favorece su desarrollo, la sociedad podrá dar un paso adelante y aceptar los cambios. Así, se consideran fundamentales e imprescindibles los programas de ayudas a nivel científico para el desarrollo de proyectos de investigación y

desarrollo que se centren en los avances y mejoras tanto de técnicas, materiales y procesos que llevarán a mejores resultados, así como proyectos demostrativos que hagan ver la necesidad de estos sistemas. También son necesarias las políticas de ayuda en el sector energético de cara a que los empresarios y la industria puedan realizar inversiones, tanto para la fabricación de productos finales como de infraestructuras o procesos que lleguen al mercado. Por último, también será fundamental la existencia de programas de ayudas que favorezcan al usuario final, compensando las inversiones iniciales o facilitando otro tipo de ventajas que estimulen al consumidor a apostar por estas tecnologías. Actualmente, como se ha comentado anteriormente en algunos países ya existen programas y políticas que favorecen la implantación del hidrógeno en el mercado, sin embargo, es necesario seguir caminando en este sentido para conseguir un hueco igualitario en el mercado de los sistemas energéticos.

Se señala también que aquello que es novedoso produce desconocimiento o inseguridad. Un gran inconveniente detectado a resolver entre la sociedad es el miedo que el uso del hidrógeno puede producir, debido a sus propiedades como combustible, pero al igual que ocurre con otros combustibles y tomando las medidas adecuadas tanto en las instalaciones como en su manipulación, no tienen por qué producir ese temor. Para ello hace falta llevar a cabo programas de formación y difusión por parte de los técnicos, de manera que los usuarios conozcan las propiedades del hidrógeno y cómo lo pueden manejar para evitar cualquier tipo de accidente, cuáles son sus beneficios y las ventajas que, tanto a nivel particular como a nivel general puede tener tanto para ellos como para el medioambiente.

Desde nuestro campo particular, y según las acciones planteadas en este trabajo, se ha llevado a cabo un método de formación aplicado a estudiantes de unas edades concretas, con el fin de hacerles conocedores de nuevas tecnologías y además, poder orientarles en su etapa formativa a seguir el itinerario que más llame su atención. En nuestro caso se ha planteado la formación a estudiantes, pero también se considera de especial relevancia la formación donde deben estar implicados los educadores y profesores de los estudiantes, acción recomendable y que se ha considerado su estudio para poderla desempeñar en futuros proyectos. Es muy positivo el hecho de que los estudiantes obtengan formación e información de esta área, pero es igual o más importante si cabe, el formar a sus profesores que serán quienes puedan contribuir a difundir el mensaje que se les traslade a los futuros alumnos, por tanto un reto a futuro será el de realizar actividades de formación de formadores.

En cuanto al estudio realizado y a la vista de los resultados obtenidos en las encuestas de percepción e impacto de las jornadas cabe destacar una serie de recomendaciones a seguir con el objetivo de mejorar tanto los resultados en cuanto a temas de percepción de las tecnologías e incidir en aquellos puntos más débiles o en los que muestran un mayor desconocimiento, como del impacto de las actividades realizadas:

Debería realizarse un mayor hincapié en el hecho de que el hidrógeno puede obtenerse a partir de diferentes recursos, no solamente del agua. La idea transmitida de que la forma más limpia de obtener hidrógeno es a partir del agua y de fuentes renovables hace creer que sólo existe esta forma de obtención del hidrógeno, sin embargo habrá que insistir en las diferentes formas de producción existentes y que cada una de ellas se destina a un uso distinto del hidrógeno. Habrá que mostrar de una manera más clara la diferencia entre la obtención desde diferentes recursos y los beneficios que conlleva su obtención por parte del agua y su combinación con las energías renovables pero siempre dejando claro que no es la única forma de obtener este elemento.

También es importante definir mejor las propiedades y aplicaciones tanto del hidrógeno como de las pilas de combustible, concretando aquellas que sean más destacables, profundizando en la generación y aprovechamiento tanto de electricidad como de calor de las pilas de combustible y comentando la capacidad de adaptabilidad que tienen a las necesidades del usuario.

Habría que destacar el hecho de que el hidrógeno, al igual que cualquier combustible, necesita una fuente de ignición para que “arda”. Es necesario transmitir un mayor conocimiento sobre este gas, y demostrar que al igual que muchos otros, tiene sus ventajas e inconvenientes y tomando las medidas de manipulación correctas, como ocurre con otros gases, es un gas seguro.

Para profundizar en estos puntos que se mostraron más débiles en las respuestas del cuestionario, se planteó como actividad futura el desarrollo de una aplicación informática que incidiese en estos puntos a través de juegos, vídeos y animaciones más cercanos al público objetivo. Actualmente esta actividad se está desarrollando y en los próximos meses se podrán tener nuevos resultados.

10. REFLEXIÓN CRÍTICA

El mundo científico abarca un área muy amplia de materias y tecnologías que, en muchos casos y debido a diversos motivos o intereses, no suelen tener la repercusión mediática esperada y por tanto no son suficientemente conocidas por la ciudadanía.

Éste es el caso en el que se encuentra el campo del hidrógeno y las pilas de combustible en el que, hasta hace muy poco tiempo, pocos países apostaban por él. Sin embargo, alguno de ellos con la colaboración de los sectores político, científico e industrial están comenzando a lanzar y promover estas tecnologías haciendo a la sociedad partícipe de las mismas.

Además de la implicación por parte, tanto de la industria como por parte de las administraciones que contribuyan con acciones de apoyo y fomento, como se ha comentado anteriormente, desde el punto de vista del caso que nos ocupa, se considera fundamental la aportación de centros de investigación y desarrollo de tecnología, como es el CNH2, no sólo para ayudar en la mejora de productos y aplicaciones con el fin de introducirlos en el mercado sino también, para dar a conocer las tecnologías y los proyectos que se desarrollan, sus resultados y alcance logrado con el objetivo de ir concienciando a la sociedad. Si la sociedad no sabe reconocer las ventajas del producto y sólo le produce desconocimiento y no aceptación, el producto desaparecerá y con él la tecnología y su valor añadido. Se hace por tanto necesaria la difusión de sus características, ventajas y desventajas de forma que éstas últimas se minimicen y/o se controlen. Sin la posibilidad de este hecho, poco duraría el producto en el mercado y, por tanto, el desarrollo del mismo, llegando a desaparecer producto, empresa y, en un futuro, el sector al que nos referimos.

Por este motivo, la realización de jornadas de divulgación científica y otras actividades que supongan un acercamiento de las tecnologías a la sociedad y en especialmente a los jóvenes, son consideradas necesarias por diferentes motivos: en primer lugar, se muestran los problemas y dificultades a las que el mundo se enfrenta a día de hoy; en segundo lugar, se proyectan nuevas alternativas y retos a los sistemas de generación energético existentes; además, se plantean soluciones que mejoren la problemática y reduzcan la emisión de gases de efecto invernadero; y, por último, también se muestran los esfuerzos que investigadores, tecnólogos, gobiernos y administraciones llevan realizando desde hace varias décadas para resolver los problemas planteados, no solamente esfuerzos en cuanto a recursos e infraestructuras, sino también el tiempo que es necesario para la implantación de la denominada "Economía del Hidrógeno".

Como ya se ha comentado, los estudiantes de hoy son considerados los investigadores y técnicos del mañana, serán los que realicen investigaciones y desarrollos y continúen y mejoren las existentes, optimicen los equipos, gestionen e impulsen las tecnologías del hidrógeno. Por eso se considera necesario estimular su formación y su conocimiento. Deben ser conscientes que cualquier tecnología tiene un largo recorrido que comienza en centros de investigación y finaliza en el mercado.

El desarrollo de las jornadas divulgativas “El hidrógeno y la energía” y “El hidrógeno te mueve” dirigidas a estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria, ha tenido sus aspectos positivos y otros que no lo han sido tanto. El estudio llevado a cabo a partir de los resultados de las encuestas, así como de las impresiones mostradas por los comentarios y actuaciones de los estudiantes ha permitido realizar un análisis para evaluar los puntos fuertes y débiles que ha presentado el desarrollo de estas jornadas, considerando los puntos fuertes como apoyos para continuar trabajando con ellos y los débiles para tomarlos como críticas que ayuden a resolver las deficiencias encontradas, planteando mejoras para proyectos futuros.

Respecto a las fortalezas encontradas cabe destacar:

- Se ha conseguido el acercamiento de la ciencia y la innovación de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible mediante kits didácticos, experimentos y aplicaciones reales y demostradores prácticos que han permitido la interacción de los participantes con las tecnologías.
- Se han explicado y demostrado las ventajas y necesidades de estas tecnologías con ejemplos de la vida cotidiana.
- Se ha despertado la curiosidad y el interés por la ciencia y tecnologías del hidrógeno entre los jóvenes estudiantes de educación secundaria mediante el desarrollo de talleres prácticos donde han comenzado a valorar la necesidad de la I+D tanto en su vida cotidiana (ventajas del uso de las energías renovables, funcionamiento de un coche de pila de combustible o un Scalextric alimentados con pila de combustible) como en su vida profesional (producción de hidrógeno a partir de agua por electrolisis, sistemas de almacenamiento de hidrógeno, aplicaciones de las pilas de combustible).
- Tras el desarrollo de estas jornadas, los comentarios de algunos alumnos han hecho ver que se ha fomentado la vocación científica de alguno de ellos, en una edad en la que

empiezan a plantear su futuro, captando su atención y su interés por querer aprender más de estas tecnologías novedosas.

- Por último, se ha obtenido un resultado muy positivo en los cuestionarios al haber conseguido una aceptación de las tecnologías de hidrógeno por parte de más del 70% de los participantes.

En cuanto a los puntos débiles a tener en cuenta y las posibles actuaciones a futuro para mejorarlos se pueden indicar:

- Este estudio sólo se ha llevado a cabo con estudiantes de 3º y 4º de ESO de la localidad de Puertollano. Para futuros proyectos sería recomendable ampliar el campo de estudio a grupos de otras edades, tanto más pequeños para que, en el momento en que empiecen a conocer las diferentes fuentes de energía existentes, conozcan también otras alternativas que podrían ser útiles, y para alumnos mayores, con el fin de introducirles en el mundo de la investigación científica y plantearles la posibilidad de dedicar su labor de manera profesional a este sector. También es importante ampliar la participación de estudiantes de otras localidades para poder llegar a más lugares y conocer las impresiones de otros alumnos que puedan estar más o menos relacionados con estas tecnologías.
- Los conocimientos previos que poseían los estudiantes han mostrado la necesidad de hacer también difusión y divulgación de estas tecnologías a sus profesores, a aquellos que les forman, ya que si estos poseen los conocimientos suficientes podrán transmitirlos a sus alumnos y favorecer el acercamiento. Para ello, se ha planteado el desarrollo de actividades formativas a profesores de centros educativos tanto de Educación Primaria como de Educación Secundaria.
- En muchas de las preguntas planteadas, no todas las respuestas que han dado los alumnos han sido correctas, quizá por la falta de claridad en las explicaciones o por el tipo de actividades planteadas. Además, una de las actividades que menor impacto tuvo fue la realización de la charla. Por esta razón, se ha contemplado una actualización de los contenidos para futuras jornadas mediante el desarrollo de aplicaciones interactivas en las que aprendan a través de animaciones, vídeos y juegos basados en el método de ensayo y error y la presentación no se limite a un monólogo por parte del personal técnico o divulgador.

Este estudio ha resultado tan interesante que, además de a estudiantes de otras edades y localidades, también se ha planteado la organización de actividades de divulgación dirigidas a diferente público objetivo en función de sus conocimientos y cercanía con las tecnologías, como pueden ser ciudadanos de a pie (asociaciones de vecinos, culturales o deportivas), escuelas de adultos, empresarios o políticos.

Para finalizar, quisiera comentar que el desarrollo tanto de las jornadas divulgativas que han sido explicadas en este trabajo como del estudio de percepción y aceptación de las tecnologías de hidrógeno con estudiantes de Educación Secundaria ha sido posible gracias al desarrollo del proyecto DivulgaH2 con número de expediente FCT-13-6638, financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) – Ministerio de Economía y Competitividad en la convocatoria de ayudas para el Programa de Cultura Científica y de la Innovación 2013, y dentro de este proyecto gracias a la importante labor de divulgación científica llevada a cabo por el personal que forma parte de la Unidad de Cultura Científica y de la Innovación del CNH2.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Nacional de Ingenieros de ICAI & Universidad Pontificia de Comillas. Madrid. Hidrógeno y pilas de combustible. (2010) ISBN: 978-84-9359050-6-7.
2. García-Conde, A.G. Hidrógeno: Futuro y Actualidad. Salón Vehículos y Combustibles alternativos. Valladolid, Octubre 2012.
3. Comisión Europea. Clean Power for Transport: A European alternative fuels strategy. COM(2013)17.
4. Montes, M. Boletín de noticias Centro Nacional del Hidrógeno. Diciembre, 2012.
5. International Energy Agency (IEA) Hydrogen Implementing Agreement (HIA). www.leahia.org
6. U.S. Department of Energy. Hydrogen Fuel Initiative. https://www.hydrogen.energy.gov/h2_fuel_initiative.html
7. IEA HIA. End-of-Term 2004-2009 and Strategic Plan 2009-2014. Part II. Marzo, 2009.
8. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. <http://energy.gov/eere/fuelcells/h2usa>
9. Kohjiro, H. Research and Development of Fuel Cells Vehicle and Hydrogen in Japan. 2011.
10. Parlamento Europeo. Economía Verde. Declaración del Parlamento Europeo sobre el establecimiento de una economía verde basada en el hidrógeno y una tercera revolución

- industrial en Europa, mediante la asociación de las regiones, las ciudades, las PYME y las organizaciones. Diario Oficial de la Unión Europea, 2007. P6_TA(2007)0197.
11. Comisión Europea. Estrategia europea sobre vehículos limpios y energéticamente eficientes. COM(2010)186 final.
 12. Comisión Europea. Communication from the Commission Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. COM(2010)2020.
 13. Comisión Europea. Libro Blanco: Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible. COM (2011)144 final.
 14. Parlamento Europeo. Directiva para el despliegue de una infraestructura de combustibles alternativos. Directiva 2014/94/EU.
 15. Comisión Europea. Propuesta de Reglamento del Consejo relativo a la empresa común pilas de combustible e Hidrógeno 2. COM (2013)506 final.
 16. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Estrategia de Impulso del Vehículo con Energías Alternativas (VEA) en España (2014-2020). 2015.
 17. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Plan de Impulso a la Movilidad con Vehículos de Energías Alternativas (MOVEA). RD 1078/2015.
 18. Germán, S., Navajas, J. Percepción y Aceptación Pública de las Tecnologías del Hidrógeno. Un Estudio Exploratorio. Editorial CIEMAT, 2011. ISSN: 1135-9420.
 19. Simon, A., Wüstenhagen, R., 2006. Factors influencing the acceptance of wind energy in Switzerland, poster presented at the workshop "Social acceptance of renewable energy innovation", 2006.
 20. Bell, D., Gray, T., Haggett, C. The 'Social Gap' in wind farm siting decisions: explanations and policy responses. *Environmental Politics*, 14 (2005), pp. 460–477.
 21. Wüstenhagen, R., Wolsink, M., Bürer, M.J. Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. 2006.
 22. Wolsink, M. Planning of renewables schemes. Deliberative and fair decision-making on landscape issues instead of reproachful accusations of non-cooperation. *Energy Policy* 35 (5), in press. doi:10.1016/j.enpol.2006.12.002.
 23. Rogers, E.M. *Diffusion of Innovations*, fourth ed. 1995. The Free Press, New York.
 24. Silverman, D. *Interpreting qualitative data: Methods for analyzing talk, text and interaction*. SAGE Publications, 2006. ISBN: 10-1-4129-2244-5.
 25. Flynn, R., Bellaby, P. *Risk and the public acceptance of new technologies*. Palgrave Macmillan, 2007. ISBN: 978-0-230-59128-8.

12. ANEXOS

ANEXO I. Cuestionarios de percepción social de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible.



Cuestionario Jornada Divulgativa “El Hidrógeno y la Energía”

Nombre: _____ Edad: _____ Fecha: _____

Centro: _____ Curso: _____

1. ¿Habías oído hablar antes sobre el hidrógeno o las pilas de combustible? Sí No
¿Dónde?

2. El hidrógeno puede ser obtenido a partir de:

Agua Aluminio Biomasa Combustibles fósiles Piedra

3. El hidrógeno posee las siguientes características:

Color azul Tóxico No huele Pesado

4. El hidrógeno puede ser almacenado en forma de:

Gas comprimido No se puede almacenar Botellas abiertas Hidruros Metálicos

5. ¿Por qué es difícil almacenar el hidrógeno?

Es muy pesado Huele mal Es muy voluminoso

6. ¿En qué reacción se basa el funcionamiento de una pila de combustible?

$2 \text{KClO}_3 \rightarrow 2 \text{KCl} + 3 \text{O}_2$ $\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \leftrightarrow 2 \text{NH}_3$

7. Una pila de combustible posee las siguientes características:

Tiene períodos de descarga Genera calor Es modular
 Genera electricidad Silenciosa Contaminante

8. ¿Cuál de los siguientes vehículos es más fácil que se pueda incendiar en caso de un vertido de combustible?:

__ Vehículo de Hidrógeno

__ Vehículo de gasolina

9. Comenta brevemente cómo funcionaría un coche que va equipado con una pila de combustible. ¿Qué tipo de combustible utiliza?

10. ¿Consideras que el desarrollo de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible aportan ventajas en los siguientes sectores:

- La calidad de vida en la sociedad __ SÍ __ NO __ NS/NC
- El desarrollo económico __ SÍ __ NO __ NS/NC
- La seguridad y protección de la vida humana __ SÍ __ NO __ NS/NC
- La conservación del medioambiente y la naturaleza __ SÍ __ NO __ NS/NC
- La generación de nuevos puestos de trabajo __ SÍ __ NO __ NS/NC

11. ¿Qué es lo que más te ha gustado de la jornada? ¿Y lo que menos?

11. Ahora que sabes un poco más de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible, ¿estarías dispuesto a convertirte en usuario de estas tecnologías en tu vida cotidiana? ¿Por qué?

