

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

6.- MERCADO DEL HIDRÓGENO.

6.1.- Mercado Mundial.

Según los datos de Cryogas Internacional que publica el Hydrogen Analysis Resource Center, la producción mundial de hidrógeno en 2007 ascendió a 12 billones de pies cúbicos Standard.

Antes de traducir este dato a unidades que nos resulten más familiares, comentar 1,7 billones componen lo que denominan “producción mercantil de hidrógeno”, esto es, hidrógeno producido por una compañía y vendido para el consumo de otra compañía distinta. En otras palabras, cerca del 90% de la producción mundial de hidrógeno está destinada al consumo interno de la propia compañía que lo obtiene.

Cerca de la mitad de la producción se emplea para obtener amoníaco para fertilizantes. La otra mitad se usa, casi en su totalidad, en el refinado del petróleo (hydrocracking) para partir las largas cadenas de hidrocarburos en fracciones más ligeras y así obtener los codiciados combustibles líquidos que se usan en automoción. Queda claro, pues, el origen y el destino de gran parte de ese 90% de producción “cautiva”.

Desde la Comisión Europea se considera que las tecnologías del hidrógeno no sólo van a reducir las emisiones y la dependencia energética sino que, a largo plazo, además, van a favorecer la consecución de un desarrollo sostenible y permitirán cambiar profundamente el modelo socioeconómico y crear nuevas oportunidades para los países en desarrollo.

Se estima que el mercado de las pilas de combustible va a registrar en los próximos 10 años un índice de crecimiento anual de entre el 40% y el 60% en el transporte. En las directrices de la Unión Europea, se establece para el año 2015 que el 2% de los vehículos que circulen por territorio comunitario lo haga con hidrógeno, con lo que el mercado europeo de vehículos dotados de pila de combustible puede situarse en los 16.300 millones € antes del año 2020, y en 52.000 millones de € para 2040.

Entre las iniciativas fomentadas desde la Comisión Europea cabe destacar la constitución, en el año 2004, de la Plataforma Tecnológica de la Unión Europea en Hidrógeno y Pilas de Combustible, con objeto de acelerar el desarrollo y explotación de las tecnologías relacionadas con el hidrógeno en Europa, además de asistir en la coordinación eficiente de la investigación, la ejecución de los programas e iniciativas a nivel europeo, nacional, regional y local, así como participar activamente en los mayores agentes interesados.

En el ámbito nacional, cabe destacar la creación en el año 2005 de la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible con el apoyo del Ministerio de Educación y Ciencia y de la Asociación Española

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

del Hidrógeno. Su objetivo es facilitar y acelerar el desarrollo y la utilización en España de sistemas basados en pilas de combustible e hidrógeno en sus diferentes tecnologías. La Plataforma constituye, por tanto, un medio para la coordinación de esfuerzos, organizado en distintos grupos de trabajo: estrategia y planificación, análisis de capacidades, formación y percepción social, etc.

A pesar de los esfuerzos realizados desde la Unión Europea, actualmente Estados Unidos y Japón son los líderes mundiales en la investigación sobre pilas de combustibles. En Estados Unidos, esta actividad responde en gran medida al desarrollo de aplicaciones militares y aeroespaciales.

El Gobierno estadounidense financia el desarrollo de las pilas de combustible mediante Programas como el “Freedom Car aportando 150 millones de €/año o el Programa SECA “Solid State Energy Conversión Alliance” con una asignación de 25 – 30 millones €.

Japón, por su parte, subvenciona el desarrollo de la tecnología del hidrógeno y las pilas de combustible a través de un Programa de 28 años que dispone de un presupuesto de 2.400 millones €. La estrategia del Programa Japonés se enfoca en la comercialización de las pilas de combustible, de los vehículos con pila de combustible y el desarrollo de una infraestructura de hidrógeno. El programa establece un objetivo a alcanzar de 50.000 vehículos de pilas de combustible y 2.100 MW instalados en pilas de combustible estacionarias para el año 2010 y de 5 millones de vehículos y 10.000 MW instalados en pilas de combustible estacionarias para el 2020.

6.2.- Aplicaciones en el sector servicios.

Existen fundamentalmente dos aplicaciones estacionarias para el uso final del hidrógeno; las pilas de combustible y la combustión convencional. Las tecnologías de las pilas de combustible incluyen PEMFC, PAFC, MCFC, SOFC y AFC. Las turbinas de combustión y los motores de combustión interna (ICE) son dos tecnologías convencionales que pueden ser modificadas para utilizar hidrógeno. En esta sección discutiremos las características técnicas y económicas de cada una de estas tecnologías. Describiremos aplicaciones de utilidades a gran escala, así como aplicaciones distribuidas más pequeñas (Ej., edificios o residencias).

Las aplicaciones estacionarias distribuidas utilizan pilas de combustible de pequeña escala o ICEs para suministrar electricidad y/o calor a edificios comerciales, tales como hospitales o residencias, que se encuentran in situ. Estos estudios se han centrado en sistemas de pilas de combustible tipo PEM, aunque los sistemas tipo PAFC también son una posibilidad. Otro tipo de pilas de combustible son menos adecuadas para este tipo de aplicaciones por su limitada habilidad para el seguimiento de la carga. Por ejemplo, los sistemas SOFC y MCFC necesitan entre 1 y 3 días para arrancar.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

A la espera de que desarrollen los sistemas de motores de combustión interna y las turbinas de gas adecuadas para el uso del hidrógeno, la mejor alternativa para el uso del hidrógeno son las pilas de combustible. Actualmente las pilas más desarrolladas y que alcanzan unos precios más competitivos son las pilas PEM. Sin embargo las que despiertan mejores expectativas para el futuro son las MCFC y las AFC.

6.3.- Mercado potencial de consumo en nuestra área de acción.

En el programa sobre Producción y Utilización de Hidrógeno de la Agencia Internacional de la Energía, se ofrece una visión de los aspectos principales que pueden tener lugar en una posible evolución hacia un sistema energético en el que el hidrógeno ocupe un papel de relevancia. La transición se presenta en términos de corto, medio y largo plazo, entiendo que estos periodos se extienden por décadas, hasta un horizonte que puede situarse en torno al 2050.

Corto Plazo

A corto plazo se proponen un par de posibilidades para expandir el uso del hidrógeno en el sector transportes:

- Aproximación se orienta al establecimiento de estaciones de llenado con producción de hidrógeno in situ, de manera que se pueda almacenar el hidrógeno a bordo de los vehículos que operarían con pilas de combustible.
- Utilizar el hidrógeno para transporte mezclándolo con el gas natural y utilizándolo en motores de combustión interna para mejorar las actuaciones del motor y reducir las emisiones.

En la misma línea, pero en aplicaciones estacionarias en el sector residencial y servicios, estaría el añadir una cierta cantidad de hidrógeno a la red de gas natural. En ambos casos, se considera importante como actuación a corto plazo, iniciar el establecimiento de sistemas distribuidos de producción de hidrógeno.

Probablemente el sector de la electrónica portátil (telefonía móvil, PCs, PDAs, etc.) sea el primero que introduzca productos en el mercado basados en el uso de combustibles alimentadas con hidrógeno. Este sector es menos exigente en precios que los sectores transporte o generación estacionaria y se ve sometido a unos requerimientos cada vez más exigentes en disponibilidad de energía y tiempo de recarga, que ni siquiera las baterías avanzadas parecen ser capaces de cubrir.

La producción de hidrógeno en este corto plazo podría realizarse por electrólisis con energías renovables en aquellas regiones que dispongan de excedentes en generación de electricidad renovable (hidroeléctrica, eólica,

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

etc.). Sin embargo, durante esta fase el hidrógeno se produciría fundamentalmente a partir de combustibles fósiles, aunque para limitar las emisiones será necesario desarrollar sistemas de captura y confinamiento del CO₂ asociados con la producción del hidrógeno.

Medio Plazo

A medio plazo la reestructuración del sector eléctrico y la electrificación en las regiones en vías de desarrollo ofrecerán oportunidades para el establecimiento de sistemas de generación distribuidos en los que las pilas de combustible, alimentadas por hidrógeno, podrán suministrar electricidad y calor in situ.

Así mismo, dados los planes que publican las principales firmas automovilísticas, existirá un número creciente de vehículos de emisión nula circulando por nuestras ciudades. En estas aplicaciones, además de la reducción del coste del propio vehículo, hay que indicar que el desarrollo de la tecnología del almacenamiento de hidrógeno a bordo, será un factor clave para el establecimiento de los vehículos de emisión nula en el mercado.

Durante esta fase es esperable que aumente la producción de hidrógeno a partir de carbón y de biomasa siguiendo procesos avanzados de pirolisis y gasificación.

Largo Plazo

A largo plazo, con un mercado y una infraestructura del hidrógeno creciente, se presentarán oportunidades para los sistemas de hidrógeno renovable. Las fuentes de energía renovable con carácter intermitente (solar, eólica,...) alimentarán electrolizadores para producir hidrógeno y almacenar la energía que, posteriormente, las pilas de combustible utilizarán para producir electricidad durante los periodos de alta demanda, en un concepto de actuación similar al de las actuales centrales de bombeo.

En esta etapa se espera que crezcan los sistemas de producción de hidrógeno directamente desde agua y energía solar (producción foto-electroquímica y foto-biológica).

Finalmente, hay que indicar que la producción de hidrógeno por ciclos termoquímicos con energía solar de alta temperatura, es un campo de actuación que presenta grandes expectativas pero que requiere de un apoyo oficial decidido en inversiones en I+D.

Así mismo, en cuanto la implantación de sistemas de producción de hidrógeno a partir de agua, utilizando energía térmica procedente de reactores nucleares, depende fundamentalmente de decisiones políticas relacionadas tanto con el cumplimiento del protocolo de Kyoto, como con el aseguramiento del suministro energético.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

6.4.- Usos del Hidrógeno.

El hidrógeno es una molécula muy importante que tiene multitud de usos y aplicaciones en distintos sectores como en la industria metalúrgica, química, etc.

6.4.1.- Usos Industriales del Hidrógeno.

Hidrógeno en la Industria Metalúrgica

En la industria siderúrgica, el mineral de hierro puede ser reducido empleando coque o un gas que contenga hidrógeno, monóxido de carbono, o mezclas de éstos. Este gas reductor puede obtenerse mediante reformado con vapor de agua u oxidación parcial de combustibles fósiles.

Además en la industria metalúrgica, el hidrógeno se emplea como agente reductor y en procesos de producción de otros metales no-férricos (como por ejemplo cobre, níquel, cobalto, molibdeno, uranio, etc)

Hidrógeno en la Industria Química

El hidrógeno es un compuesto de gran interés para la industria química, participando en reacciones de adición en procesos de hidrogenación o como agente reductor en procesos de reducción. A continuación se citan algunos de los procesos más importantes en los que participa:

- Síntesis de amoníaco: el amoníaco se obtiene por la reacción catalítica entre nitrógeno e hidrógeno.
- Procesos de refinería: los procesos de hidrogenación en refinería tienen como objetivo principal la obtención de fracciones ligeras de crudo a partir de fracciones pesadas, aumentando su contenido en hidrógeno y disminuyendo su peso molecular. De forma simultánea pueden eliminarse elementos indeseados como azufre, nitrógeno y metales.
- Tratamiento de carbón: mediante el tratamiento de carbón en presencia de hidrógeno en diferentes condiciones de presión, temperatura, pueden obtenerse productos líquidos y/o gaseosos mediante diferentes procesos (hidrogenación y gasificación hidrogenante).
- Gas de Síntesis: la producción de hidrógeno a partir de hidrocarburos conduce a una mezcla de gases formada principalmente por hidrógeno y monóxido de carbono. Esta mezcla de gases se denomina "Gas de Síntesis" debido a su empleo en procesos de síntesis de productos químicos especiales, como por ejemplo la síntesis de metanol, hidroformilación de olefinas y síntesis de metano y etileno, entre otras.
- Síntesis orgánica: en química orgánica el hidrógeno participa en un gran número de procesos de hidrogenación o reducción para la obtención de productos químicos e intermedios.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
---	---	---

- Síntesis inorgánica: el hidrógeno es imprescindible en procesos de importancia comercial como por ejemplo la producción de ácido clorhídrico, peróxido de hidrógeno, etc.

Otros Usos

Aparte de los usos antes mencionados, cabe destacar los siguientes:

- Combustible aeroespacial: además de servir como suministro de energía para los ordenadores y sistemas de soporte en el espacio, obteniendo agua como subproducto.
- Llamas de alta temperatura: la combustión de una mezcla estequiométrica de hidrógeno y oxígeno conduce a temperaturas de llama comprendidas entre los 3.000 K y 3.500 K, las cuales pueden ser usadas para corte y soldadura en la industria del metal, crecimiento de cristales sintéticos, producción de cuarzo, etc.
- Plasma de hidrógeno: el elevado contenido calorífico de un plasma de hidrógeno puede ser utilizado en algunos procesos de producción.
- Procesamiento de metales: es habitual añadir diferentes proporciones de hidrógeno a las corrientes gaseosas empleadas en diferentes procesos de corte y soldadura, tratamientos superficiales (atomización) y tratamientos en atmósferas especiales (templado, sinterización, fusión, flotación de vidrio, etc.)
- Producción de semiconductores: para producir semiconductores dopados se depositan en una matriz de silicio cantidades traza de elementos (Si, As, Ge, etc.), en forma de hidruros, mezclados con una corriente de hidrógeno de elevada pureza.
- Tratamiento de agua: los contenidos demasiado elevados de nitratos en aguas potables pueden ser reducidos por desnitrificación en biorreactores, en los que las bacterias emplean el hidrógeno como fuente de energía.
- Otros usos: el hidrógeno se emplea también para aumentar la temperatura de transición de aleaciones superconductoras, así como gas portador y combustible en cromatografía gaseosa. El hidrógeno líquido se usa como refrigerante, por ejemplo para enfriar metales superconductores a temperaturas inferiores a las de transición.

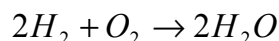
6.4.2.- Usos Energéticos del Hidrógeno.

El hidrógeno puede quemarse directamente para la generación de electricidad mediante turbinas de gas y ciclos combinados o directamente como combustible de motores. Las principales ventajas de este compuesto se centran en las elevadas eficacias que pueden alcanzarse y en que el único producto de su combustión es vapor de agua, estando exento de NO_x, si se controla la temperatura para inhibir la reacción entre el nitrógeno y el oxígeno atmosféricos, y de CO₂, evitando la contribución al calentamiento global.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

Combustión directa

La combustión del hidrógeno con oxígeno puro conduce a la formación de vapor de agua puro:



El principal inconveniente de esta reacción es la alta temperatura desarrollada en la zona de la llama, superior a 3.000°C, lo que acarrea problemas con los materiales de los equipos y por la generación de NOx. Para solventarlos puede recurrirse a la inyección de agua adicional, lo que permite ajustar la temperatura del vapor al vapor deseado, pudiendo obtenerse vapor saturado o sobrecalentado.

Otra alternativa es recurrir al empleo de catalizadores basados en platino (combustión catalítica), consiguiendo que la reacción tenga lugar a menores temperaturas, desde ambiente hasta 500°C.

Los gases de combustión producidos pueden llevarse directamente a una turbina de gas o a un ciclo combinado de turbina de vapor/turbina de gas para la generación de electricidad.

Combustible de Motores

Una de las aplicaciones tradicionales del hidrógeno ha sido como combustible de cohetes y transbordadores espaciales. Los programas espaciales son los mayores consumidores de hidrógeno líquido, habiendo adquirido gran experiencia en su manejo que puede ser la base de futuros desarrollos en otros campos.

Las investigaciones actuales se están centrado tanto en motores de combustión externa (motores Stirling) o interna para vehículos de transporte terrestre, aéreo y marítimo.

Según describe la American Stirling Company (ASC), en los motores Stirling, el hidrógeno se utiliza como el gas de trabajo que se mueve de la parte fría a la caliente del cilindro sellado.

El uso de hidrógeno en motores de combustión interna es un campo que está recibiendo cada vez más interés. El hidrógeno es un excedente combustible, haciendo que los motores basados en este gas sean un 20% más eficaz que los que emplean gasolina. Esta clara diferencia se debe a las características del hidrógeno:

- Su alta temperatura de auto-ignición permite mayores relaciones de compresión en los pistones, proporcionando mayores eficacias térmicas.
- Su elevada difusividad facilita la formación de mezcla combustible-aire mucho más homogéneas que con cualquier otro combustible.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
---	---	---

- Su amplio intervalo de inflamabilidad (4%-75%) hace que sea capaz de arder en mezclas pobres. Con ello se consigue una mayor facilidad de arranque (también relacionada con su baja energía de ignición), que la combustión sea más completa y una mejor economía del combustible. Además, la temperatura final de combustión es menor, minimizando la formación de óxidos de nitrógeno.

El principal inconveniente del hidrógeno es su baja densidad energética volumétrica (energía/volumen) que lleva a la necesidad de grandes tanques de almacenamiento y a que la mezcla estequiométrica aire/combustible en los cilindros del motor tenga un menor contenido energético, produciéndose una pérdida de potencia. Este factor también limita el contenido en hidrógeno en dicha mezcla, no permitiendo que ésta sea demasiado pobre. El uso de técnicas avanzadas de inyección del combustible o de hidrógeno líquido podría ser una mejora para estos problemas.

6.4.3.- Usos del Hidrógeno en función de su pureza.

Los distintos tipos de hidrógeno que se comercializan están determinados por la pureza del mismo y por el estado en que se encuentra el hidrógeno, es decir líquido o gaseoso.

Por tanto en función de los dos parámetros anteriores se le designará con una letra determinada, como en la siguiente tabla para el caso del hidrógeno gaseoso:

	HIDRÓGENO EN ESTADO GASEOSO			
Tipo de Hidrógeno	B	D	F	L
Pureza Mínima (%)	99,95	99,99	99,995	99,999

Figura 35: Clasificación del Hidrógeno Gaseoso en función de su pureza. Fuente: Compressed Gas Association.

Las aplicaciones que tienen los distintos tipos de hidrógeno gaseoso en función de su pureza son los siguientes:

Tipo de Hidrógeno	Principales Usos
B	Aplicaciones Industriales en General.
D	Combustibles, Hidrogeneración y aplicaciones en la química del agua.
F	Instrumentación analítica y aplicaciones de propulsión.
L	Semiconductores, analizadores, y aplicaciones especiales.

Figura 36: Usos del Hidrógeno Gaseoso en función de su pureza. Fuente: Compressed Gas Association.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
---	---	---

A continuación se muestra la tabla donde se presentan los distintos tipos de hidrógeno en función de la pureza del mismo.

	HIDRÓGENO EN ESTADO LÍQUIDO		
Tipo Hidrógeno	A	C	B
Pureza Mínima (%)	99,995	99,999	99,9997

Figura 37: Clasificación del Hidrógeno Líquido en función de su pureza. Fuente: Compressed Gas Association.

Las aplicaciones que tienen los distintos tipos de hidrógeno líquido en función de su pureza son los siguientes:

Tipo de Hidrógeno	Principales Usos
A	Industrial estándar, combustible y aplicaciones especiales.
B	Industrial de alta pureza, combustibles y aplicaciones de propulsión.
C	Aplicaciones en semiconductores.

Figura 38: Usos del Hidrógeno Líquido en función de su pureza. Fuente: Compressed Gas Association.

6.5.- Actores dentro del Mercado del Hidrógeno.

Dentro del mercado español de hidrógeno se encuentran distintos actores, los cuales se agrupan en función de la actividad que desarrollan dentro de la cadena de vida del hidrógeno. Dicha cadena de vida estaría formada por las siguientes actividades:

- Producción.
- Almacenamiento.
- Distribución.
- Consumidor.

A su vez dentro del mercado del hidrógeno hay otra serie de actividades o entes soporte a las anteriores que no forman parte directamente de la cadena de vida del hidrógeno pero son muy significativas en su desarrollo, las cuales son:

- Empresas Fabricantes de Pilas de Combustible y Otros Usos del Hidrógeno.
- Instituciones.
- Empresas de Consultoría e Ingeniería.
- Entidades de I+D.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
---	---	---

Ahora pasaremos a describir cada una de las actividades antes enumeradas y de las empresas que realizan esa actividad. Se da el caso de empresas que realizan todas las actividades dentro del ciclo de vida del hidrógeno.

Actividades Principales dentro del Ciclo de Vida del Hidrógeno.

Producción

Las empresas que se dedican dentro del sector del hidrógeno a la producción del mismo están muy vinculadas con las empresas generadoras de energía, ya que son estas las que dedican parte de la energía que generan a la obtención de hidrógeno por distintos procesos, por tanto este grupo de empresas estaría formado principalmente por:

EMPRESAS PRODUCTORAS DE HIDRÓGENO	
Acciona Biocombustibles.	Guascor Ingenieria
Cepsa	Hydrogen Works
CLH	Iberdrola Renovables
Elcogas	Inega
Endesa Generación	PDF Machines
Enerfin Sociedad de Energía	Repsol YPF
Gas Natural SDG	

Figura 39: Empresas Productoras de Hidrógeno en España. Fuente: Asociación Española del Hidrógeno.

Almacenamiento

Las empresas que se dedican dentro del sector del hidrógeno al almacenamiento del mismo pueden ser a su vez también productoras de hidrógeno, por tanto la mayoría de las empresas productoras también se dedican al almacenaje del hidrógeno, por tanto este grupo de empresas estaría formado principalmente por:

EMPRESAS ALMACENISTAS DE HIDRÓGENO	
Acciona Biocombustibles.	Guascor Ingenieria
Air Liquide	Hydrogen Works
Carbueros Metálicos	Inega
Cepsa	Iberdrola Renovables
CLH	Iberfluid Instruments
Elcogas	PDF Machines
Endesa Generación	Repsol YPF

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
Enerfin Sociedad de Energía	Swagelok	
Gas Natural SDG		

Figura 40: Empresas Almacenistas de Hidrógeno en España. Fuente: Asociación Española del Hidrógeno.

Distribución

Las empresas que se dedican dentro del sector del hidrógeno a la distribución del mismo pueden ser a su vez también productoras de hidrógeno y almacenistas, por tanto este grupo de empresas estaría formado principalmente por:

EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE HIDRÓGENO	
Abello Linde	CLH
Air Liquide	Gas Natural SDG
Carbueros Metálicos	Praxair
Cepsa	Repsol YPF

Figura 41: Empresas Distribuidoras de Hidrógeno en España. Fuente: Asociación Española del Hidrógeno.

Consumidor

El consumidor final dependiendo del uso que necesita del hidrógeno lo requerirá en sus distintas modalidades. En esta tabla se describen clientes tipo y ejemplos de los mismos., por tanto este grupo de empresas estaría formado principalmente por:

CONSUMIDORES DE HIDRÓGENO
Laboratorios: gas portador para componentes reactivos y gas de servicio de analizadores como por ejemplo, portador en cromatografía de gases. Ejemplo: Centros de investigación, Universidades, etc.
Empresas de Transportes: para propulsión de vehículos tanto terrestres, marítimos como aéreos. Ejemplo: EMT, Boeing, Finsa, HyApproval, Cofradías de Pescadores, etc.
Industrias Electrónicas: para la producción de semiconductores y elementos electrónicos de ordenadores, móviles, etc. Ejemplo: Alcatel, Nokia, Airis, Toshiba, Dell, etc
Industrias Metalúrgicas: como agente reductor. Ejemplo: Arcelor, Mittal, Gallardo, Atlantic Cooper, etc
Refinerías: para la hidrogenación, es decir obtención de fracciones ligeras de crudo a partir de fracciones pesadas. Ejemplo: Refinerías de Puertollano, Huelva, Cartagena, Tarragona, etc.

Industrias de Tratamiento de Carbón: para la hidrogenación y gasificación hidrogenante. Ejemplo:

Empresas de Tratamiento de Aguas: eliminación de nitratos donde las bacterias utilizan el hidrógeno como fuente de energía. Ejemplo: Aquagest, Aqualia, Valoriza, Degremont, Veolia, etc.

Industria Química: para la obtención de ácido clorhídrico, amoníaco y peróxido de hidrógeno. Ejemplo: Brentang, Solvay, etc.

Figura 42: Industrias consumidoras de Hidrógeno en España. Fuente: Asociación Española del Hidrógeno.

Según estudios del INTA, solo para poder alimentar con Hidrógeno electrolítico el parque total de vehículos en España se necesitaría una potencia instalada de 19 GW al 100% lo que supondría un total de $3,36 \cdot 10^9$ kgH₂/año.

Utilizando por similitud con el hidrógeno un estudio de la Comisión de Regulación de Energía y Gas de Colombia sobre participación de cada uno de los actores antes descritos dentro del precio de venta del gas natural consumidor final, tendremos que este reparto será el siguiente:

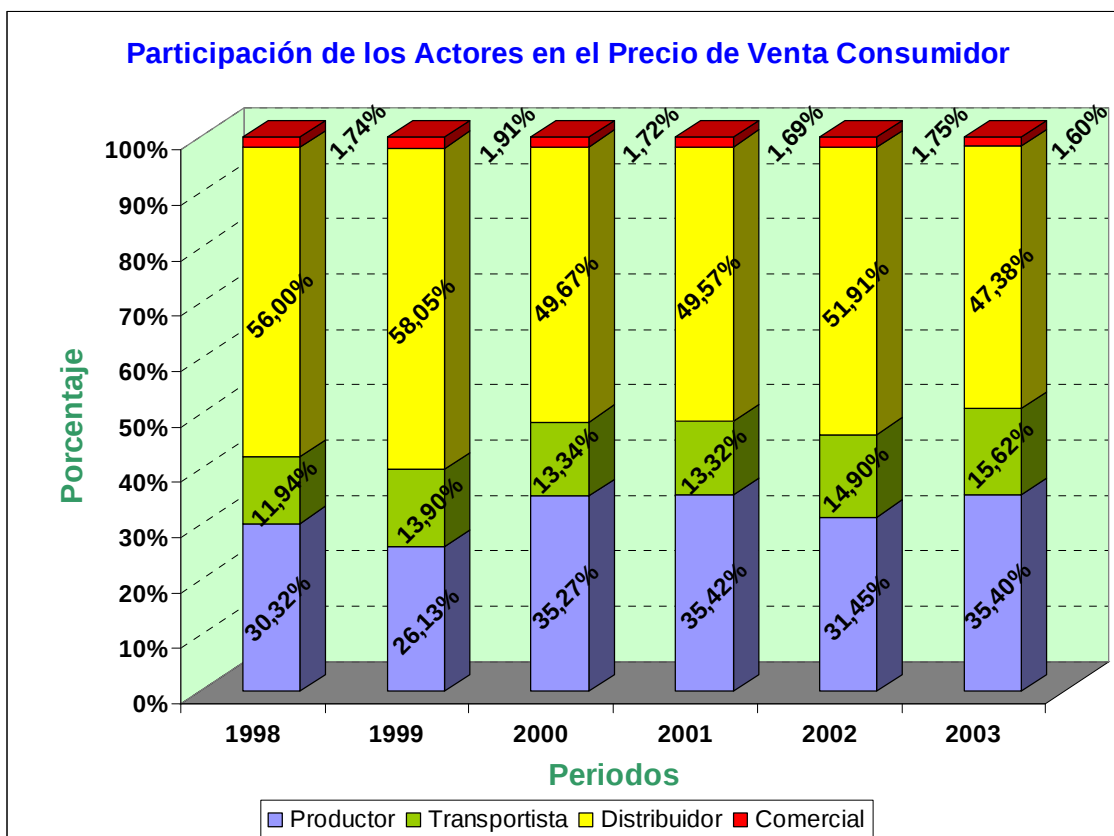


Figura 43: Participación de los Actores en el Precio de Venta al Consumidor. Fuente: Comisión de Regulación de Energía y Gas de Colombia.

Por tanto si calculamos la media interanual tendremos el porcentaje medio de reparto para cada uno de estos actores:

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
---	---	---

- Productor → 32,33%.
- Transportista → 13,83%.
- Distribuidor → 52,09%.
- Comercial → 1,75%.

Para el caso que nos ocupa a nosotros, es decir el hidrógeno comprimido, a fecha de julio de 2009 la Compañía Carburos Metálicos comercializa el hidrógeno a 12 €/kg. Luego la distribución en euros estaría **entorno** a:

- Productor → 3,88 €. (en nuestro estudio entorno a los 4,5 € y los 5,5 €)
- Transportista → 1,66 €.
- Distribuidor → 6,25 €.
- Comercial → 0,21 €.

A día de hoy por ejemplo este precio no es competitivo en el sector transportes ya que el coste es justo el doble que con otro combustible fósil. En el hipotético caso de que se redujeran los costes de producción del hidrógeno y por tanto su precio de comercialización a precios similares a los del resto de combustible fósiles, estaríamos hablando de un mercado potencial de 16.800 millones de €/año.

A esta cantidad habría que sumar las cantidades referidas al resto de usos del hidrógeno, por lo que podríamos estar hablando de que el hidrógeno podría mover en España entre los 45.000 millones de €/año según y los 50.000 millones de €/año, en base a la demanda y al peso de cada una de los clientes y usos antes descritos.

Actividades Anexos al del Ciclo de Vida del Hidrógeno.

Cuando nos referimos a actividades anexas al ciclo de vida del hidrógeno nos referimos a aquellas que sin formar parte directa del ciclo de vida del hidrógeno si influyen en su desarrollo y evolución.

Empresas Fabricantes de Pilas de Combustible y Otros Usos del Hidrógeno.

Forman una parte muy importante dentro de la “Economía del Hidrógeno” ya que al conseguirse mayores eficiencias en dichas Pilas los costes de consumo disminuirán lo que harán que el hidrógeno sea competitivo con respecto a sus productos sustitutivos.

FABRICANTES DE PILAS DE COMBUSTIBLE	
Ajusa	Guascor I+D
Copreci	Plug Power

Figura 44: Fabricantes de Pilas de Combustible en España. Fuente: Asociación Española del Hidrógeno.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
---	---	---

Los distintos tipos de pilas que se pueden encontrar en el mercado y sus principales características son las siguientes:

	TIPOS DE PILAS					
Designación	AFC	PAFC	PEMFC	SOFC	MCFC	DMFC
Temperatura (°C)	120 – 250	150 -220	60 – 100	900 - 1000	650 – 750	50 – 200
Rendimiento (%)	<70	40 - 50	40 – 55	45 - 75	50 – 70	40
Conductor iónico	OH ⁻	H ⁺	H ⁺	O ²⁻	CO ₃ ⁻	H ⁺
Densidad de Potencia (kW/m ²)		0,8 - 2	4 - 6,5	1,5 - 2,5	0,1 - 1,5	<10
Intervalo de Potencia (kW)	5 – 150	50 - 11.000	5 – 250	100 - 250	100 - 2.000	5
Ventajas	Tecnología muy desarrollada	Posibilidad de cogeneración. Muy desarrollada	Respuesta rápida a cambios en demanda. Baja temperatura	Alta densidad de corriente. Posibilidad de cogeneración. Ausencia de corrosión	Admiten CO y CO ₂ . Posibilidad de cogeneración	No requiere procesador de combustible. Combustible líquido
Inconvenientes	No permiten la presencia de CO ₂	Peso y tamaño elevados. Coste platino	Coste de catalizadores. Hidrógeno de pureza elevada	Temperatura demasiado alta	Electrolito corrosivo	Selectividad de la membrana. Rendimiento bajo.
Aplicaciones	Misiones espaciales, transporte, submarinos	Aplicaciones estacionarias	Vehículos ligeros, edificios, aplicaciones de baja producción	Aplicaciones estacionarias	Aplicaciones estacionarias	Aplicaciones portátiles.

Figura 45: Tipos y características de Pilas de Combustible en el mercado. Fuente: Asociación Española del Hidrógeno.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

Instituciones.

Cuando nos referimos a instituciones nos referimos a las asociaciones que forman todos los actores dentro del sector del hidrógeno en España, los cuales son:

INSTITUCIONES RELACIONADAS CON EL SECTOR DEL HIDRÓGENO
Asociación Española del Hidrógeno (AeH₂): se trata de una organización sin ánimo de lucro que tiene como fin principal el fomento del desarrollo de las tecnologías del hidrógeno como vector energético, de las pilas de combustible, y promover su utilización en aplicaciones industriales y comerciales.
Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTE-HPC): es un foro coordinado donde las entidades con alguna actividad nacional en estas tecnologías expresan sus inquietudes, experiencias y recomendaciones para establecer de manera conjunta el camino que permita a España situarse científicamente y tecnológicamente a mismo nivel que el resto de Europa en este campo.

Figura 46: Instituciones relacionadas con el Sector del Hidrógeno en España. Fuente: Asociación Española del Hidrógeno.

Empresas de Consultoría e Ingeniería.

Cuando nos referimos a empresas de consultoría e ingeniería nos referimos a aquellas que dan soporte en la ejecución y desarrollo de proyectos desde un punto de vista técnico. Las principales empresas dedicadas a prestar este servicio en España son:

EMPRESAS DE CONSULTORÍA E INGENIERÍA	
Ariema	Hynergreen
Besel	Vea

Figura 47: Empresas de consultoría e ingeniería del Sector del Hidrógeno en España. Fuente: Asociación Española del Hidrógeno.

Se da el caso de que Ariema además de dedicarse a la consultoría e ingeniería lleva la secretaría técnica de la Asociación Española del Hidrógeno y comercializa electrolizadores de la marca Nitydor. Al igual que Besel que es el representante de electrolizadores Stuart IMET y Proton HOGEN en España.

Entidades de I+D.

Se trata de entidades tanto públicas como privadas que se dedican al estudio del hidrógeno y sus distintas aplicaciones. A continuación enumeramos las entidades que se dedican a los diferentes campos de investigación.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

ELECTROLISIS	
Acciona Energía	Hynergreen Technologies
AICIA	INTA
CIEMAT – CENER	Renovalia
CSIC	Univ. Autónoma de Madrid
Gamesa Energía	Univ. Pablo Olavide
PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO A PARTIR DE ENERGÍA EÓLICA	
Acciona Energía	Gamesa Energía
AICIA	Green Power Technologies
ATERSA	Hidrogena Atlántica
CARTIF	Univ. Politécnica de Cataluña
CSIC	INTA
Endesa generación	NTDA Energía
Fundación Inasmet	UNESA

Figura 48: Instituciones de Investigación y Desarrollo del Sector del Hidrógeno en España. Fuente: Asociación Española del Hidrógeno.

Organismos.

Se trata de entidades o departamentos dentro de las administraciones que se dedican a buscar financiar y seguir proyectos en el sector del hidrógeno que mejoren su rentabilidad y eficiencia. Dichos organismos son:

ORGANISMOS	
Agencia Andaluza de la Energía	IDEA
CETPEC	INTA
Departamento de Industria de comunidades autónomas	Institutos Tecnológicos de comunidades autónomas
Ente Vasco de la Energía	

Figura 49: Organismos relacionados del Sector del Hidrógeno en España. Fuente: Asociación Española del Hidrógeno.