

# L'hidrogen, l'energia del futur

---

## Presentació

La recerca de noves fonts d'energia sempre ha captivat l'interès de la humanitat. Avui en dia ja s'està treballant en fonts sostenibles, sobretot la solar i l'eòlica, però no es deixen de banda el petroli, el gas i l'energia nuclear, ja que les primeres no cobreixen tota la demanda.

Des de fa uns anys s'està estudiant una font innovadora que podria provocar un gran canvi a les nostres vides, l'ús de l'hidrogen com a vehicle energètic. Aquest serà l'objecte de l'estudi del treball i per portar a terme la recerca s'han plantejat uns objectius més específics:

- Aprofundir en el coneixement de l'hidrogen com a vector o vehicle energètic.
  - Analitzar les diferents maneres de produir hidrogen i experimentar-ne algunes.
  - Analitzar i experimentar els dos mètodes per transformar l'hidrogen en energia.
  - Determinar quin dels mètodes de producció d'hidrogen dels estudiats és el més òptim atenent al menor impacte sobre el medi ambient, l'assequibilitat econòmica i el flux d'hidrogen.
  - Determinar quin dels mètodes de transformació de l'hidrogen en energia és el més òptim.
  - Aplicar els mètodes més òptims a la maqueta d'una casa energèticament autosuficient.
-



---

– Conèixer i valorar l'opinió de la població sobre les cases energèticament autosuficients i sobre l'hidrogen.

### **Metodologia**

Amb l'objectiu d'aprofundir en el coneixement de l'hidrogen com a vector o vehicle energètic s'ha començat aquest treball amb una recerca d'informació que ha portat a la necessitat d'analitzar diferents maneres de produir hidrogen. Com que són moltes i algunes són difícils de portar a terme pel seu alt cost, s'ha experimentat amb les que estaven més a l'abast i s'ha intentat determinar quina era la més òptima atenent a l'impacte ambiental, l'assequibilitat econòmica i el flux d'hidrogen.

Un cop s'ha produït l'hidrogen s'ha experimentat amb ell per transformar-lo en energia utilitzant els dos mètodes coneguts: transformació en calor i transformació en electricitat.

#### *Recerca d'informació*

S'ha investigat sobre l'hidrogen, el seu ús al llarg de la història i els mètodes actuals per produir-lo. També s'ha cercat informació sobre les noves tecnologies de l'hidrogen com les piles PEM o la fotoconversió directa.

#### *Experiències aplicades per produir hidrogen*

- Experiència 1: Zinc i àcid clorhídric
- Experiència 2: Magnesi i àcid acètic
- Experiència 3: Electròlisi alcalina
- Experiència 4: Fotoconversió indirecta:
  - Electrolitzador en medi alcalí
  - Electrolitzador PEM (Membrana d'intercanvi iònic)
- Experiència 5: Electròlisi PEM (Nivell de laboratori)

#### *Experiències aplicades per obtenir energia a partir de l'hidrogen*

- Experiència 6: Foc de l'aigua (cremar l'hidrogen per convertir-lo en energia calorífica)
- Experiència 7: Mitjançant una pila de combustible amb membrana PEM (PEMFC), unir de nou l'hidrogen i l'oxigen produint corrent elèctric.

### **Resultats**

#### *Resultats de les experiències per obtenir hidrogen*

De tots els mètodes per obtenir hidrogen, en aquest treball s'ha experimentat amb cinc. Per tal de dur a terme l'objectiu del treball s'ha realitzat una taula comparativa entre aquestes experiències per tal de determinar quin d'aquests mètodes és el més òptim. La comparació no s'ha pogut fer de manera numèrica perquè tots els procedi-

---

---

ments són diferents i no tenen paràmetres numèrics en comú. Per tant la comparació s'ha realitzat mitjançant els criteris següents:

- Metalls pesants: Els productes de la reacció contenen metalls pesants.
- Gasos contaminants: Emissions contaminants a l'atmosfera.
- Assequible econòmicament: Cost de mercat baix.
- Flux d'H<sub>2</sub>: Quantitat d'emissió d'hidrogen.

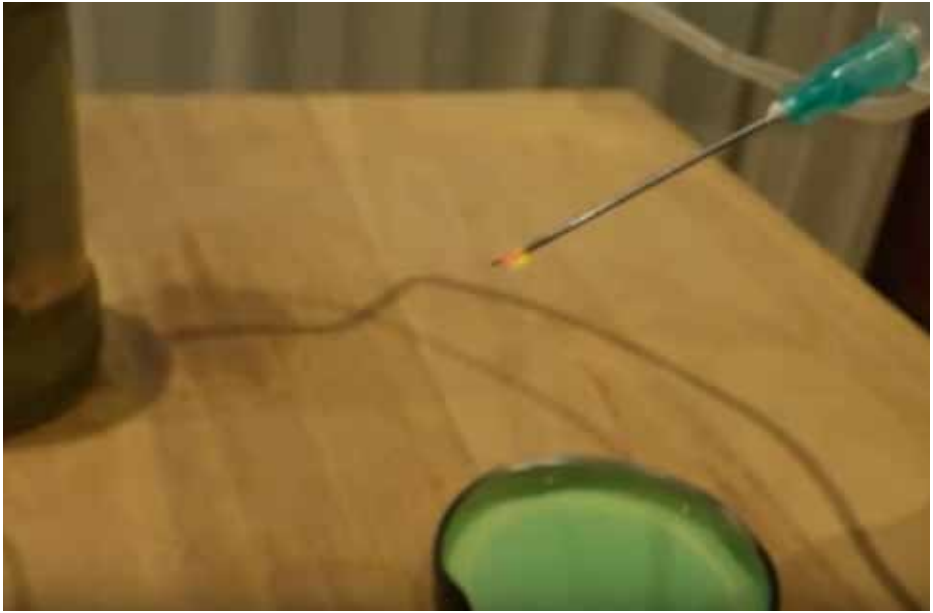
<b>Mètodes</b>		<b>Metalls pesants</b>	<b>Gasos contaminants</b>	<b>Assequible econòmicament</b>	<b>Flux d'H<sub>2</sub></b>
Experiència 1		Sí	No	Sí	Baix
Experiència 2		Sí	No	Sí	Elevat
Experiència 3		Sí	No	Sí	Elevat
Experiència 4	a	Sí	No	Sí	Nul·la
	b	No	No	Sí	Elevat
Experiència 5		No	No	No	Elevat
Reformat amb vapor		No	Sí	No	Elevat
Fotoconversió directa		No	No	No	Baix

Es pot observar que en les dues últimes files de la taula de resultats apareixen dues experiències no contemplades en l'apartat de metodologia i resultats. Això es deu al fet que per dur-los a terme és necessari un material molt car i una tecnologia molt avançada; no obstant això, s'ha cregut oportú tabular els respectius resultats per completar el treball. Com podem veure, l'experiència més òptima és l'Experiència 5, electròlisi PEM, ja que a més de produir un flux elevat d'hidrogen i de no tenir emissions contaminants, la font d'energia que l'alimenti pot ser una energia renovable, com el sol o l'aire. Inconvenientment, aquesta experiència té un cost molt elevat, uns 2.000-2.500 € aproximadament. Tot i això, no és tan car si parlem de la qualitat i la funció del producte.

#### *Resultats de les experiències per transformar l'hidrogen en energia*

Aquí, la selecció del mètode òptim va ser més senzilla. Amb la combustió s'obté directament energia calorífica; aquesta és molt alta, però poc manejable. En canvi, amb la pila de combustible (PEM) s'utilitza la reacció de síntesi de l'aigua per poder aconseguir electricitat, un vector energètic que avui en dia se sap controlar molt bé i es pot utilitzar gairebé en tots els àmbits.

---



---

### *Projecte d'una casa energèticament autosuficient*

S'ha volgut fer una aplicació més visual dels resultats utilitzant els mètodes més òptims tant per obtenir hidrogen com per transformar-lo en energia valorats anteriorment, és a dir, l'electròlisi PEM (Experiència 5) per produir hidrogen i l'Experiència 7 per transformar aquest hidrogen en electricitat a partir d'una PEMFC. Per això s'ha pensat a fer una maqueta d'una casa energèticament autosuficient.

També s'ha volgut fer una aplicació més social i conèixer l'opinió de la població sobre l'ús de l'hidrogen com a vector energètic i l'aplicació d'aquest en una casa energèticament autosuficient.

### *Maqueta*

S'ha cregut convenient que la casa funcionés energèticament de dues maneres diferents, amb plaques solars en ambdues:

- Una placa solar produiria l'electricitat per al seu funcionament, quan hi hagi llum solar.
  - Una placa solar produiria l'electricitat per fer funcionar un electrolitzador. L'hidrogen produït seria emmagatzemat en un dipòsit tancat i quan s'obris es transformaria en electricitat a través d'una PEMFC. Aquest mètode s'utilitzaria quan l'energia solar no fos suficient, normalment a la nit.
-

---

A causa de l'alt cost de l'Experiència 5, s'ha substituït per la 4b, que és similar però amb un electrolitzador PEM més econòmic i òbviament amb menys rendiment. A més, amb l'Experiència 4b l'hidrogen és net perquè l'energia per electrolitzar-lo prové del sol, i el procés no té cap mena de consum contaminant.

La construcció de la maqueta de la casa autosuficient s'ha realitzat en tres passos diferents. [Es pot visualitzar un vídeo resum en línia a: <<https://youtu.be/gkyH3xKP4-E>>. Música: *Walk of life*, Dire Straits.]

– Pas 1: Es va voler comprovar si els mètodes escollits produïen corrent suficient per poder encendre els llums i el motor previstos a la maqueta.

– Pas 2: Es va construir el circuit elèctric que s'utilitzaria a la maqueta final. Per tal de comprovar que funcionava i estava ben dissenyat, primerament es va connectar a un corrent proporcionat per unes piles AA; després al corrent proporcionat per una placa solar, i, finalment, a l'electrolitzador i la pila de combustible PEM.

– Pas 3: Es va dissenyar la casa, es va construir i finalment es va aplicar el circuit elèctric i la tecnologia d'energia autosuficient.

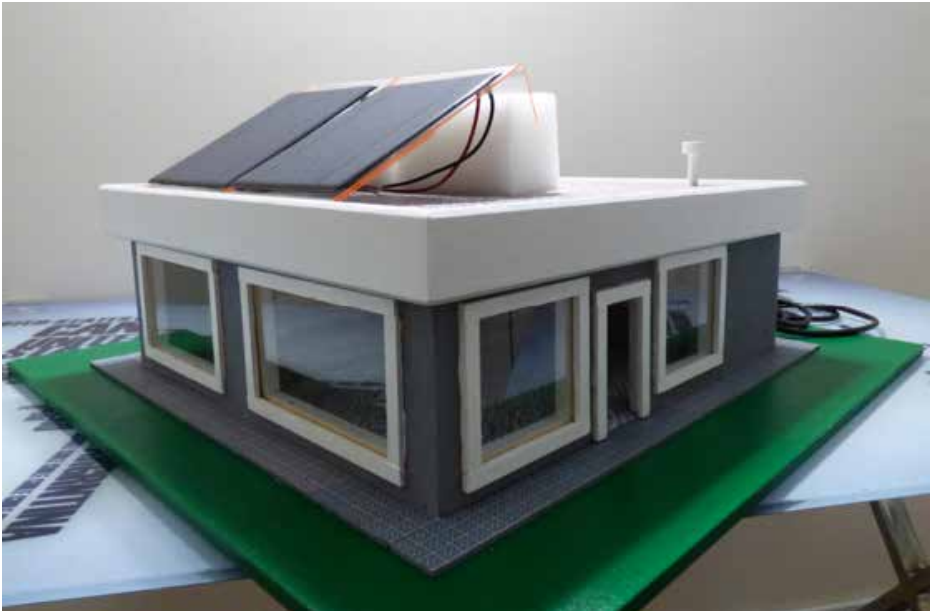
## Conclusions

S'ha estudiat i comparat l'ús de l'hidrogen com a vector energètic, des de la seva producció fins a la seva transformació en energia. Així, s'ha pogut confirmar que, tal com deien les fonts consultades i els mitjans de comunicació, és una tecnologia innovadora que està revolucionant el món, i només acaba de començar. A poc a poc s'està convertint en un competidor directe de les fonts d'energia actuals, com el gas natural i el petroli. Tot i això, atenent a l'estudi realitzat i a les propietats físiques de l'hidrogen, es poden observar algunes particularitats davant d'altres combustibles:

– Entre els avantatges, cal destacar que és un combustible especialment segur quan es treballa en espais oberts perquè a causa de la seva baixa densitat és extremadament volàtil i impedeix que se'n formin grans concentracions a l'aire. A més no és tòxic, i com que els límits inferiors d'inflamabilitat i detonació són alts és difícil que això es produeixi en concentracions pobres.

– Entre els inconvenients es poden mencionar que la seva alta densitat energètica per unitat de massa li fa perdre seguretat, i, a més, té una baixa densitat energètica per unitat de volum. Aquí es troba el principal inconvenient d'aquesta tecnologia, l'emmagatzematge d'hidrogen, ja que el seu gran volum és difícil de controlar i té una baixa energia d'activació; per tant, pot fer que qualsevol espurna activi una reacció no desitjada. A més, la seva baixa temperatura de líquefacció complica l'emmagatzematge i l'ínfima mida de les seves molècules provoca que amb el pas del temps s'escapin amb facilitat. Així, com que és invisible i inodor, les fugites són indetectables pels sentits i la seva flama és poc visible a la llum del dia. Com s'ha pogut veure, és

---



---

menys segur que altres combustibles en espais tancats.

Aquest projecte pot millorar molts dels problemes energètics d'avui en dia com la contaminació o l'escassetat dels combustibles fòssils, ja que el seu element principal és la substància més abundant del nostre planeta: l'aigua. A més, en aquest treball només s'ha realitzat una de les seves aplicacions, però n'hi ha moltes més.

En conclusió, aquesta tecnologia està iniciant una revolució que caldrà veure com es desenvolupa al llarg dels pròxims anys i que a Juli Verne segur que li hauria agradat presenciar per observar com els seus pensaments es fan realitat en una font inesgotable d'energia.

La realització de les experiències i l'estada a l'ICIQ han estat de gran ajuda per saber com és investigar sobre un tema i estar dintre d'un equip de laboratori.

Pel que fa a la construcció de la maqueta, m'ha servit per aprendre a plasmar els coneixements adquirits d'una forma més tecnològica. M'ha obligat a fer replantejaments contínuament per aconseguir el funcionament desitjat, m'ha fet aprendre que fins a trobar la solució final has d'haver comès molts errors. Hauria estat més fàcil aplicar els coneixements sobre un taulell de fusta o similar, ja que els problemes haurien sigut menors i hauria mostrat el mateix. Es va creure que era millor plasmar-ho en un cas quotidià per tal que l'estudi tingués més sentit.

---

---

L'enquesta m'ha fet adonar dels diferents pensaments de la població i de l'esperança cega que tenim avui en dia sobre la tecnologia, ja que poca gent coneixia aquest ús de l'hidrogen, però molts ja hi confiaven.

### **Bibliografia**

AGUER HORTAL, M.; MIRANDA BARRERAS, A. L. *El hidrógeno: Fundamento de un futuro equilibrado*. 2. ed. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2007. – LINARES HURTADO, J. I.; MORATILLA SORIA, B. Y. *El hidrogeno y la energía*. Madrid: Comillas, 2007. (Avances de Ingeniería) – VAN DE KROL, R.; PARKINSON, B. A. «Perspectives on the photoelectrochemical storage of solar energy». *MRS Energy & Sustainability: A Review Journal*, vol. 4 (2017), p. 1-11.

---