



Curso de Hidrógeno Verde
Oportunidades & Aplicaciones

Preguntas y respuestas

Módulo 1

Pregunta	Respuesta Oficial
Consulta: al H2 Gris, Azul, tienen algún olor que se le agrega como al gas natural?	There is no known odorant light enough to “travel with” hydrogen at an equal dispersion rate, so odorants are not used to provide a detection method. Many odorants can also contaminate fuel cells. Fuente: https://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/fct_h2_safety.pdf
la principal fuente para producir hidrógeno gris es gas natural por sobre el petróleo?	48% de gas natural, 30% de petróleo, 18% de carbón, 4% electrólisis Fuente: IRENA (2018), Hydrogen from renewable power: Technology outlook for the energy transition, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi
se considera H2 verde la gasificación de biomasa?	CertifHy Green Hydrogen refers to hydrogen generated by renewable energy with carbon emissions 60% below the benchmark emissions intensity threshold (= GHG emissions of the hydrogen produced by steam reforming of natural gas representing 95% of current merchant market).fuente: https://www.certifhy.eu/project-description/certifhy-1.html NACFE define varios colores https://nacfe.org/wp-content/uploads/2020/12/Hydrogen-Color-Spectrum-HiRes-2.png
Actualmente la producción del hidrogeno es por electrolisis, como se compara esta tecnología en accesibilidad y precios con las otras mostradas?	Steam-methane reforming (SMR) is the most common way of producing hydrogen. Oil and coal gasification are also widely used, particularly in China and Australia, albeit to a lesser extent than SMR. Only around 4 % of global hydrogen supply is produced via electrolysis, mainly with chlor-alkali processes Fuente: IRENA (2018), Hydrogen from renewable power: Technology outlook for the energy transition Gráfico de costos mirarlos como comparativos https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0306261920314136-gr4_lrg.jpg
Cual es la eficiencia del proceso? Utilizamos energía eléctrica para romper la molécula de agua, y luego generamos electricidad donde se vuelve a producir agua. Es eficiente o es mejor utilizar directamente la energía secundaria?	Depende de la aplicación final la eficiencia del proceso. A modo de referencia para el uso en generación de electricidad en vehículos la eficiencia general es cercana al 30% como se muestra en las figuras de estas páginas: https://cleantechnica.com/2021/02/01/chart-why-battery-electric-vehicles-beat-hydrogen-electric-vehicles-without-breaking-a-sweat/ https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2019/08/hydrogen-or-battery--that-is-the-question.html

<p>Es decir, se requiere de agua con alto grado de pureza además de O₂ de alta pureza para el proceso de la celda combustible?</p>	<p>El agua se utiliza en el proceso de electrólisis y el oxígeno en el proceso de generación de electricidad con celda de combustible. En general si hay impurezas en el agua esto disminuye la vida útil de los electrodos del electrolizador. Para mayor información revisar IRENA Green hydrogen cost 2020 pag 40. Respecto al oxígeno para la celda de combustible, este se puede obtener desde el aire o como oxígeno puro. Más información en https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/20671652</p>
<p>Cuántas veces se podría reformar esa hidrogeno en agua y viceversa?</p>	<p>Depende del sistema, aplicación y su eficiencia siguiendo la ley de conservación de masa.</p>
<p>Cuánto del agua se puede recuperar entre el proceso de electrólisis y de la celda de combustible?</p>	<p>Sin tratamiento adicional se puede recuperar cerca de un 8% del agua en una celda de combustible. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319910024146#:~:text=Without%20using%20any%20additional%20condensing,efficiency%20of%2040%25%20is%20reached.</p>
<p>es posible desde una generación eléctrica térmica la generación del hidrógeno?</p>	<p>Si se refiere a la generación de hidrógeno mediante calor, si, revisar la clase y la biografía de la clase.</p>
<p>Muy buena presentación!! Incluye muchos conocimientos pero de forma simple, solo tengo una duda respecto al hidrógeno azul: leí una vez que la captura era solo de la generación en si pero no de lo que se emite para calefacciones, que son 1/3 si mal no recuerdo</p>	<p>Efectivamente para llamarse azul la captura es sólo durante la generación del hidrógeno.</p>
<p>La cantidad de metales pesados, o de residuos biológicos en el agua afectan la eficiencia de la electrólisis?</p>	<p>Si, por ello se debe utilizar agua ultra pura idealmente. Para mayor información revisar IRENA Green hydrogen cost 2020 También se pueden revisar las especificaciones técnicas de los electrolizadores comerciales por ej.: https://nelhydrogen.com/resource_categories/technical-specs/</p>
<p>Malu, ¿Cuál es la eficiencia total del proceso, desde la entrada al electrolizador hasta la salida de la celda de combustible?</p>	<p>Depende de la aplicación final la eficiencia del proceso. A modo de referencia para el uso en generación de electricidad en vehículos la eficiencia general es cercana al 30% como se muestra en las figuras de estas páginas: https://cleantechnica.com/2021/02/01/chart-why-battery-electric-vehicles-beat-hydrogen-electric-vehicles-without-breaking-a-sweat/ https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2019/08/hydrogen-or-battery--that-is-the-question.html</p>

<p>Aparentemente la producción de H₂V es simple, ¿por qué demoró tanto el desarrollo de tecnología para su producción? ¿Hubo bloqueo de la industria? Muy interesante la charla 1. Gracias.</p>	<p>El desarrollo de la tecnología depende del contexto. Previo a los compromisos de descarbonización, el energético más utilizado para distintas aplicaciones (electricidad y calor) ha sido de fuente fósil (carbón, petróleo y sus derivados) y el uso del hidrógeno se ha dado en aplicaciones industriales como insumo principalmente. Los electrolizadores existen desde hace más de 200 años, pero hoy en la búsqueda de descarbonizar las matrices energéticas, el hidrógeno ha adquirido un rol importante como energético y por ello hoy se busca la disminución de costos de estas tecnologías.</p>
<p>La energía termo solar ha tenido un gran aporte en los últimos años, es por esto que nace mi pregunta si el agua al tener mayor temperatura (proveniente de fuente termosolar) tendríamos mejor producción de hidrogeno??? gracias</p>	<p>Si, en efecto la electrolisis de alta temperatura es más eficiente que la electrolisis de baja temperatura.</p>
<p>Cómo la gasificación de la biomasa es verde?</p>	<p>CertifHy Green Hydrogen refers to hydrogen generated by renewable energy with carbon emissions 60% below the benchmark emissions intensity threshold (= GHG emissions of the hydrogen produced by steam reforming of natural gas representing 95% of current merchant market).fuente: https://www.certifhy.eu/project-description/certifhy-1.html NACFE define varios colores https://nacfe.org/wp-content/uploads/2020/12/Hydrogen-Color-Spectrum-HiRes-2.png</p>
<p>¿Cual es el proceso de la Termólisis?</p>	<p>La termólisis es una reacción de disociación del agua frente a elevadas temperaturas (sobre 2500°C). Para poder realizar termólisis a menor temperatura se recurre a procesos termoquímicos: https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-thermochemical-water-splitting</p>
<p>en la producción de hidrogeno, un mix energético es tomar energía de la red, ongrid? la diferencia de energías renovables es offgrid? podría aclararme la diferencia por favor</p>	<p>On grid es conectado a la red, por lo que la fuente de energía para la producción de hidrógeno en este caso depende de la matriz energética del país o de los contratos de compra directa de energía que se tengan con centrales generadoras. Off grid es desconectado de la red, un ejemplo es producción de hidrógeno mediante electrolisis con una central fotovoltaica desconectada de la red con un sistema de baterías para almacenamiento de energía, por lo que el electrolizador podría operar desconectado de la red eléctrica con el suministro de la planta y su almacenamiento.</p>

Por lo propuesto el H2 de tipo verde no genere emisiones en su producción, pero que pasa a nivel de su consumo para aplicaciones electrógenas o bien motores de combustión? ,	Dependerá de la aplicación. Si se utiliza el hidrógeno para mejorar la capacidad energética de un combustible fósil, se generarán entonces las emisiones propias del combustible fósil, pero si se utiliza sólo el hidrógeno entonces no genera emisiones de CO2.
El CAPEX es para el equipo electrolizador? O para la planta completa de producción de H2? (considerando la fuente primaria y secundaria para el proceso)	El CAPEX presentado en las láminas de electrolizadores es sólo para este equipo. En la lámina de análisis de costos se presentan CAPEX de electrolizador y CAPEX de renovables por separado, no considera CAPEX de adecuación o almacenamiento.
o sea a partir de 20 MW capacidad los costos de PEM y alcalinos son iguales ?	Depende del proveedor y de la escala, en las gráficas y tabla presentadas se puede apreciar que al 2050 se espera que tengan los mismo costos.
Buenas tardes. Tanto en la producción con electrolizadores Alcalinos como PEM, en los gráficos de la presentación, se ve una tendencia a la baja de su producción. La estimación de esto, sobre que elementos esta basado??	Los gráficos muestran la tendencia a la baja en el precio por kilowatt del electrolizador, lo que quiere decir que a mayor escala (mayores tamaños) el costo del equipo por kilowatt de electrolizador es menor. https://www.storeandgo.info/fileadmin/downloads/deliverables_2019/20190801-STOREandGO-D7.7-EIL-Analysis_on_future_technology_options_and_on techno-economic_optimization.pdf
Cuánto es la vida útil de los stack?	55-120 miles de horas dependiendo de la tecnología: https://www.storeandgo.info/fileadmin/downloads/deliverables_2019/20190801-STOREandGO-D7.7-EIL-Analysis_on_future_technology_options_and_on techno-economic_optimization.pdf
esa es la vida útil del electrolizador o de su stack?	5 a 120 miles de horas dependiendo de la tecnología como se puede apreciar en la lámina de tecnologías para la generación y en: https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Dec/IRENA_Green_hydrogen_cost_2020.pdf . https://www.storeandgo.info/fileadmin/downloads/deliverables_2019/20190801-STOREandGO-D7.7-EIL-Analysis_on_future_technology_options_and_on techno-economic_optimization.pdf
El costo es para electrolizadores sobre 10 MW?	Si, ver fuente: https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Dec/IRENA_Green_hydrogen_cost_2020.pdf
Se manejan algunos costos de almacenamiento de H2?, de manera referencial?.	Path to hydrogen competitiveness, Hydrogen Council 2020

<p>cual es la tecnología de almacenamiento mas utilizada y recomendada?</p>	<p>La más utilizada es como gas comprimido https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-storage. Por temas de costos considerando la densidad energética entre gas y líquido se recomienda líquido: https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-storage</p>
<p>En el transporte, las redes de gas no se pueden utilizar la 100%? ya que dice 5 a 20% de uso</p>	<p>Se requiere realizar refuerzos a la red de gas para poder transportar hidrógeno en mayor concentración: https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-pipelines</p>
<p>En el Opex de H2 Verde, considera el almacenamiento?</p>	<p>Los OPEX presentados no consideran el almacenamiento.</p>
<p>Paulina, ¿porque tan alto el CAPEX de las energías renovables? Creo que es mas bajo ahora</p>	<p>El CAPEX de renovables en la lámina de costos es de USD por kg de hidrógeno para la primera gráfica y para la siguiente se presenta un rango de LCOE USD/MWh en base a esta referencia: "Path to hydrogen competitiveness, Hydrogen" Hydrogen Council 2020, donde efectivamente hay renovables que tienen costos muy bajos como la solar en Chile.</p>
<p>en el costo de suministro de H2 de la tecnología convencional se considera el costo de impuesto a combustible de cada país?</p>	<p>La ley de EE aprobada en enero 2021, declara al hidrógeno, expresamente, como combustible y entrega atribuciones del Ministerio de Energía para normarlo y darle tratamiento de recurso energético. Fuente: https://energia.gob.cl/noticias/Aysén-del-general-carlos-ibanez-del-campo/se-aprobo-la-primera-ley-de-eficiencia-energetica-en-chile</p>
<p>Las ER en Chile tienen el valor más bajo de MWh de la matriz, y aún así el LCOH de H2verde es mucho más alto que el H2 azul. Cómo empujamos con números la producción??? Supongo que es parte del desafío país.</p>	<p>Efectivamente es parte del desafío país, pero también del desafío de reducción de costos de los electrolizadores, la adecuación y el almacenamiento.</p>
<p>cual es la diferencia entre el stack y lo que se llama electrolizador?</p>	<p>El stack es el núcleo del electrolizador donde se lleva a cabo la electrólisis, Mientras que el electrolizador considera el sistema completo. https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Dec/IRENA_Green_hydrogen_cost_2020.pdf</p>
<p>Porque el CAPEX del Electrolizador varía considerablemente entre USA o China y Chile o Australia?</p>	<p>El CAPEX considera el valor de la inversión total, por lo que para el caso de Chile considera el valor del electrolizador puesto en Chile (traslado e internación)</p>
<p>Que planes se tiene en Chile para apoyo impositivo, 0.8 de costos vs. 0.3 Catar y -0.4 (subsidio) USA</p>	<p>Esta pregunta se abordará en la sesión 4, donde se presente la regulación y la estrategia: https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf</p>

el uso del agua es significativo (costo/cantidad) para producir H2?	No, si se considera agua pura son 10L por 1 kg de H2, si se considera que hay que tratar el agua, entonces se utilizan 20 a 40 L por kg. En general el costo es de 1USD/m3 o menos de 0,01 USD/kg de H2. Ver IRENA Green Hydrogen Cost 2020.
Existen análisis de costo para factores de planta mayores a 50% ?	El factor de planta de 50% es para un mix de eólico y solar. Se utilizó la referencia en “Path to hydrogen competitiveness, Hydrogen” Hydrogen Council 2020
Hay legislación vigente respecto al transporte de H2 por redes de gas??	Esta pregunta se abordará en la sesión 4
el costo de transporte líquido en camiones será más competitivo hasta un máximo de kilómetros de distancia, a partir del cual las redes de gas son más baratas?	Transporte líquido es más económico para distancias sobre 300 a 400 km. Las redes de gas requieren grandes inversiones para su acondicionamiento, pero podrían volverse más económicas considerando elevados volúmenes de hidrógeno. Ver Path to Hydrogen Competitiveness de Hydrogen Council 2020.
Los costos al 2030 corresponde a que otro factor diferente a la maduración de cada tecnología?	Además de la maduración de la tecnología que lleva a menores costos de producción, se debe también a menores costos de distribución asociados a aplicaciones con cadenas de suministro más cortas. Ver Path to Hydrogen Competitiveness de Hydrogen Council 2020.
Cuál es el desafío hoy? Aparte de las proyecciones a 2030, 2040?	El desafío hoy es promover la inversión y generar una demanda nacional para el hidrógeno verde soportada por mecanismos de incentivo en base a políticas públicas para promover la masificación de la tecnología y generar la disminución de costos a lo largo de toda la cadena de valor.
Cual es el principal componente para que baje el costo de la cadena en aprox 60%	Masificar los canales de distribución y estaciones de suministro. Ver Path to Hydrogen Competitiveness de Hydrogen Council 2020.
Ese costo de hidrogeno transportado con camiones es considerando camiones a base de combustible fósil? O camiones a hidrogeno/eléctricos	No es indicado en el estudio, pero considerando que los costos operacionales de un camión a hidrógeno son menores a los de un camión a combustión podría suponerse que se utilizó vehículo a combustión.

Consultas para: María Luisa Lozano 1- La captura de CO2 para obtener Hidrógeno azul, donde se aprovecha? Donde se almacena? Cuanto tiempo puede almacenarse para mantenerse para no emitirse a la atmosfera? Que beneficios y costos trae esta producción de hidrogeno azul? 2- En la celda de combustible, el aire está compuesto por varias partículas, como se logra inyectar solo el oxígeno a la celda?; se inyecta a la misma presión atmosférica? La celda recibe el hidrogeno a la misma presión y pureza que el oxígeno?, que tan eficiente puede ser?

Sobre la captura de CO2: Esta puede ser en medios físicos, como por ejemplo en cavernas herméticas, donde se almacena indefinidamente, también se puede almacenar en los espacios que antes ocupaban los reservorios de gas natural o en pozos productivos para obtener más gas natural Ver caso Hychico en Argentina. La segunda opción es que en lugar de almacenar el CO2 en forma indefinida, este se utilice en el cultivo de microalgas, quienes lo aprovechan en la fotosíntesis (esto tiene varios beneficios que se verán en uno de los casos de ejemplos) pero es necesario hacer un balance de volúmenes sobre esta opción. La ventaja del H2 azul es que permite producir hidrógeno ya, utilizando la infraestructura existente de las refinerías de petróleo pero es prolongar los combustibles fósiles. Dejamos esta referencia: "*Fossil hydrogen with Carbon Capture and Storage (CCS) – blue hydrogen – is not zero emissions, due to limitations of CCS, and methane leakages during gas production and transportation. Developing blue hydrogen does not accelerate development of green hydrogen on the supply side, since these are fundamentally different technologies. Governance mechanisms are needed to avoid a ‘lock in’ of fossil-derived fuels, with clear timelines and targets, accountability mechanisms, and regulations and standards which support the phase-out – for example, through a rising carbon intensity limit*". Fuente: <https://9tj4025ol53byww26jdkao0x-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Between-Hope-And-Hype-A-Hydrogen-Vision-For-The-UK.pdf> Sobre las celdas de combustible: Es posible inyectar O2 puro o aire enriquecido con O2, para esto existen procesos de obtención de O2 a partir del aire. "Para uso medicinal el oxígeno se produce por el método de destilación fraccionada, que consiste básicamente en el enfriamiento del aire previamente filtrado y purificado. Por métodos de compresión-descompresión se logra el enfriado del aire hasta una temperatura aproximada a los -183 [°C]." También existen técnicas de separación por membranas para obtener O2, pero aún son técnicas de baja eficiencia. Respecto de las presiones y eficiencias según la pureza, eso se verá con más detalle en la clase 2.

Se ha implementado el almacenamiento de hidrógeno en nanopartículas de paladio? (ya que aumentaría un 40% su almacenamiento de forma directa)

Sólo a nivel de laboratorio.
<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-storage>
<https://spj.sciencemag.org/journals/research/2021/3750689/>
<https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cphc.201900109>